

STORT TEMA LIV I RUMMET

SHUTTERSTOCK



NU SKAL VI MÅLE RUMVÆSENERNES ÅNDEDRÆT

► Forskere har fundet vand på en planet, der ligner Jorden, men jagten på liv er kun lige begyndt. Nye teleskoper skal måle alt fra forurening til rumskibe.



JAGTEN



PLANETERNE



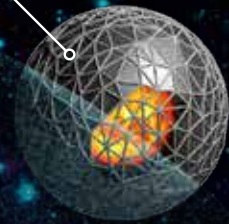
LIVSTEGNENE



RUMVÆSENERNE

KÆMPESTRUKTUR

Dæmpet lys fra stjerner kan være et tegn på, at strukturer opført af rumvæsner omslutter stjernerne.



RUMSKIBE

Lys fra fremmede, højteknologiske civilisationers rumskibe kan ses med nye, kraftigere teleskoper.



GADEBELYSNING

Lys fra vores storbyer kan ses fra rummet. Astronomer vil nu se efter gadebelysning på exoplaneter.



BIOFLUORESCENS

Planter i havene på exoplaneter kan lyse op, ligesom koraller på Jorden gør det.



FORURENING

En teknologisk civilisation på en exoplanet kan røbe sin eksistens via forurening i atmosfæren.





Vanddamp er afgørende spor der kan føre os til liv i rummet

► Efter 30 års analyser af andre solsystemer har vi endelig fundet vand på en planet, der kan være beboelig, men forskerne har mere ambitiøse mål: De vil finde håndfaste beviser for, at livet spirer og ånder på andre planeter.

Der er to muligheder: Enten er vi alene i Universet, eller også er vi ikke. Begge muligheder er lige skræmmende.

Citatet fra science-fiction-forfatteren Arthur C. Clarke opsummerer vores nuværende viden om liv i rummet. Vi har ingen konkrete beviser på liv derude. Men vi har i dag fundet ca. 4000 kloder i andre solsystemer, så astronomer mener, at livet sagtens kan gemme sig andre steder. Og for første gang er vi i stand til at finde det, hvis det er der.

Forskerne har kortlagt exoplaneters kredsløb, størrelser og masser i løbet af de seneste 30 år. Og nu begynder det store arbejde at kaste en række gennembrud af sig. Det helt store kom, da forskere analyserede observationer lavet af Hubble-teleskopet og fandt tegn på vanddamp i atmosfæren på en

4000

planeter i fremmede solsystemer er observeret og beskrevet - især vha. Kepler-teleskopet.

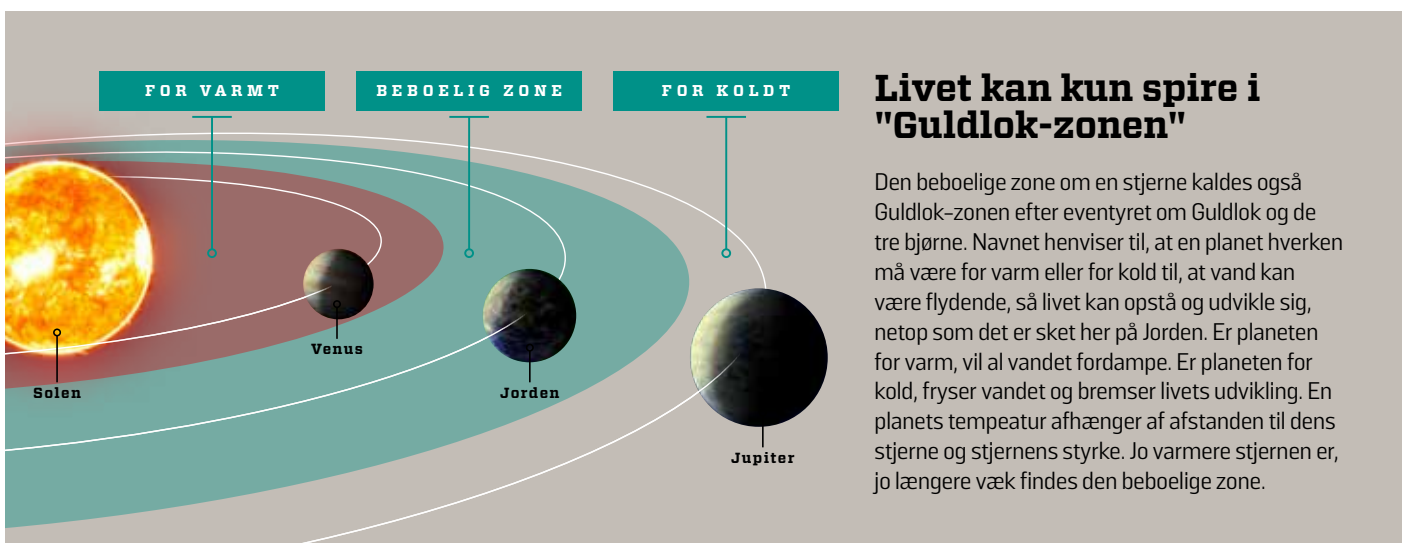
planet i et andet solsystem. Endda en planet, der kan karakteriseres som beboelig, fordi den kredser om sin stjerne i den rette afstand, og samtidig kan kaldes jordlignende takket være dens størrelse. Astronomerne har dermed fundet det afgørende spor,

som gør, at de kan tage springet ind i en ny guldalder for jagten på liv i rummet.

Hvor kan livet bo?

I 1993 definerede astronomen James Kasting begrebet "den beboelige zone". Flydende vand er basis for alt liv, vi kender til. Derfor må vi, sagde Kasting, fastlægge den afstand fra en stjerne, hvor temperaturen betyder, at vand hverken fordampes eller fryser. Den beboelige zone fik tilnavnet 'Guldlok-zonen' efter eventyret, hvor grøden hverken må være for varm eller for kold. Definitionen har siden fungeret som rettesnor for, hvordan forskere analyserer andre solsystemer.

To år efter, at Kastings artikel udkom, fandt astronomer 51 Pegasi b, den første fundne exoplanet, der kredser om en stjerne, som ligner vores egen Sol. Planeten blev fundet ved hjælp af metoden radialha- »

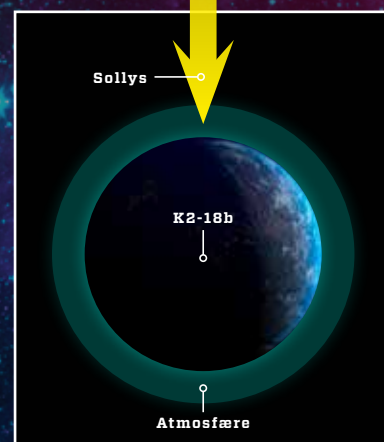


Livet kan kun spire i "Guldlok-zonen"

Den beboelige zone om en stjerne kaldes også Guldlok-zonen efter eventyret om Guldlok og de tre bjørne. Navnet henviser til, at en planet hverken må være for varm eller for kold til, at vand kan være flydende, så livet kan opstå og udvikle sig, netop som det er sket her på Jorden. Er planeten for varm, vil al vandet fordampe. Er planeten for kold, fryser vandet og bremser livets udvikling. En planets tempeatur afhænger af afstanden til dens stjerne og stjernens styrke. Jo varmere stjernen er, jo længere væk findes den beboelige zone.

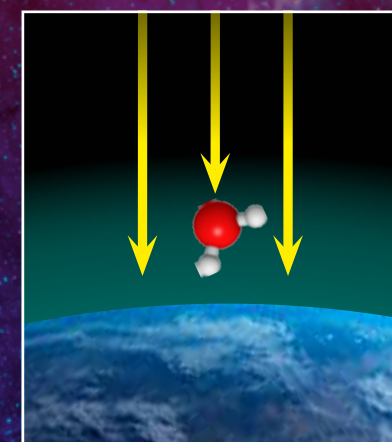
NASA

Forskere har fundet tegn på vand i lys, som er rejst gennem planeten K2-18b's atmosfære.



