Superbeboelige planeter

Planeter som er enda mer egnet for utvikling av komplekst liv enn jorda

Øyvind Grøn

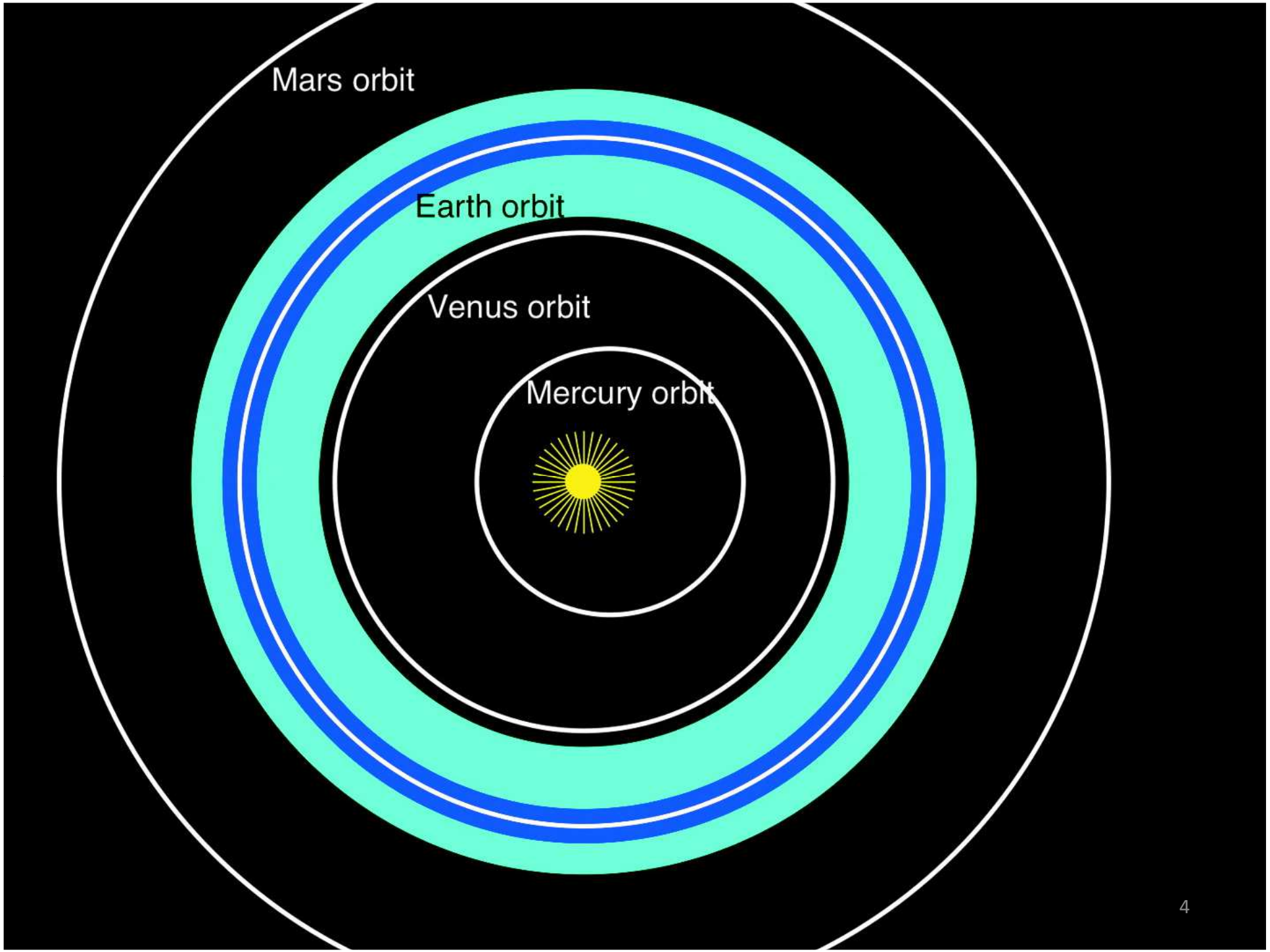
TAF 1. februar 2016

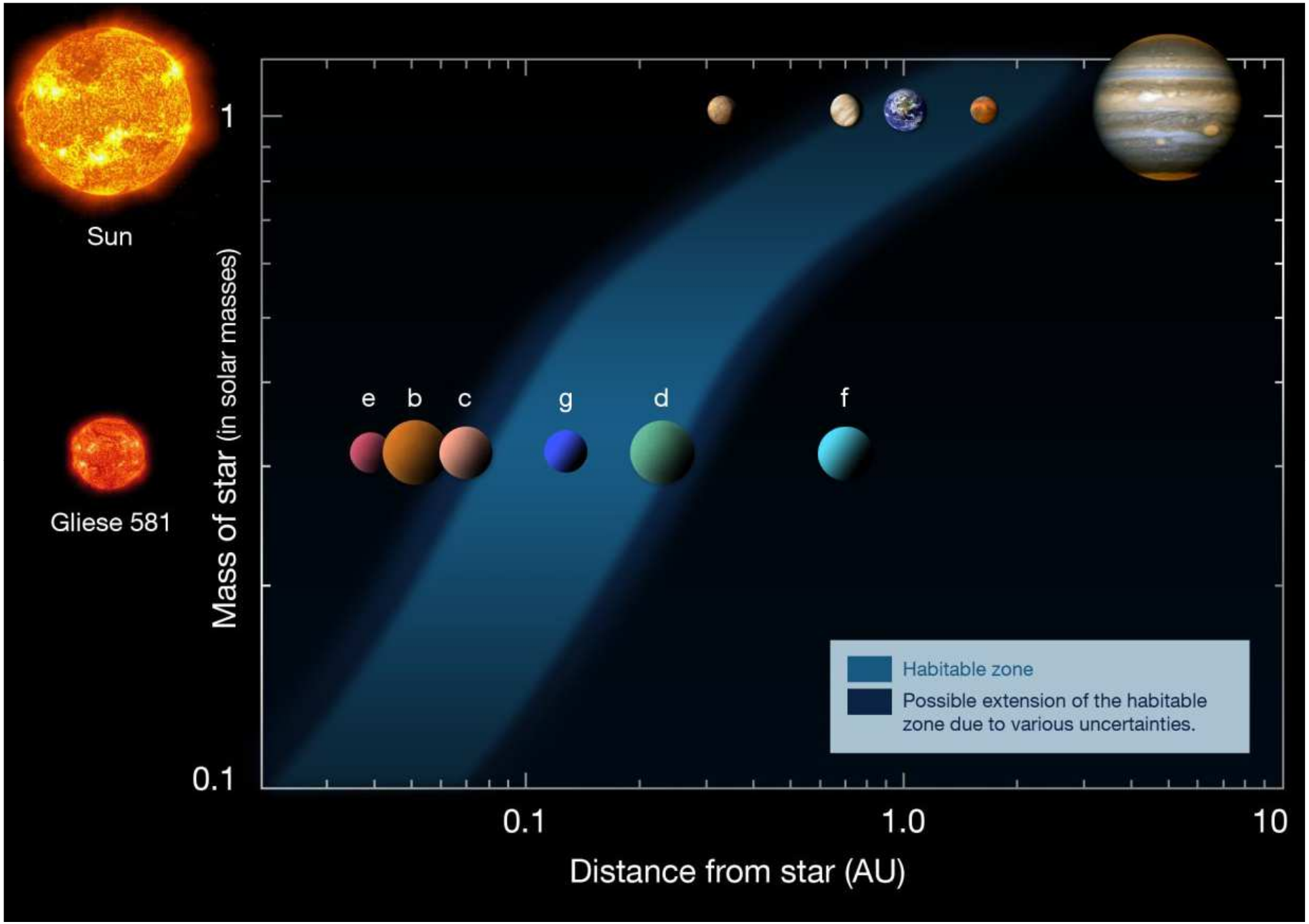
Begrepet superbeboelige planeter ble introdusert i astrobiologien av René Heller og John Armstrong i en artikkel publisert i januar 2014.