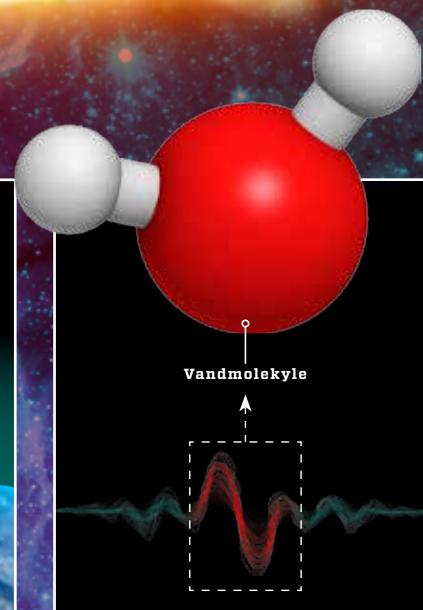
Lyset fra stjerne rammer planetens atmosfære

1 Exoplaneten K2-18b, der befinder sig 110 lysår fra Jorden, passerer ind foran sin stjerne. Teleskopet Hubble ser nu planeten kraftigt oplyst bagfra, og en del af stjernelyset skinner igennem atmosfæren på K2-18b.



Molekyler optager og spreder lyset

2 Molekyler i atmosfæren absorberer lys ved nogle bølgelængder og spreder lys ved andre bølgelængder. Ud fra bølgelængderne kan astronomerne afgøre, hvilke molekyler der er tale om - fx vand, ilt, metan eller kuldioxid.



Vand sætter sit fingeraftryk på lyset fra planeten

3 K2-18b's atmosfære absorberer især lys ved en bølgelængde på ca. 1400 nanometer - det svarer til infrarødt lys, der optages af vandmolekyler. Forskere kan endda udlede, at regnskyer sandsynligvis findes på K2-18b.

Lys afslører vand på planet

Med rumteleskopet Hubble har astronomer analyseret stjernelyset, som filtreres gennem atmosfæren på planeten kaldet K2-18b. Lyset viste tegn på det, forskerne altid har drømt om: Vandmolekyler.

SHUTTERSTOCK & KENNELA MASON



» stighed, hvor astronomerne måler forskydninger i bølgelængden af stjernelys, som skyldes tyngdekraften fra planeten, der trækker i stjernen på sin vej rundt om den. Ud fra forskydningen af lyset kan planetens masse beregnes. Jo større masse, jo mere bliver lyset dels “strakt” og dermed rødere, dels “sammenpresset” og dermed mere blå.

Guldlok-zonen bliver virkelig

Siden 1995 er der bygget større og skarpere teleskoper på Jorden og sendt mere og mere avancerede rumteleskoper på exoplanetjagt. Astronomer har observeret ikke blot planeternes masser, som det var tilfældet med 51 Pegasi b, men også deres diameter. Rumteleskopet CHEOPS, som blev opsendt i december 2019, skal netop fastlægge diame-

110

lysår er planeten K2-18b væk. Forskere har fundet vanddamp på planeten.

foran. Når astronomer både kender en planets masse og størrelse, kan de udregne tætheden, og dermed om planeten eksempelvis er en gasplanet som Jupiter og Saturn eller en fast klippeplanet som Jorden og Venus.

I dag er omkring 4000 exoplaneter observeret og bekræftet ved brug af teleskoper som Hubble, Kepler og Spitzer. Astronomer har et detaljeret katalog over planeter, og

“Guldlok-zonen” er ikke længere kun et begreb, der stammer fra eventyrernes verden, men et veldokumenteret fænomen.

Vanddamp åbner ny æra

I september 2019 tilføjede astronomer en afgørende brik til puslespillet liv i rummet, da ny forskning påviste vand i atmosfæren på planeten K2-18b. Planeten er cirka 110 lysår fra Solsystemet og er med en masse otte gange større end Jordens en såkaldt superjerd. Planeten er tæt på sin stjerne og bruger bare 33 døgn på at komme en hel gang rundt, men klodens temperaturer er moderate, da stjernen er væsentligt svagere end vores sol. Og da astronomer studerede K2-18b ved hjælp af Hubble-teleskopet, så de, at noget af lyset fra dens stjerne blev optaget af molekyler, når det passerede gennem planetens atmosfære. Bølgelængderne på det lys, der “forsvandt” undervejs, stemte overens med et velkendt molekyle, der kan optage lys – H₂O. Forskerne havde fundet

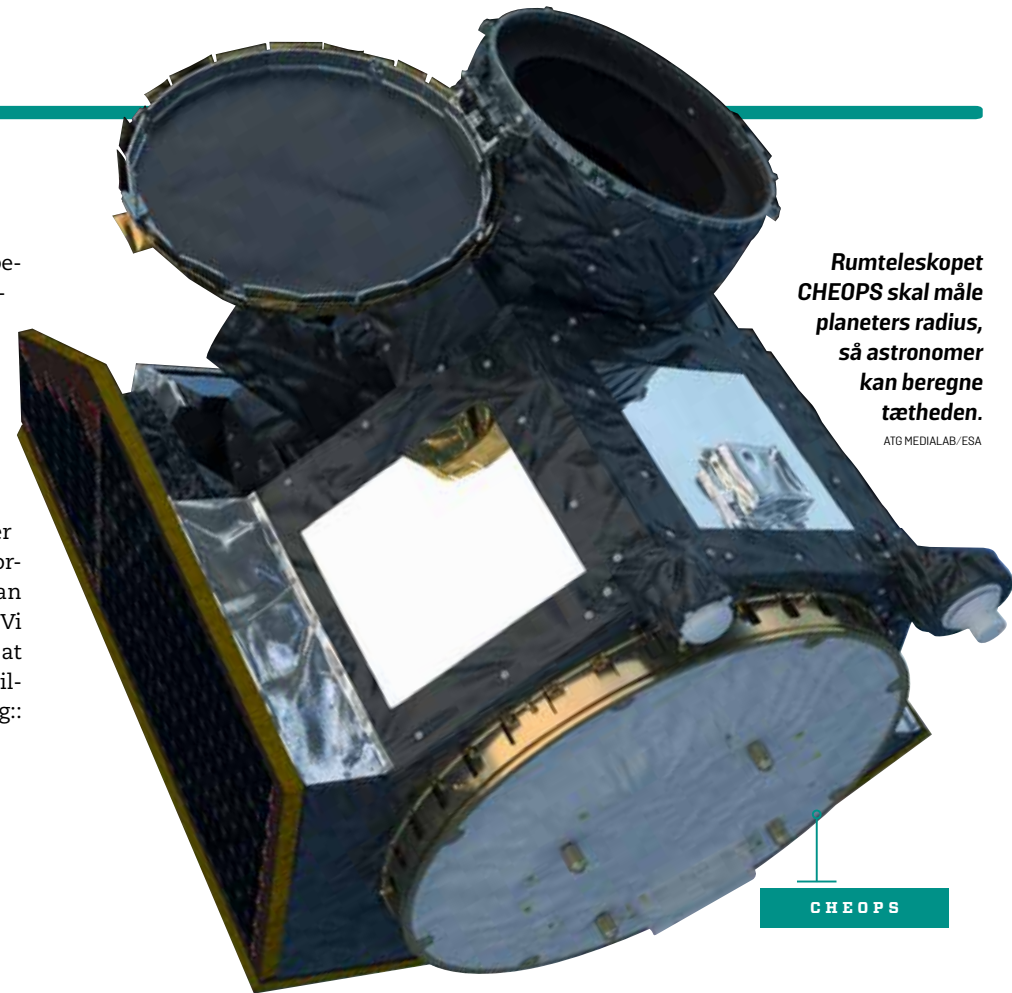
vanddamp i atmosfæren – og en analyse pegede endda i retning af, at regnvejr sandsynligvis præger klimaet på K2-18b.

Begrebet Guldlok-zonen blev nu bakket op af en observation af vand. Selvom forskere endnu er i tvivl om, præcis hvor gode betingelser, livet har på K2-18b, er vandfundet et kæmpe gennembrud. Et gennembrud, der åbner en ny tidsalder for udforskningen af rummet. Nu zoomer forskerne ind på planeter, der er så lig Jorden, at vi med videnskabeligt belæg kan sige, at vi kan forvente at finde livstegn. Vi går fra at kortlægge “Guldlok-planeter” til at gøre konkrete observationer, der afgør, hvilken af Clarkes to muligheder, der er rigtig:: Er vi alene – eller er vi ikke?

LÆR OM FUNDET af en jordlignende planet i den beboelige zone

En NASA-video viser, hvordan teleskopet TESS fandt den første planet i jordstørrelse med den rette afstand til sin stjerne til at have vand.

ilvid.dk/livirummet



Rumteleskopet CHEOPS skal måle planeters radius, så astronomer kan beregne tætheden.

ATG MEDIALAB/ESA

CHEOPS

Liv kræver den rette størrelse planeter

Ny forskning viser, at planeter skal have en bestemt størrelse for at være beboelige. De fremmede kloder skal have mindst 2,7 procent af Jordens masse for at have vand og atmosfære. Er massen til gengæld mere end to gange så stor, svinder chancen for liv.



Vand forsvinder fra små planeter

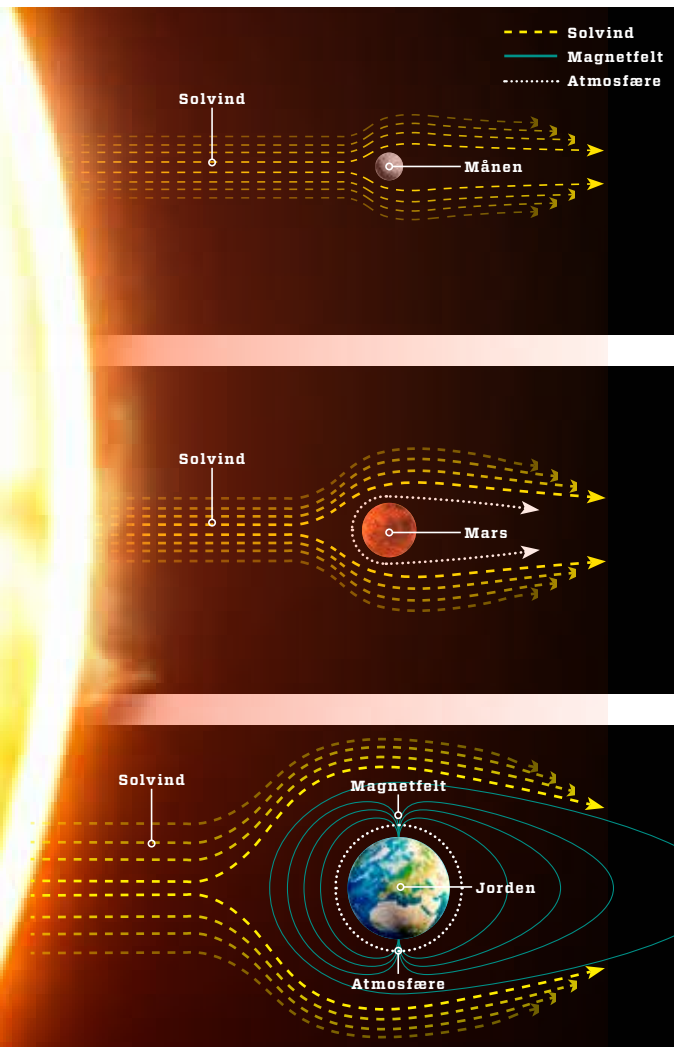
1 Forskere fra Harvard har regnet sig frem til, at planeter med en masse, der cirka svarer til vores måne – 1,2 pct. Af Jordens masse – ikke kan kaldes beboelige, uanset om de kredser i deres stjernes såkaldte Guldlok-zone. Det skyldes, at deres tyngdekraft er så svag, at vand, som fordamper, forsvinder direkte ud i rummet.

Marsstørrelse giver atmosfære

2 Klippeplaneter med en masse omtrent som Mars og større har gode chancer for at danne og fastholde en atmosfære, der gør flydende vand på overfladen muligt. Planeterne kan dog, ligesom Mars, over mia. af år miste store dele af atmosfæren, da de ikke er store nok til at have et beskyttende magnetfelt, som afbøjer strålingen – også kaldet vinden – fra deres stjerner.

Større planeter har vulkaner

3 Planeter med samme masse som Jorden og med en masse der er op til dobbelt så stor kan have et beskyttende magnetfelt og en atmosfære. Desuden kan de have vulkansk aktivitet, der frigiver vand, metan og kuldioxid, hvilket medvirker til en stabil, moderat temperatur. Exoplaneter med større masser er sandsynligvis gasplaneter med minimale chancer for liv.



SHUTTERSTOCK & KEN MEDIA/ANSEN



Livet kan gro, svømme og gå på fem planeter

Astronomernes har et katalog med de mest lovende exoplaneter, som nye og kraftigere teleskoper om få år skal undersøge nærmere for tegn på liv.

Nærmeste exoplanet roterer som Månen

→ 4,2 lysår fra os findes vor egen Sols nabostjerne Proxima Centauri, og omkring den kredser exoplaneten Proxima b med en masse på 1,3 gange Jordens. Et kredsløb varer blot 11,2 døgn, da afstanden mellem stjernen og planeten blot er 5 procent af den mellem Solen og Jorden. Selvom Proxima b i princippet befinder sig i den beboelige zone, vil livet på den, hvis det eksisterer, altså have anderledes betingelser end på Jorden. Planeten er – som vor egen Måne ift. Jorden – låst i en synkron rotation med stjernen, hvilket betyder, at planetens ene side har permanent dagslys, mens den modsatte henligger i mørke. Planetens nærhed til den røde dværgstjerne betyder, at dens atmosfære, hvis den har haft én, formentlig vil være væk pga. den kraftige stråling fra stjernen. Hvis der er liv, vil det derfor sandsynligvis være underjordisk.



PROXIMA B

- **Kendetegn:** Permanent dagside
- **Lysår fra Jorden:** 4,2
- **Masse:** 1,3 gange Jordens

Overfladen på Proxima b kan have landskaber, der minder om dem, vi kender på Jorden.

PLANETARY HABITABILITY LABORATORY/UNIVERSITY OF PUERTO RICO AT ARECIBO & KONKES/ESO

Superjord modtager 6% mere lys end Jorden

→ Bare 12,4 lysår fra Jorden finder man planeten GJ273b, der kredser om en rød dværg med navnet Luyten's Star. Et år på planeten varer 18,6 døgn, og afstanden til stjernen er cirka en tiendedel af afstanden mellem Jorden og Solen. Planeten modtager alligevel kun 6 pct. mere sollys end Jorden, da Luyten's Star lyser svagt. Derfor kan GJ273b, der er en såkaldt superjord og vejer næsten tre gange mere end Jorden, måske være beboelig, hvis planeten har både atmosfære og vand.