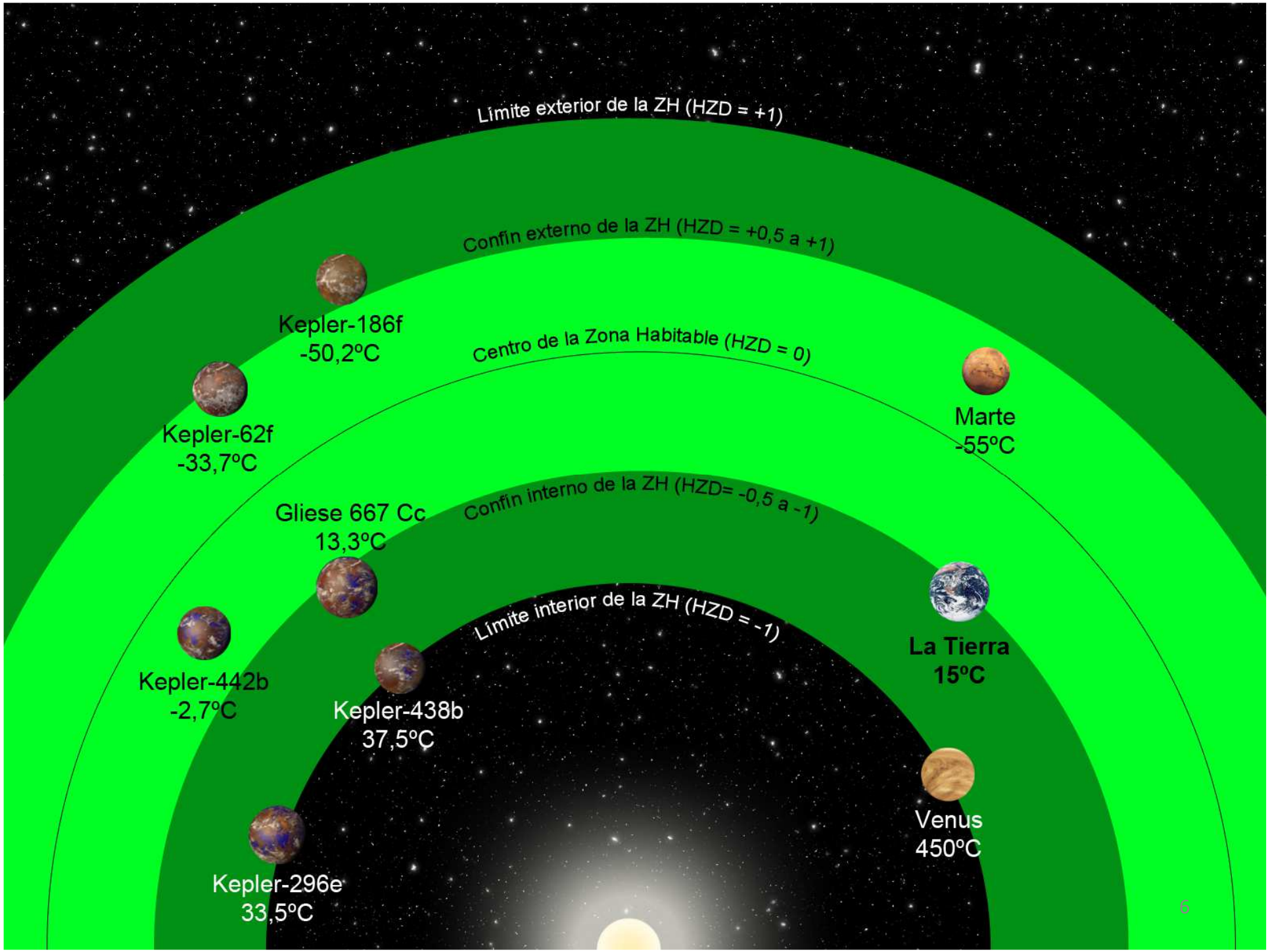
En superbeboelig planet er en planet mer egnet for utvikling av komplekst liv enn Jorda.