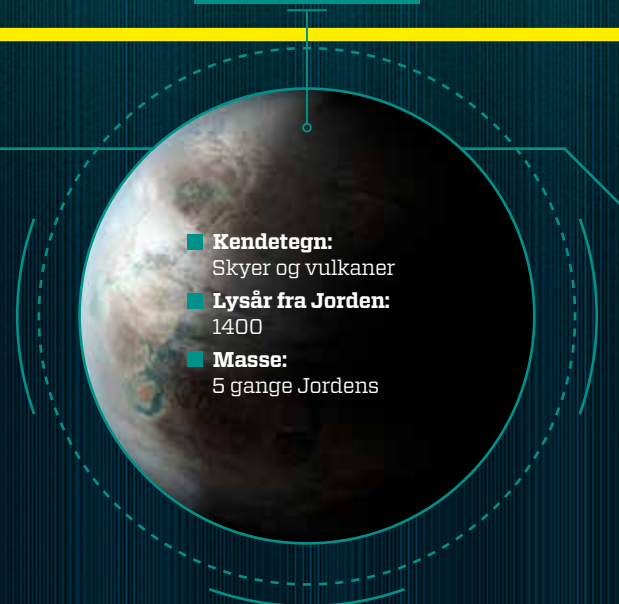


GJ 273

- **Kendetegn:** Svag stjerne
- **Lysår fra Jorden:** 12,4
- **Masse:** 2,9 gange Jordens

NASA

KEPLER 452B



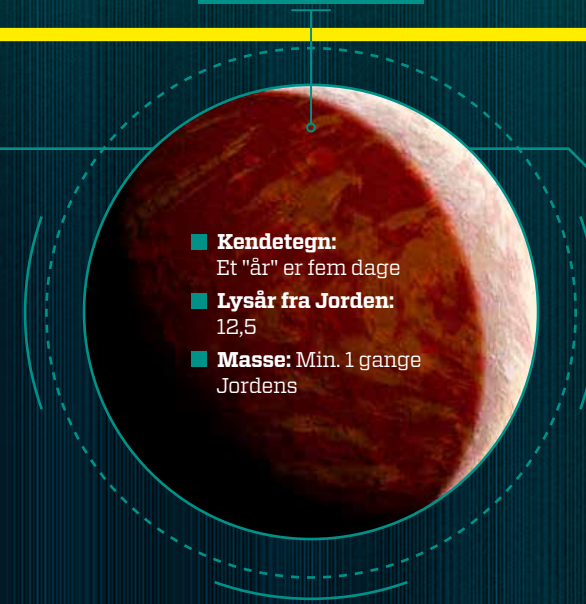
- **Kendetegn:** Skyer og vulkaner
- **Lysår fra Jorden:** 1400
- **Masse:** 5 gange Jordens

Vulkanplanet er jordens ældre fætter

→ Kepler 452b er en jordlignende exoplanet, der kredser om en stjerne, der minder om Solen. Planeten er 385 dage om at rejse rundt om sin stjerne, og den er kun 5 pct. længere væk end Jorden er fra Solen. Kepler 452b er sandsynligvis en klippeplanet, og forskere mener, at skyer og vulkaner kan findes på planeten. De to ting ville give livet gode vilkår, da de er tegn på en planet med en konstant frigivelse af gasser og en stabil atmosfære og temperatur.

FILE/JPL/CALTECH/NASA

TEEGARDEN



- **Kendetegn:** Et "år" er fem dage
- **Lysår fra Jorden:** 12,5
- **Masse:** Min. 1 gange Jordens

Nyopdaget planet minder mest om Jorden

→ I sommeren 2019 offentliggjorde astronomer fra Göttingen Universitet, at de havde fundet to exoplaneter omkring den røde dværgstjerne Teegardens Star 12,5 lysår fra Jorden. Især den tætteste med navnet Teegarden b har vakt interesse. Planeten er så tæt på stjernen, at den kun bruger 4,9 døgn på en tur rundt om den. Indtil i dag er Teegarden b den exoplanet, der ligner Jordens mest på parametre som for eksempel diameter, tæthed og overfladetemperatur.

JPL-CALTECH/NASA

I stjernesystemet Trappist-1 ser astronomer gode muligheder for at finde liv, især på Trappist-1e.

TRAPPIST-1E



Syv planetsøstre kan gemme liv

→ I 2016 offentliggjorde astronomer et sensationelt fund af syv jordlignende exoplaneter omkring samme stjerne, Trappist-1, knap 40 lysår fra Jorden. Blandt de syv planeter vurderer astronomer fra University of Washington, at den fjerde – Trappist-1e – har de bedste chancer for et klima i stil med Jordens.

Trappist-1e indgår sandsynligvis i en synkron rotation med sin stjerne, hvilket betyder, at den har en permanent dagside og en permanent natteside. Chancerne for at finde flydende vand – og dermed liv – er størst i overgangszonen mellem de to sider af planeten, hvor temperaturen hverken er for høj eller for lav.

JPL-CALTECH/NASA

Nu zoomer kæmpe teleskoper ind på rumvæsenerne

► Snart kan vi observere alt fra planter lys til fremmede civilisationers solceller og rumskibe. Astronomen Avi Loeb guider til en nær fremtid, hvor vi takket være nye teleskoper kan stille skarpt på liv i andre solsystemer.

Forestil dig en fremtid, hvor livets eksistens uden for Solsystemet ikke længere er et ubesvaret spørgsmål. Livet er påvist videnskabeligt på tusinder eller millioner af kloder derude. Metangassen fra primitive dyrs fordøjelsessystemer er blevet målt med avancerede teleskoper, og lyset fra rumskibe fremstillet af højt intelligente civilisationer er blevet observeret.

Lyder det som ren science fiction? Det mener 57-årige Avi Loeb ikke. Han er teoretisk fysiker, astronom og leder af Harvards Institut for Astronomi.

"Vi ved ikke, om der findes liv andre steder," begynder Avi Loeb med at konstatere, da Illustreret Videnskab fanger ham på telefonen i Boston. "Men vi ved, at de fysiske forhold på milliarder af planeter alene i Mælkevejen ligner Jordens. Og vores galakse

er bare én af billioner (1000 milliarder, red.) i det observerbare univers. Så på mig virker det arrogant at sige, at vi er meget specielle, og at forholdene på Jorden ikke kan findes andre steder. Det virker helt naturligt for mig, at der er liv, som vi kender det, andre steder i rummet. Og endda også liv, som er langt mere avanceret."

Ikke blot findes livet derude, mener Avi Loeb. Han forklarer også, at vi nu begynder at få teknologien til at finde tegn på vaskægte rumvæsner. Dermed kan astronomien tage et kvantespring i jagten på liv i rummet. Siden de første exoplaneter blev fundet for ca. 30 år siden og indtil i dag, har vi set efter, om planeter "kunne" rumme flydende vand, og om de "kunne" være beboelige. Nu zoomer vi ind og leder efter konkrete livstegn. Ikke mere "kunne" – nu handler det om "er": Er der liv på denne planet? Ifølge Avi

Loeb vil en lang række nye teleskoper og teknikker give os svaret.

Nye teleskoper stiller skarpt

Vores viden om exoplaneter har rykket sig enormt på få årtier, men vi har stadig kun et pixeleret billede af, hvordan de ser ud. Vores teleskoper er presset til grænsen på grund af universets enorme afstande. Exoplaneter er svære at fange lys fra, ikke mindst fordi de let forsvinder i lyset fra deres stjerner. Efter fundet af vanddamp på exoplaneten K2-18b forklarede astrofysikeren Ingo Waldmann fx til netmediet The Verge, hvor svært det er at undersøge en planet på 110 lysårs afstand: Det svarer til at stå i New York og prøve at bestemme farven på vingerne af en myg, der passerer ind foran en projektør i London.

Men den kommende generation af kraftigere teleskoper vil snart give astronomer nye muligheder for at nærstudere planeterne. I Chile skal teleskopet Vera C. Rubin Observatory (VCRO) eksempelvis fra 2022 opbygge et detaljeret fotoalbum af nattehimmelen ved at affotografere den over en ti-årig periode. Teleskopet ventes at kunne opdage et hav af nye exoplaneter, og fra 2025 kan det 39,4 meter store teleskop European Extremely Large Telescope (ELT) studere planeterne nærmere. Diameteren på ELTs største spejl er fire gange større end det største nuværende optiske teleskop på Jorden. Og i rummet får vi fra 2021 teleskopet James Webb Space Telescope, som har et spejl med en diameter på 6,5 meter, langt større end forgængeren Hubble med 2,4 meter. Ud over at have et større spejl, der kan indfange mere lys, er James Webb-teleskopet bygget til at observere lys i infrarøde bølgelængder modsat Hubble-teleskopet, som observerer ultraviolet og synligt lys. Derfor er James ►

Stjerneforsker tror på liv i rummet

Abraham "Avi" Loeb (f. 1962 i Israel) blev ph.d. i plasmafysik som 24-årig og er i dag astronom og leder af Harvards Institut for Astronomi. Han er velkendt for i offentligheden at plædere for, at forskere bør bruge flere penge og kræfter på at lede efter biologisk – og især intelligent – liv uden for Solsystemet. Avi Loeb mener bl.a., at det er arrogant at tro, at vi mennesker på Jorden er alene i Universet. Han har udgivet fire bøger og flere end 700 forskningsartikler om bl.a. liv i rummet og sorte huller. I 2012 udnævnte TIME Magazine ham til en af de 25 mest indflydelsesrige personer inden for emnet rummet.

getty
Bryan Bedder

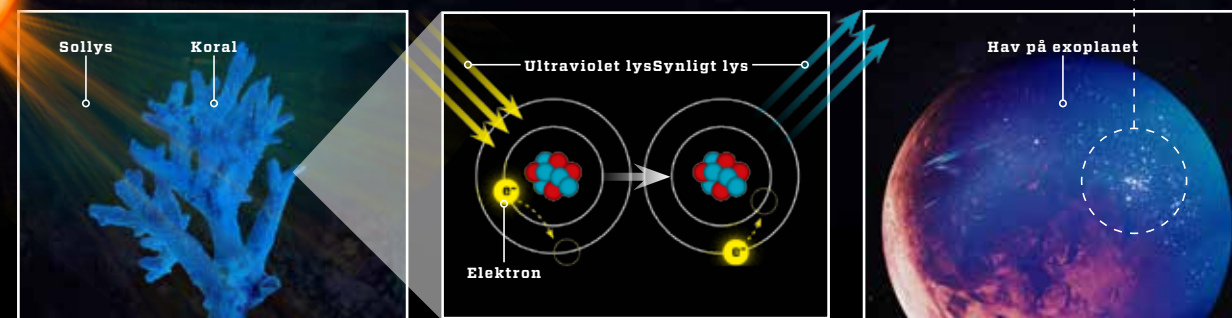
GETTY IMAGES

Selvlysende koraller viser liv i havene

På Jorden forvandler koraller skadeligt UV-lys fra Solen til harmløst synligt lys, der kan observeres på lang afstand. Ved at kigge efter fænomenet, som kaldes biofluorescens, kan vi finde planteliv i havene på fremmede kloder.

Koraller lyser op, fordi UV-lys fra Solen absorberes og bliver udsendt igen i andre bølgelængder.

TELESKOPET ELT



Lys rammer koraller

1 Koraller på Jorden indeholder et protein, der beskytter mod Solens skadelige ultraviolette (UV) lys ved at omdanne det til synligt lys. Samme princip kan findes på explanter, fx i Mælkevejen, hvor en stor del af stjernerne er røde dværge, der ofte udsender UV-lys i såkaldte flares.

UV-lys forvandles til synligt lys

2 Fotoner fra UV-lys når plantens fluorescerende molekyler, hvilket exciterer elektroner – dvs. at de får tilført energi og går til højere energitilstande. Når en elektron falder tilbage til sin normale tilstand, udsendes energien som en foton, men med bølgelængder, der giver synligt lys.

Teleskop opfanger lyset

3 Forskere mener, at det kommende teleskop ELT, som får et spejl på hele 39 m i diameter, kan fange lys fra koraller på exoplaneter. ELT er velegnet til opgaven, da det bliver det største teleskop bygget til at indfange synligt og infrarødt lys ved de bølgelængder, som koraller udsender.



» Webb-teleskopet bedre egnet til at undersøge atmosfærerne på exoplaneter.

Molekyler sladrer om liv

Med James Webb-teleskopet i kredsløb om Jorden kan astronomer verden over nærstudere atmosfærer for at finde de spor, som vi fra vores egen klode ved, at levende organismer efterlader. For eksempel skaber plantelivets fotosyntese og dyrelivets vejtrækning et særligt kredsløb af gasser, som kan måles. Astronomer kalder sporene biosignaturer, og signaturerne kan ud over fx ilt fra planeters fotosyntese også være metangas, der stammer fra dyr. Forskerne vil ved hjælp af James Webb-teleskopet bruge metoden spektroskopi. Når lyset fra en stjerne passerer gennem en exoplanets atmosfære og siden når frem til os, har det ændret sig undervejs. Noget af lyset er blevet afbøjet, mens andet er blevet absorberet af molekyler i atmosfæren. Bestemte molekyler absorberer lys ved bestemte bølgelængder, og derfor afslører lysets sammensætning tilstedeværelsen af specifikke molekyler.

Og vi skal ikke stille os tilfredse med at finde enten ilt eller metan, forklarer astronomen Avi Loeb. Hvis astronomer for eksempel måler tilstedeværelsen af både ilt og metan i en atmosfære, vil det være en stærkere indikator for biologisk liv. Forklaringen er, at metan er en såkaldt reducerende gas, som med tiden vil fjerne ilt fra atmosfæren, med mindre ilten hele tiden fornyes via for eksempel planters fotosyntese.

Et forskerhold fra McGill University i Canada har nærstuderet hele spektret af lys, som kan aflæses ud fra gasserne i Jordens atmosfære. De har på den måde fundet frem til Jordens "fingeraftryk", et helt spektrum af lys, som dækker over Jordens kombination af vand, metan, ilt og kuldioxid. Fingeraftrykket kan astronomer bruge som sammenligningsgrundlag, når de undersøger exoplaneters atmosfærer.

Solceller lyser om natten

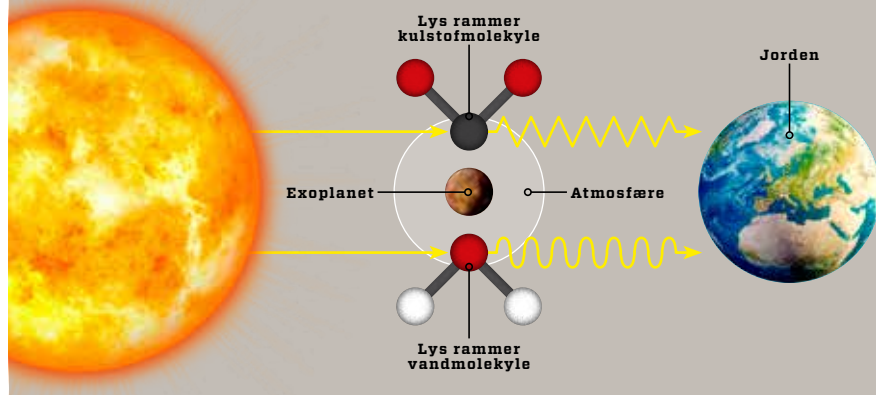
Biosignaturer er hurtigt ved at blive et populært forskningsfelt, men Avi Loeb fortæller, at nogle forskere allerede går et skridt videre end atmosfærer og for eksempel vil se efter lys fra planter i havene på exoplaneter. For måske udsender koraller her rødt lys, når de rammes af ultraviolet lys fra en stjerne – et fænomen, som kaldes biofluorescens og er velkendt fra vor egen planets koraller. Astronomer kalder også planternes lys "den røde kant" pga. lysets farve, og det findes måske også på exoplaneter.