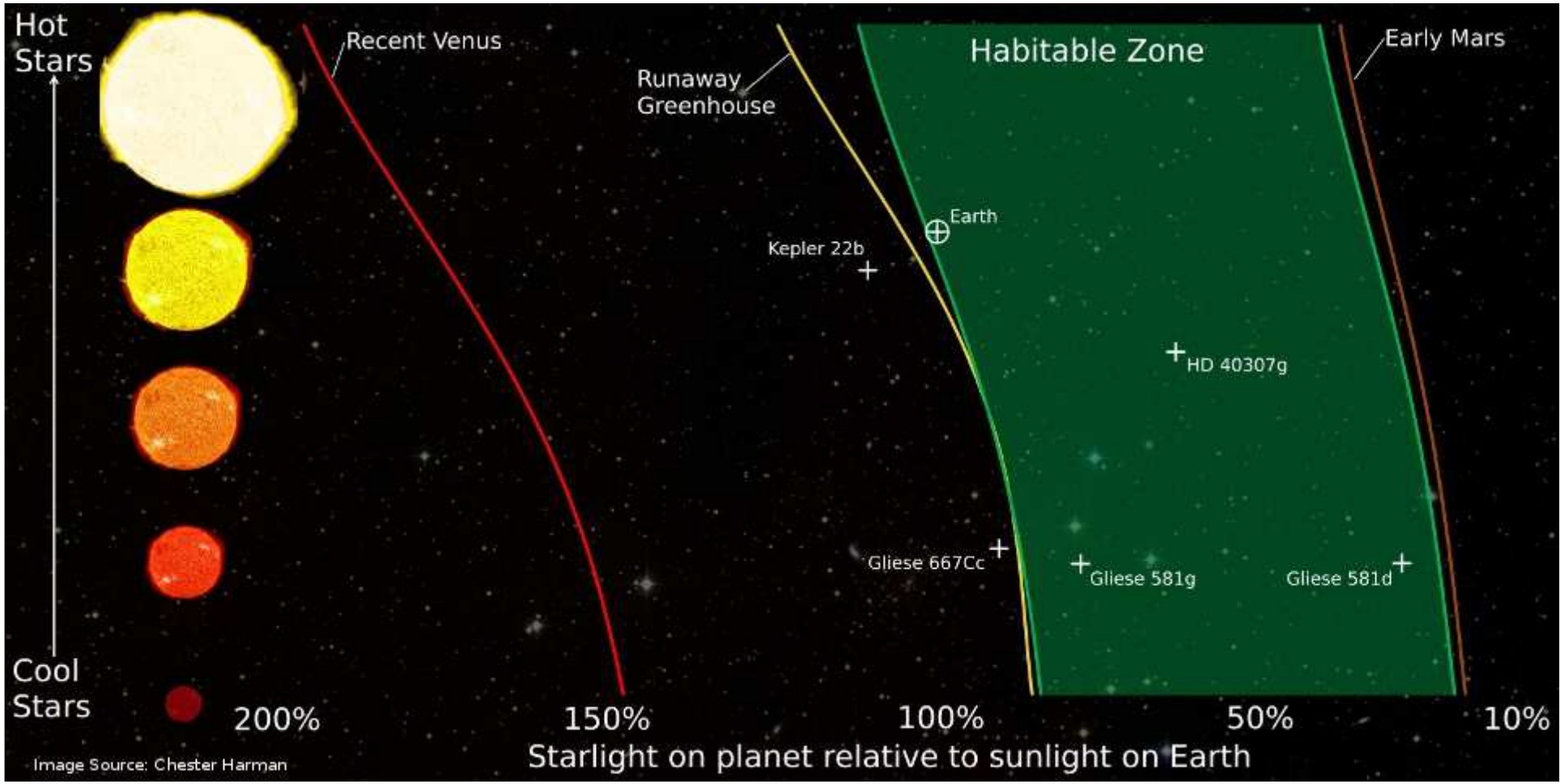
Egenskaper ved Jorda som har favorisert utvikling av liv her

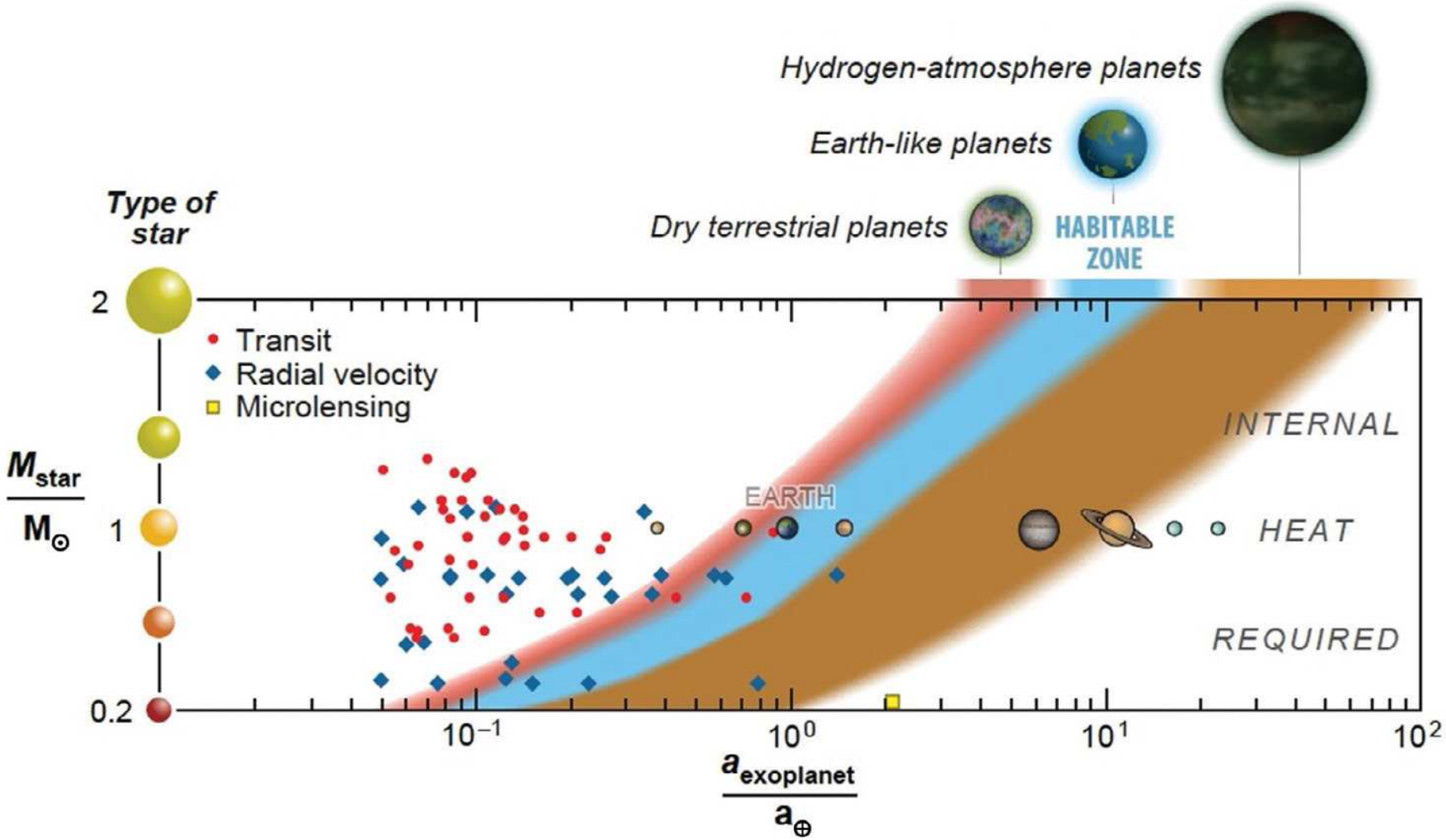
- Jorda beveger seg i den beboelige sonen, dvs. i en avstand fra moderstjernen som gir mulighet for flytende vann på planetens overflate, til en middels stor stjerne som har hatt en stabil og rolig oppførsel i flere milliarder år.
- Jorda er passe stor – stor nok til å holde på en atmosfære.
- Jorda er en stein-planet med fast overflate.
- Jorda har et flytende indre som gir kontinentaldrift og vulkanisme. Dette resirkulerer karbon og andre grunnstoffer som er viktig for livet. Resirkulering av karbonet sørger for å regulere CO_2-nivået i atmosfæren og stabiliserer dermed Jordas klima.
- Strømmer i den ytre kjernen til Jorda forårsaker et globalt magnetfelt. Det beskytter biosfæren mot skadelig stråling av ladde partikler fra Sola.