"Vi kan se efter den samme røde kant på planeter omkring andre stjerner, som kan

Stjernelys afslører livstegn som gasser

Stoffer, der er tegn på liv, kan findes ved at analysere deres atmosfærer med metoden spektroskopi. Når en planet passerer ind foran sin stjerne set fra vores synspunkt, vil den blokere en del af lyset, en anden del vil bevæge sig uden om planeten, mens en lille del passerer igennem atmosfæren, før det når frem til Jorden. På vej gennem en atmosfære støder lyset på molekyler i de forskellige gasser, og molekylernes forskelligheder betyder, at de optager

lys ved forskellige bølgelængder. Når forskere analyserer atmosfæren på en exoplanet, kigger de efter de bølgelængder i lysspektret – fra UV-lys over synligt lys og til infrarødt – hvor de største dyk i lysets styrke sker. Hvert molekyle – for eksempel vand eller ilt – har sit eget såkaldte absorptionspektrum, som er en række små intervaller spredt over lysspektret, hvor molekylerne vil optage mest lys. Det kan aflæses som dyk i lysstyrken.



SHUTTERSTOCK & KEN NEUA MADSEN



» AVI LOEB
ASTRONOM

Vi ved, at de fysiske forhold på mia. af planeter alene i Mælkevejen ligner dem på Jorden.

indikere, at de har vegetation på overfladen," forklarer Avi Loeb.

Finder vi lys fra koraller, vil det være sensationelt i sig selv, men Avi Loeb mener, at jagten på liv bør blive mere ambitiøs end det: Vi skal lede efter intelligente væsner. For eksempel kan astronomer bruge samme grundprincip, som gælder for "den røde kant", til at lede efter solceller på en fremmed planet. Hvis en fremmed civilisation bruger solceller, som vi kender dem, vil cellerne reflektere lys ved kortere bølgelængder end planter og derfor i stedet give en "kunstig kant", der nærmere er blå end rød.

"Det ville så indikere intelligent liv. Og for intelligent liv vil vi måske kunne se signalerne på større afstand, fordi de kan være kraftigere," siger Avi Loeb, som endda har en konkret exoplanet i tankerne: Proxima b.

Planeten kredser om Solens nabostjerne, Proxima Centauri, og befinder sig omtrent 20 gange tættere på sin stjerne, end Jorden er på Solen. Til gengæld gløder Proxima Centauri væsentligt svagere end vores stjerne. Den korte afstand til stjernen betyder, at planeten er fastlåst i såkaldt synkron rotation med stjernen, så den ligesom Månen har en permanent oplyst dagside og en permanent mørklagt natside.

"Hvis der er en civilisation på planeten, vil de måske have bygget solceller på dagsiden for at kunne producere strøm til at oplyse den mørke side eller overføre varme. Og det vil man let kunne finde ud af ved at finde en afvigelse i den mængde af lys, planeten udsender, sammenlignet med lysmængden i den situation, hvor planeten ville have en helt mørk natside," siger Avi Loeb.

Gadebelysning krydser universet

Avi Loeb ved, at nogle astronomer kritiserer ham for at fremsætte urealistiske teorier. Men det tager han i stiv arm. Han næv- »

Molekyler i atmosfæren sladrer om plante- og dyreliv

Astronomerne har fundet frem til Jordens "fingeraftryk" i form af en særlig kombination af gasser i atmosfæren. Aftrykket skal bruges til at finde exoplaneter, hvor livet myldrer.

Ilt er biosignaturernes konge

→ Ilt reagerer nemt med andre molekyler. Derfor kræves der en konstant filrøsel af ilt, for at større mængder kan eksistere i en atmosfære. På Jorden bliver ilten fornyet af planter. Med infrarøde teleskoper kan vi finde spor efter ilt i atmosfæren på exoplaneter.

Vand tyder på biologi

→ H₂O er en såkaldt dipol, og det betyder, at molekylet kan binde sig sammen med mange andre molekyler. Vand kan for eksempel opløse salt og blande næringsstoffer og mineraler, som kan transporteres rundt i organismers celler ved hjælp af væsken.

Metan kan komme fra dyr

→ På Jorden stammer metan i atmosfæren især fra levende væsners fordøjelse, lige fra termitter til mikroorganismer i køers maver. Metan i atmosfæren på en exoplanet kan derfor også være et tegn på biologisk liv på overfladen.



SHUTTERSTOCK & KEN NEUA MADSEN



» ner sorte huller og tyngdebølger som eksempler på, at videnskaben ofte først kan bekræfte teorier årtier efter, at de er blevet fremsat. Selv fremsatte han en teori i 2011. Her udgav han sammen med kollegaen Edwin Turner fra Princeton University en forskningsartikel, hvor de regner sig frem til, at lyset fra Tokyo om natten ville kunne ses med Hubble-teleskopet fra Kuiper-bæltet – et afsidesliggende bælte af kometer og asteroider ca. 100 gange længere væk fra Solen end Jorden. I samme artikel kom de to forskere frem til, at lyset fra en kunstig kilde som eksempelvis en teknologisk civilisation – eller rettere sagt den måde, lyset dæmpes, når exoplaneten fjerner sig fra os – kan beskrives ved en helt anden formel end det stjernelys, der naturligt reflekteres fra planetens overflade. Den gængse visdom på området sagde, at formlerne ville være ens, og dermed viste Loeb og kollegaen, at det i hvert fald er teoretisk muligt at skelne kunstigt og naturligt lys fra hinanden:



AVI LOEB
ASTRONOM

Det virker helt naturligt for mig, at der er liv, som vi kender det, andre steder.

"Når folk tror, at de kender svaret på forhånd, undersøger de ikke, om det nu også er rigtigt," siger Avi Loeb.

Rumskibe udsender lysglimt

Måske behøver vi ikke kigge så langt væk for at finde tegn på højteknologiske, fremmede væsner. Det kan være, at de kommer til os.

Den 19. oktober 2017 observerede astronomer det første interstellare objekt, Oumuamua, på vej gennem Solsystemet. Objektet bevægede sig med en acceleration, der normalt er forbeholdt kometer. Men astronomerne kunne ikke finde nogen komethale, og det fik Avi Loeb til at overveje, om accelerationen kom fra et lyssejl. Her bruges strålingstrykket fra en lyskilde – eksempelvis en laser – til at drive et rumfartøj fremad ved at sende lyset ind mod et reflekterende sejl. Teknologien har potentiale til at drive rumfartøjer langt hurtigere frem end nutidens kemiske raketter. Måske, siger Loeb, har en fremmed civilisation allerede mestret teknologien, og Oumuamua var et rumfartøj derfra. I hvert fald bør vi lede efter tegnene på lyssejl og lignende – eksempelvis med det kommende Vera C. Rubin-teleskop.

"Hvis du har en kraftig lysstråle til det formål (lyssejl, red.), vil noget af lyset måske lække uden for sejlet, og så kan vi se det, hvis vi befinder os i den retning. Det ville

visе sig som et kraftigt lysglimt i et kort øjeblik, og det kan vi søge efter," siger Avi Loeb.

Hvis vi lykkes med at observere refleksioner fra solcelleanlæg på fremmede planeter, civilisationers forurening eller glimt fra deres rumfartøjer, vil det ikke kun være et gennembrud for astronomien og sandsynligvis kickstarte et nyt rumkapløb. Det vil kunne åbne en helt ny forståelse for vores eksistens i universet, siger Avi Loeb.

"Hvis de (rumvæsnerne, red.) for eksempel har haft en milliard år mere til at udvikle deres videnskab og teknologi, vil de være som guder for os. Så jeg ville spørge dem om, hvad meningen med livet er. Det er et meget grundlæggende spørgsmål, og måske kender de svaret."