Mars orbit
Earth orbit
Venus orbit
Mercury orbit


Sun
Gliese 581
1
0.1
Mass of star (in solar masses)
e
b
c
g
d
f
Habitable zone
Possible extension of the habitable zone due to various uncertainties.
0.1
1.0
10
Distance from star (AU)


Límite exterior de la ZH (HZD = +1)
Confín externo de la ZH (HZD = +0,5 a +1)
Centro de la Zona Habitable (HZD = 0)
Confín interno de la ZH (HZD= -0,5 a -1)
Límite interior de la ZH (HZD = -1)
Kepler-186f
-50,2ºC
Kepler-62f
-33,7ºC
Marte
-55ºC
Gliese 667 Cc
13,3ºC
Kepler-442b
-2,7ºC
Kepler-438b
37,5ºC
La Tierra
15ºC
Venus
450ºC
Kepler-296e
33,5ºC

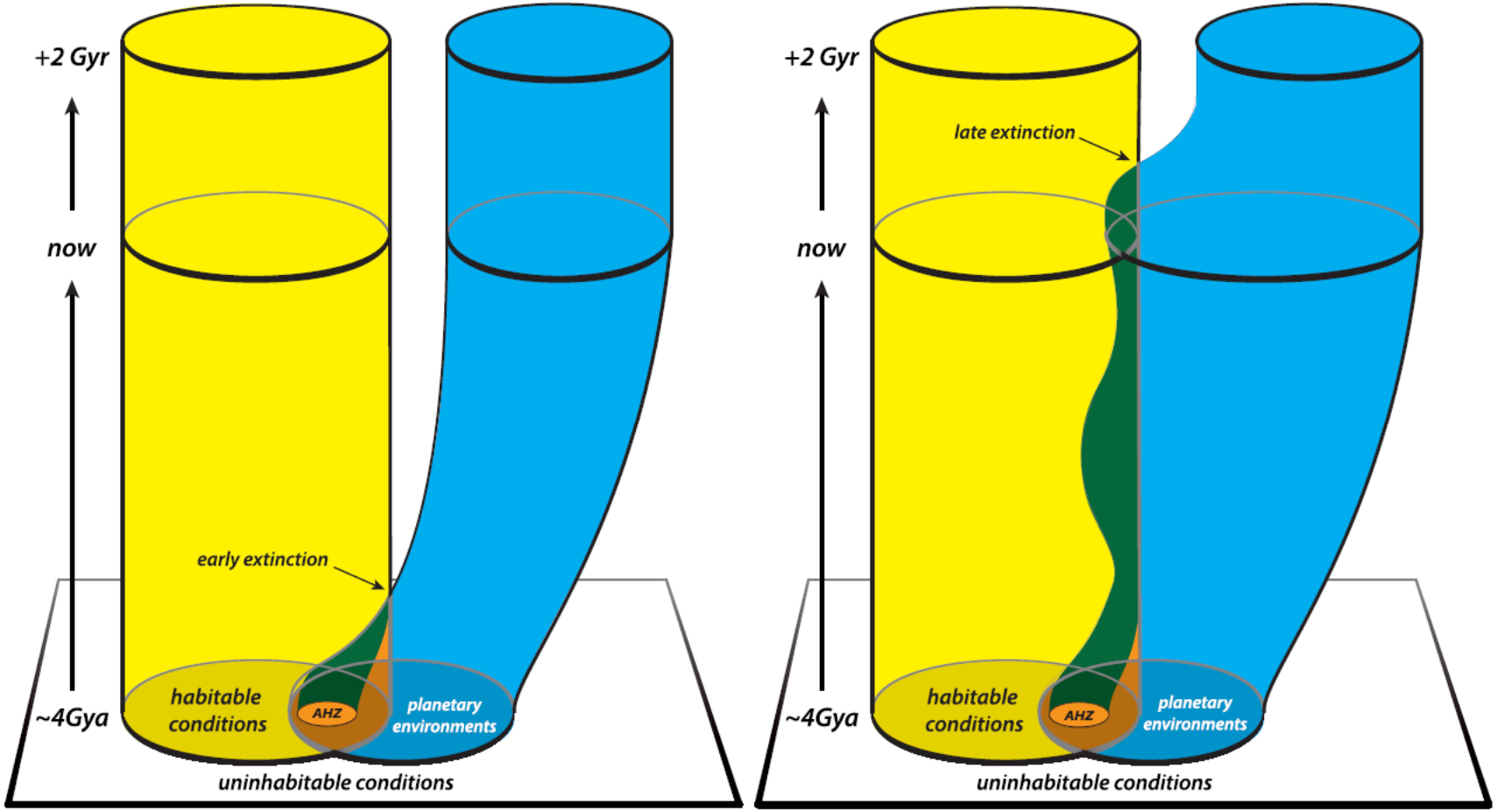

Hot Stars
Cool Stars
Recent Venus
Runaway Greenhouse
Habitable Zone
Early Mars
Earth
Kepler 22b
HD 40307g
Gliese 667Cc
Gliese 581g
Gliese 581d
200%
150%
100%
50%
10%
Starlight on planet relative to sunlight on Earth
Image Source: Chester Harman



Super-jordkloder er planeter med mellom 2 og 20 jordmasser, og er markert med ulike farger etter hvordan de er funnet. Det blå området er den beboelige sonen for planeter med en atmosfære som inneholder nitrogen, kulldioksyd og vanndamp.
Det røde området for planeter med mindre drivhuseffekt, og det brune området med større drivhuseffekt, blant annet på grunn av molekulært hydrogen.
Størrelsen $a_{exoplanet}$ er eksoplanetens avstand fra moderstjernen.

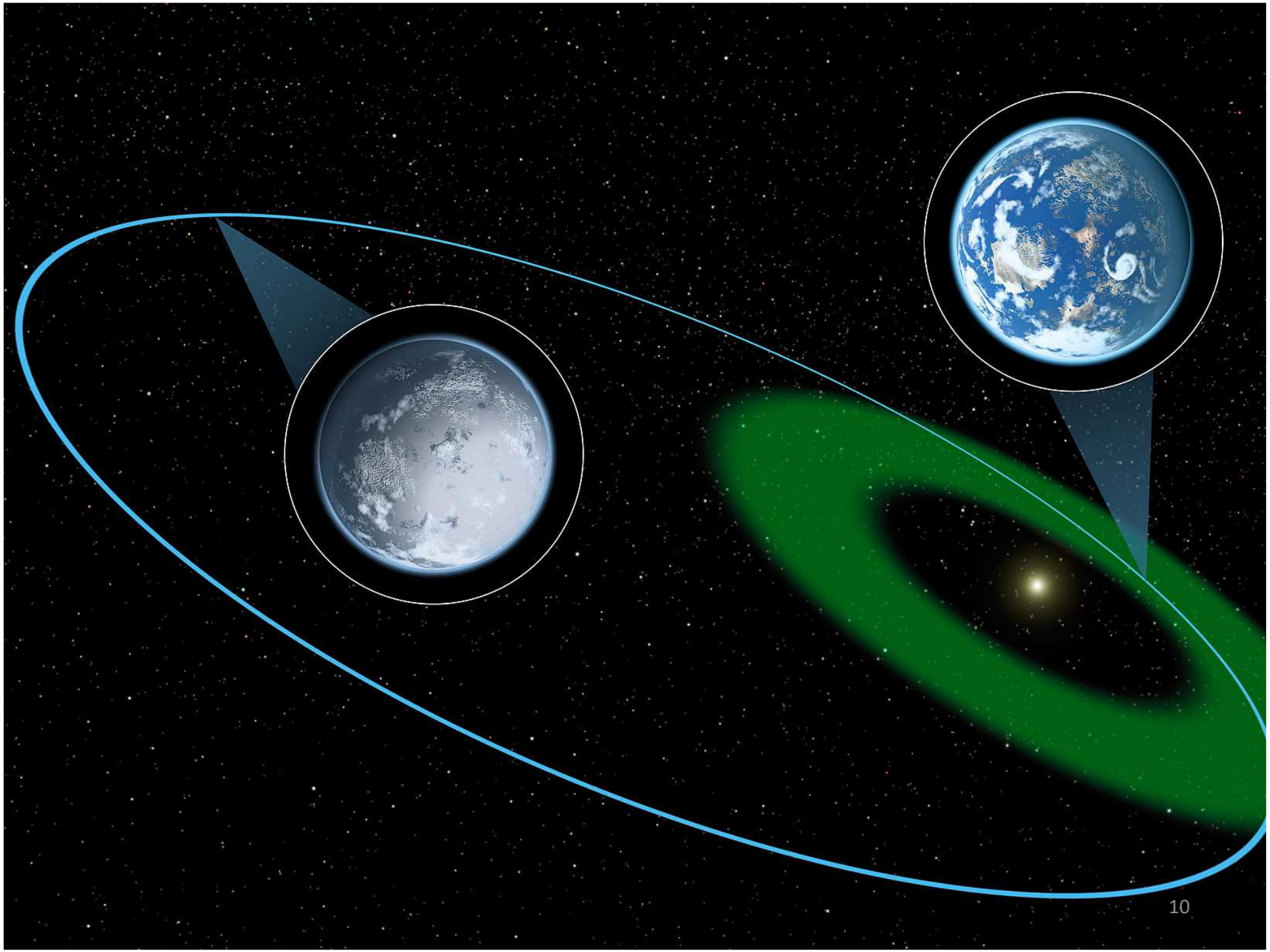