SE den kendte astronom Frank Drake fortælle om jagten på liv i rummet

I et videointerview fortæller Drake, hvorfor han tror på, at vi kan finde tegn på højteknologiske civilisationer i andre solsystemer.

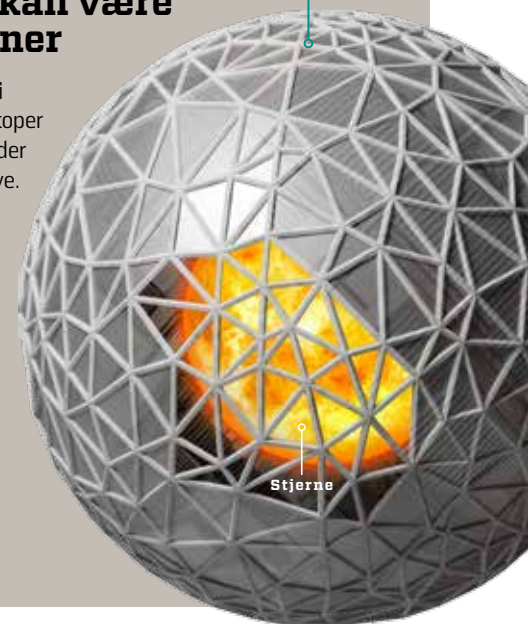
illvid.dk/livirummet

Forsvundne stjerner kan være fremmede civilisationer

Forskere har sammenlignet stjernehimlen i 1950'erne med billeder indsamlet af teleskoper de seneste fem år og kortlagt alle stjerner, der er synlige på gamle billeder, men ikke de nye. Forskerne peger på, at stjerner fx kan være kollapset, men de fremlægger også den teori, at fremmede civilisationer kan have opført enorme bygningsværker i rummet, der skygger for stjernerne. Bl.a. nævner de en såkaldt Dysons sfære – en "skal", som består af solceller rundt om en stjerne, der opfanger dens energi.

En såkaldt Dysons sfære er en enorm konstruktion, der helt omslutter en stjerne.

SHUTTERSTOCK & KEN IKEDA MADSEN



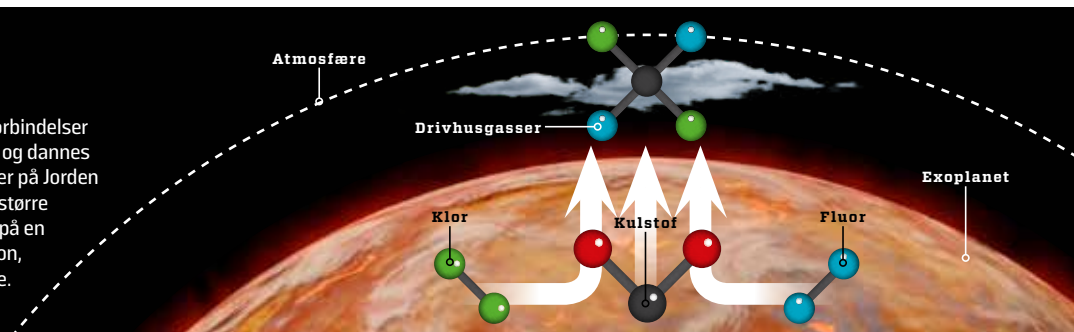
Rumvæsners teknologi sætter spor

En intelligent civilisations mest tydelige spor kan være dens teknologi. Astronomer vil søge efter såkaldte tekno-signaturer – tegn på stråling fra rumskibe, forurening i atmosfæren og endda gadebelysning i storbyer på exoplaneter.



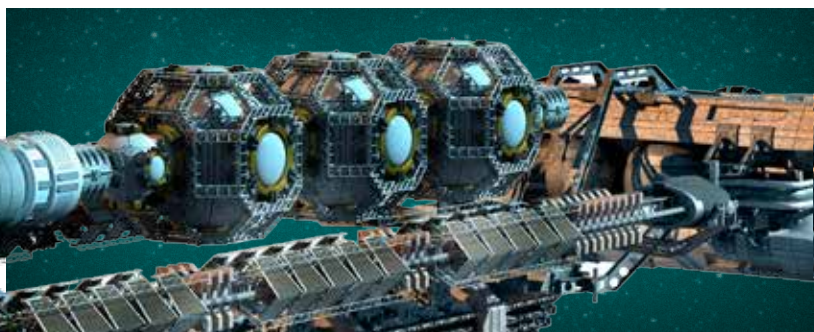
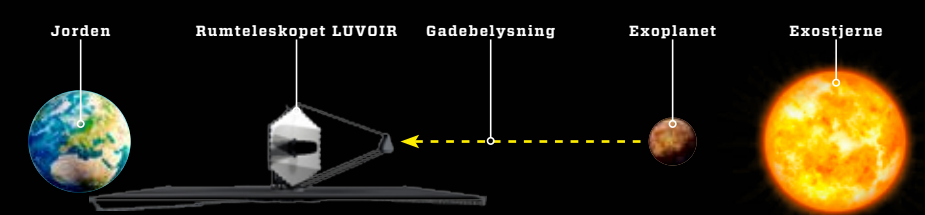
Intelligente væsner forurener atmosfæren

1 Drivhusgasser er kemiske forbindelser mellem klor, fluor og kulstof og dannes kun i betydelige mængder her på Jorden ved industrielle processer. Derfor kan større mængder drivhusgasser i atmosfæren på en exoplanet være et tegn på en civilisation, som har nået et vist teknologisk stadie.



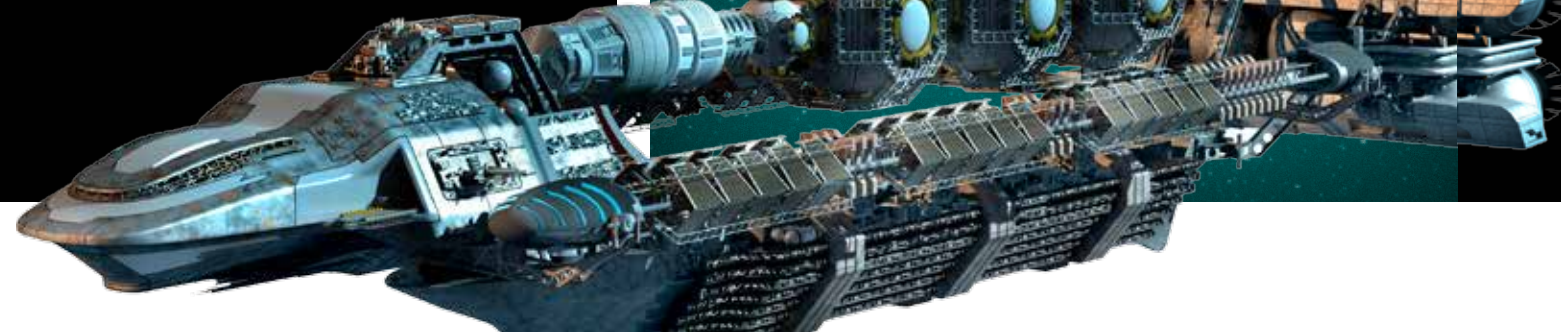
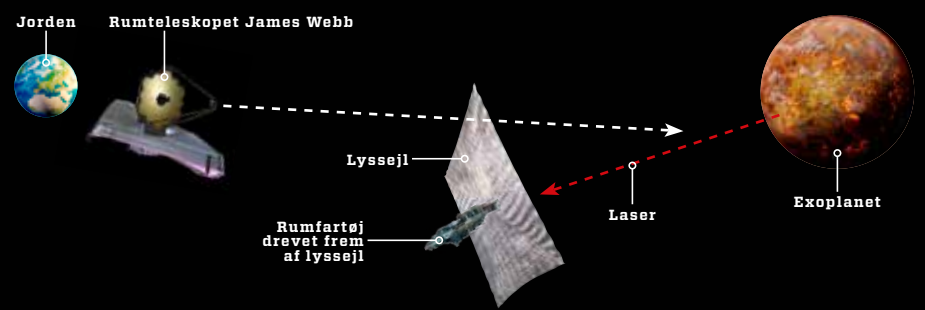
Gadebelysning afslører rumvæsners byer

2 Lyset fra en storby som Tokyo ville være synligt, hvis man observerede Jorden fra udkanten af Solsystemet med et af de største nuværende teleskoper. Astronomer mener, at vi kan bruge den næste generation af kraftige teleskoper til at se efter kunstig belysning på natsiden af planeter i andre solsystemer.