ASTROBIOLOGY Volume 16, Number 1, 2016

The Case for a Gaian Bottleneck: The Biology of Habitability

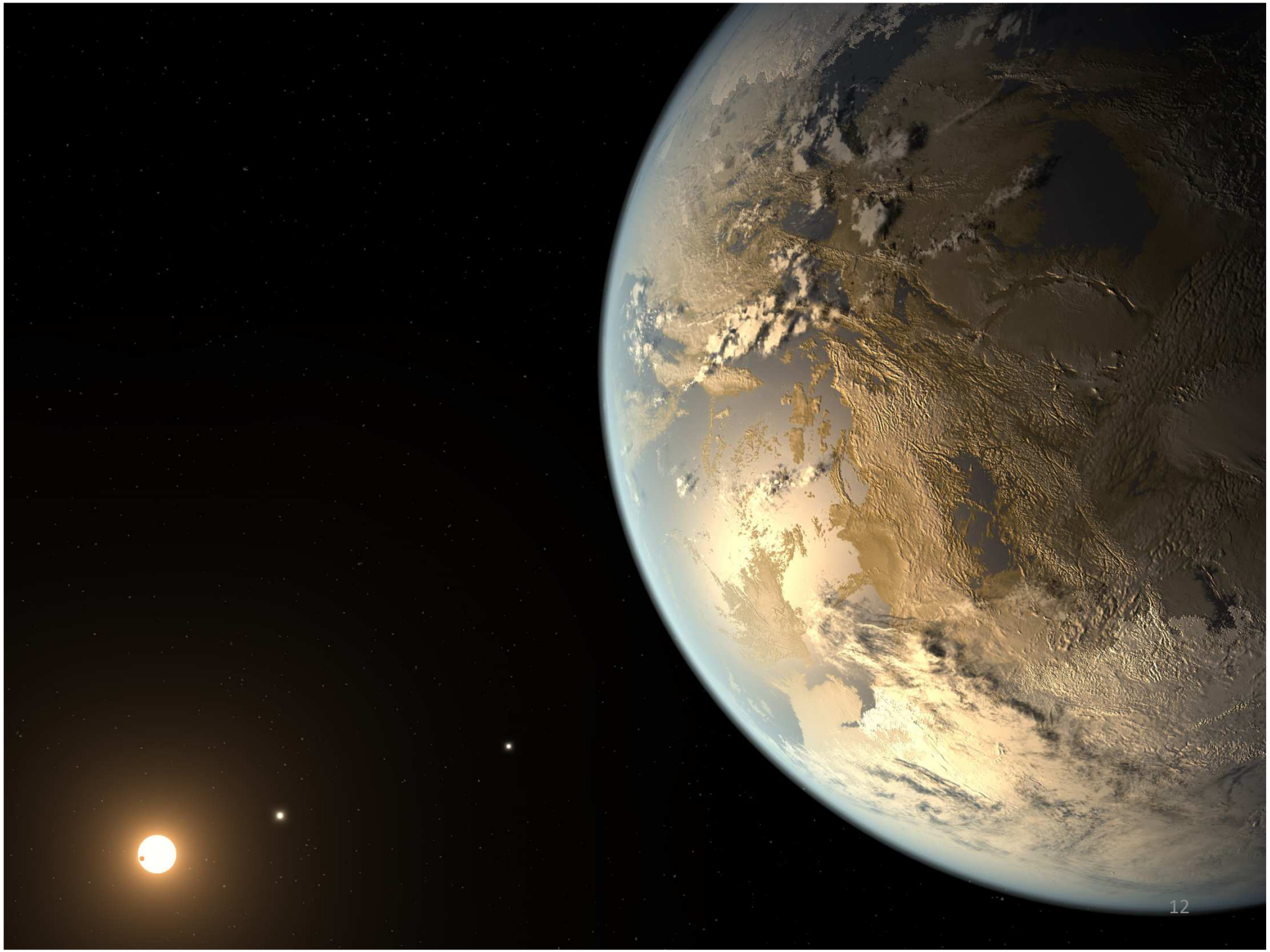


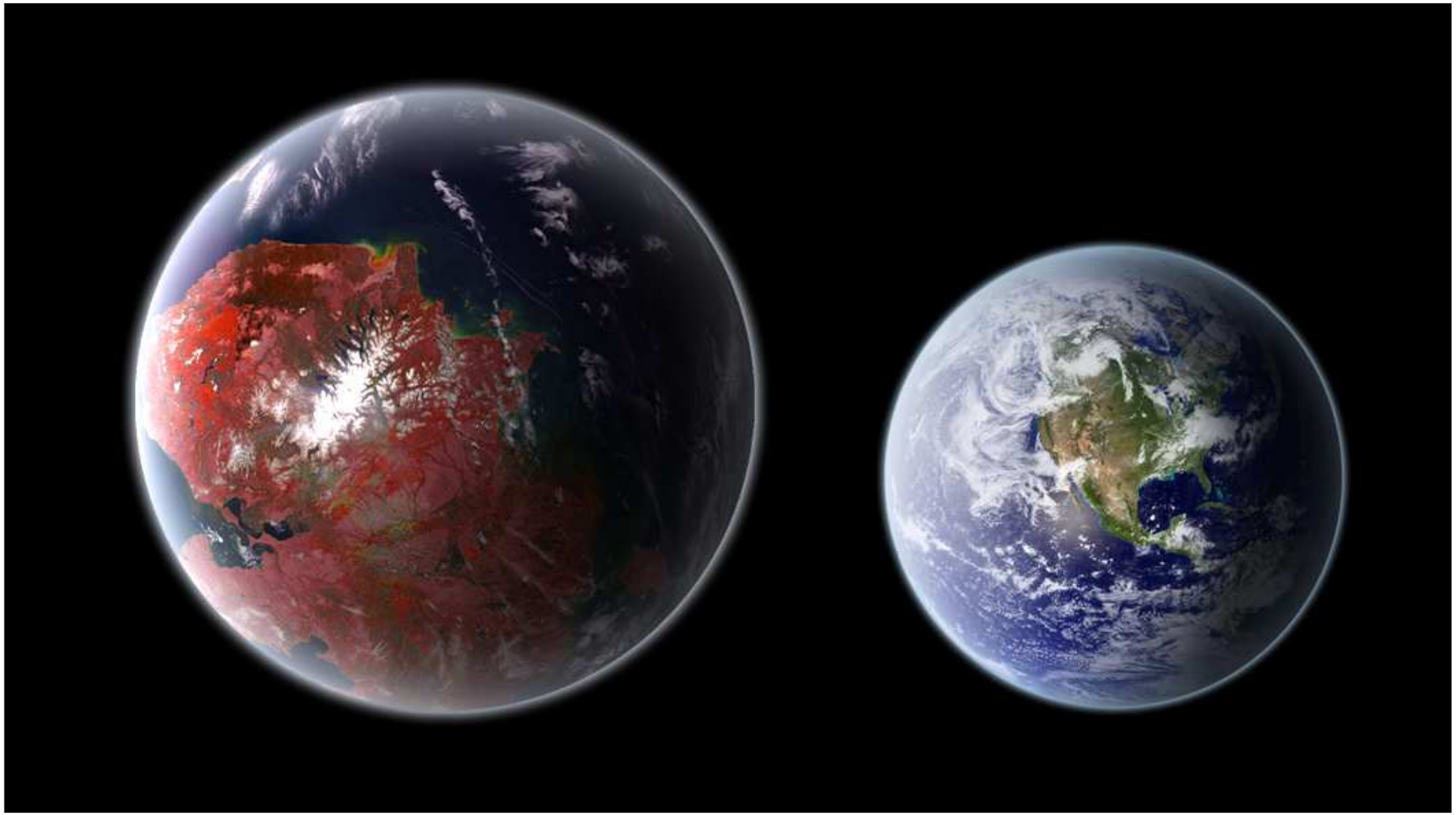
Gaian Bottleneck: Early Extinction *Gaian Regulation: Late Extinction*

AHZ står for Abiogenesis Habitable Zone – en sone der livet kan oppstå, ikke bare fortsette. Habitable conditions er grovt sett at det kan være flytende vann på overflaten av en planet. Det skal mer til for at livet oppstår. Videre krever varig liv stabile forhold over lang tid.

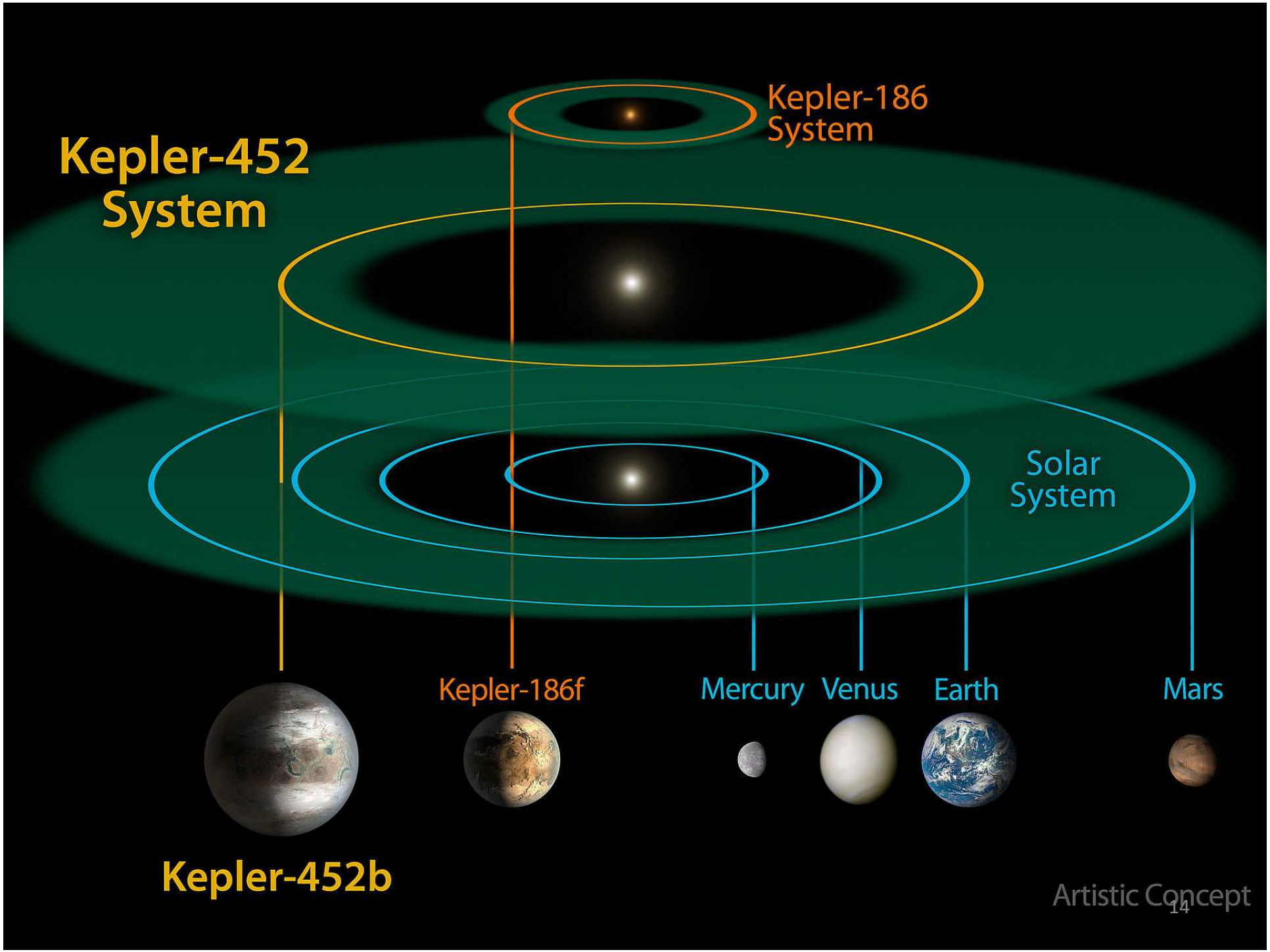


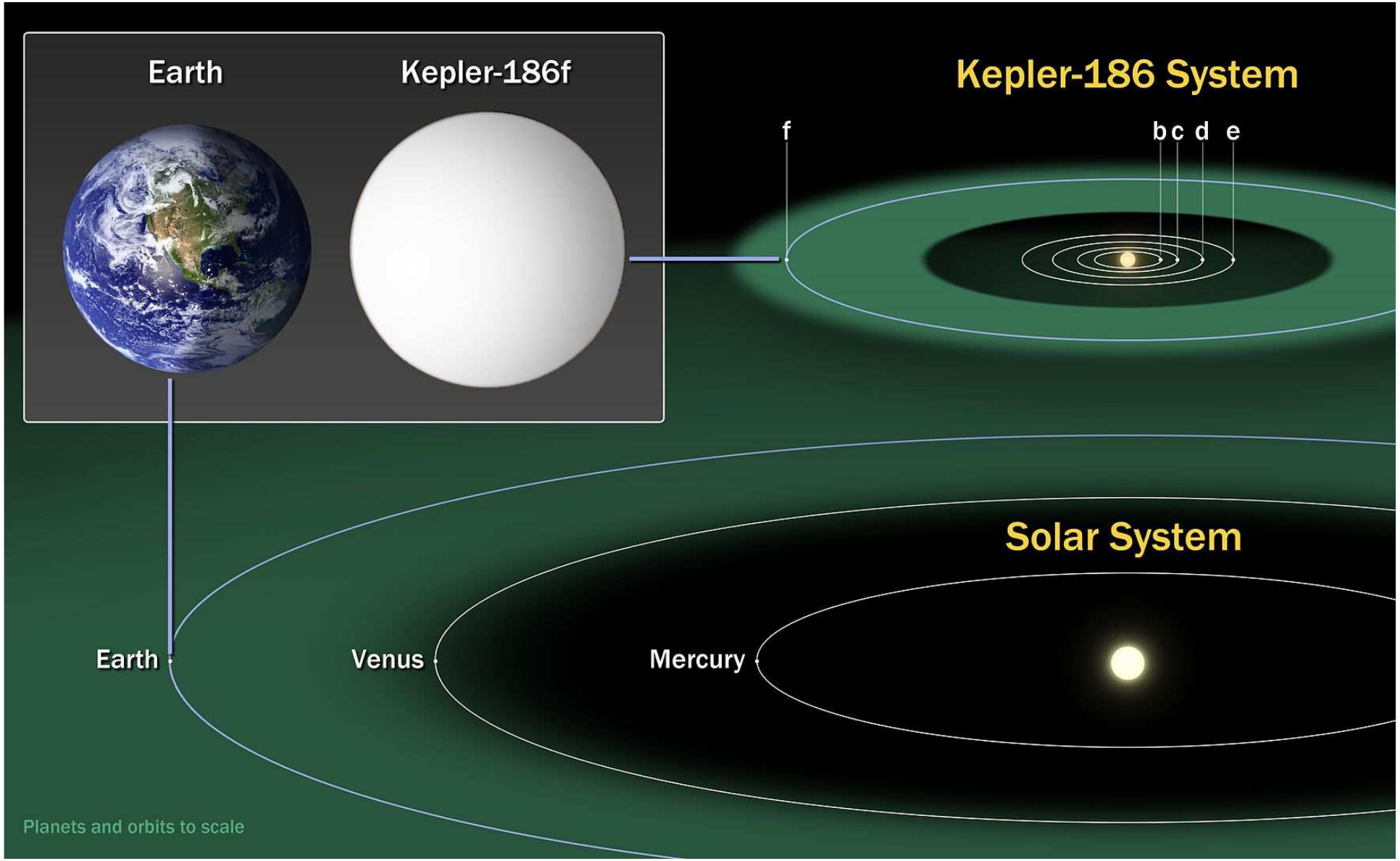
Men Jorda har en del egenskaper
som ikke gjør den optimal for videre utvikling av avansert liv.
Det er store områder på Jorda som knapt nok er beboelige,