Rumskibe udsender stærke lyssignaler

3 Nutidens raketter og rumskibe er drevet af kemiske forbrændingsprocesser, men en avanceret civilisation vil sandsynligvis bruge metoden directed energy propulsion for at få mere fart på. En kraftig laser affyres mod et lyssejl og driver et fartøj hurtigt fremad, og det kraftige lys fra laseren kan opfanges af et teleskop.





Sådan kan rumvæsenerne se ud

Liv kan findes overalt i Universet i form af hårdføre mikrober, som også kan have bragt livet med til Jorden. Men astronomerne leder også efter større biologiske organismer og endda intelligent liv.

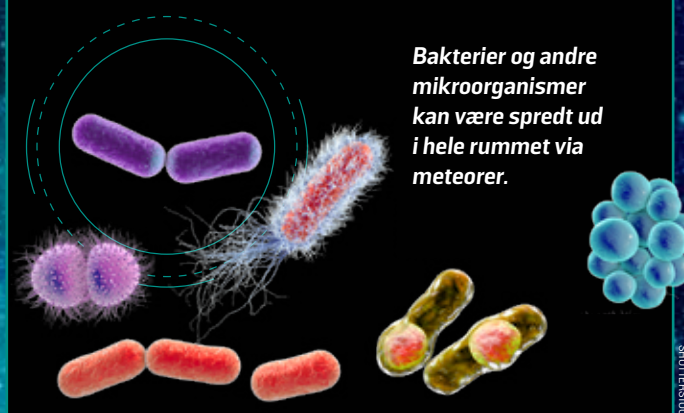
Bjørnedyr klarer rummets skrappe prøvelser

→ Bjørnedyr er op til ca. 1 mm lange og kan overleve temperaturer på op til 150 °C og ned til nær -273,15 °C, det absolutte nulpunkt. De modstår høje doser radioaktiv stråling og kan også klare rummets vakuum. Forskere har fundet frem til, at proteinet DSUP beskytter dyrets DNA mod bl.a. skadelig stråling. Det gør bjørnedyrene til gode kandidater til den type rumvæsener, vi kan støde på derude. Bjørnedyr kan klare årtier uden vand og føde, hvor de går i dvale og sænker stofskiftet til under 0,01 pct. af det normale niveau.

Bjørnedyr kan modstå den farlige stråling i rummet, og derfor er de et godt bud på, hvilket liv vi kan finde.

Kometer har måske spredt liv i hele universet

→ Liv i rummet kan ligne mikroorganismer, som lever her på Jorden. Japansk forskning på Den Internationale Rumstation har vist, at mikrober kan overleve i rummets ekstreme temperaturer, stråling og vakuum i mindst et år. Mikroberne kan overleve, fordi det yderste lag af individer, der dør undervejs, beskytter individerne længere inde. Nu er forskerne i gang med at undersøge mikrometeoriter for at finde levende mikrober. Det ville støtte teorien om, at organismer spredtes ud i hele universet via for eksempel kometer.



Bakterier og andre mikroorganismer kan være spredt ud i hele rummet via meteoriter.

Intelligente civilisationer kan være som guder

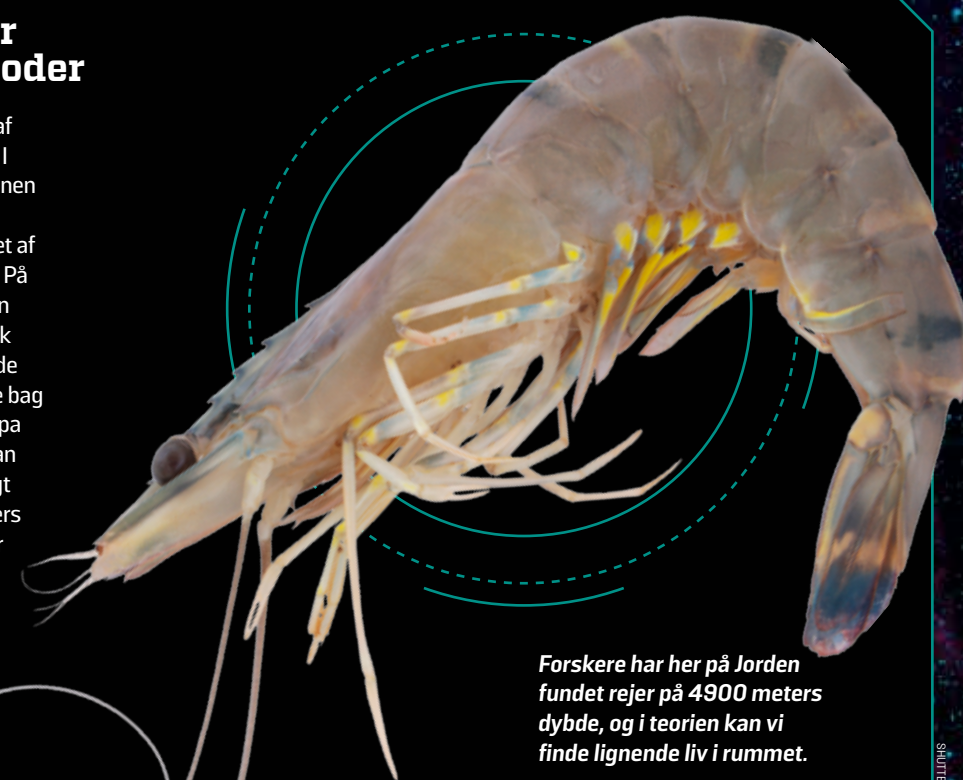
→ Intelligente væsner på andre planeter kan se anderledes ud, end noget vi kan forestille os, forklarer astronomen Avi Loeb. Kroppen kan være tilpasset andre forhold end på Jorden og fx være højere pga. mindre tyngdekraft, og de fremmede kan have andre evner end os, fx infrarødt syn eller en elektrisk sans.

Rumvæsner kan virke som guder for os, hvis de har haft langt flere år til at udvikle teknologi.



Rejer og fisk svømmer sandsynligvis på iskloder

→ Iskloder kan måske være beboet af svømmende liv under overfladen. I vores solsystem står fx Jupitermånen Europa højt på forskernes liste over mulige hjemsteder for liv. Selvom Europa er dækket af is, findes et flydende hav under overfladen. På Jorden kan livet være opstået på havbunden omkring hydrotermiske væld, hvor vulkansk aktivitet har varmet vandet op og skabt gode betingelser for aminosyrer – byggestenene bag proteiner. Hvis tilfrosne verdener som Europa har vulkansk aktivitet under havbunden, kan det have resulteret i liv. NASA har undersøgt hydrotermiske væld på Jorden i 4900 meters dybde og fundet rejer i nærheden. Det tyder på, at der selv under de mest ekstreme forhold findes liv, som har udviklet sig fra mikrobetadiet. Derfor mener forskere, at vi måske kan finde liv som rejer, fisk og blæksprutter under overfladen på frosne kloder.



Forskere har her på Jorden fundet rejer på 4900 meters dybde, og i teorien kan vi finde lignende liv i rummet.