for eksempel: ørkener, polare områder og dype områder i havet.
Det har også eksistert perioder tidligere i Jordas historie
der biomassen var større enn nå
på grunn av varmere og mer fuktig klima.

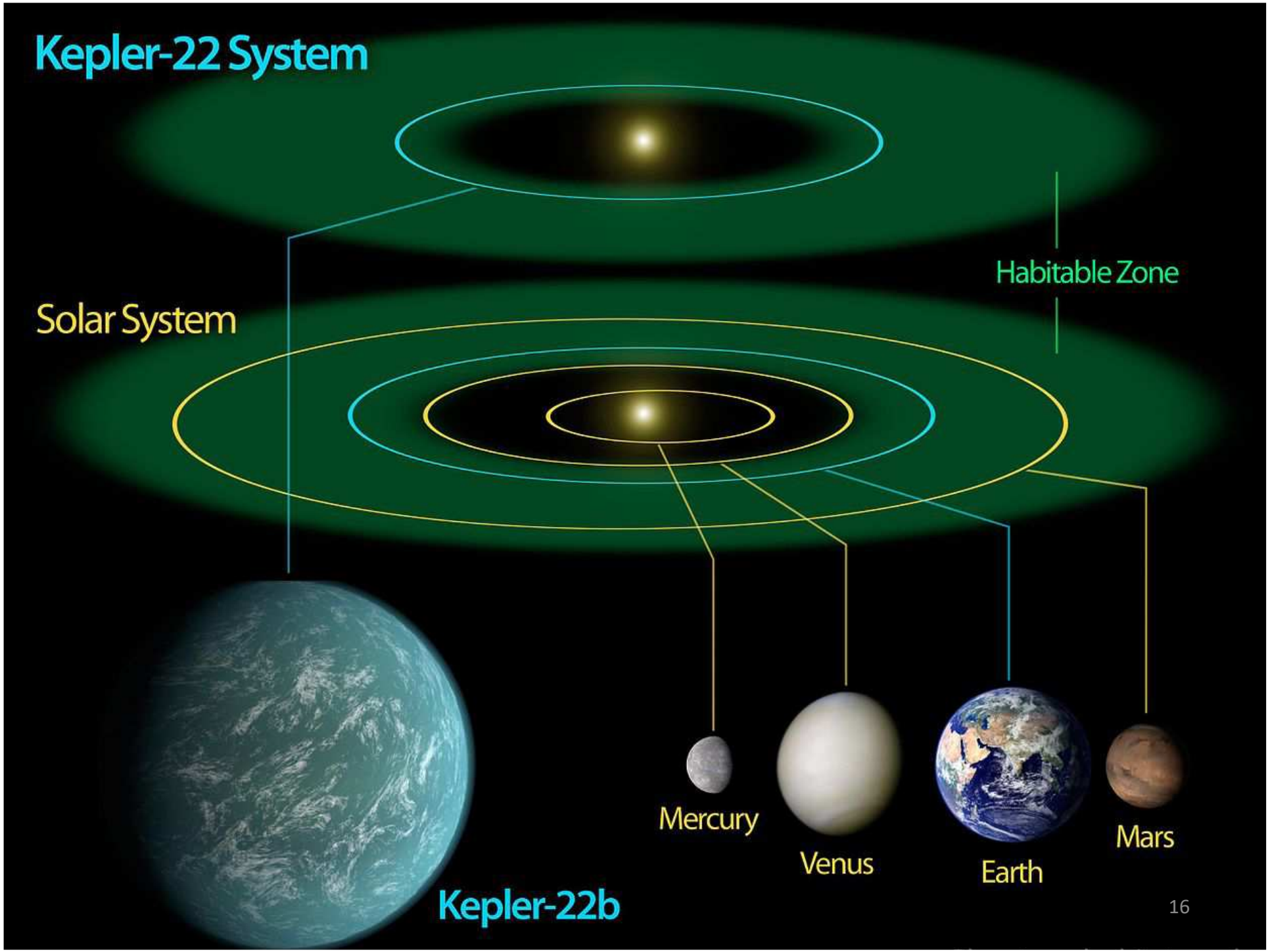


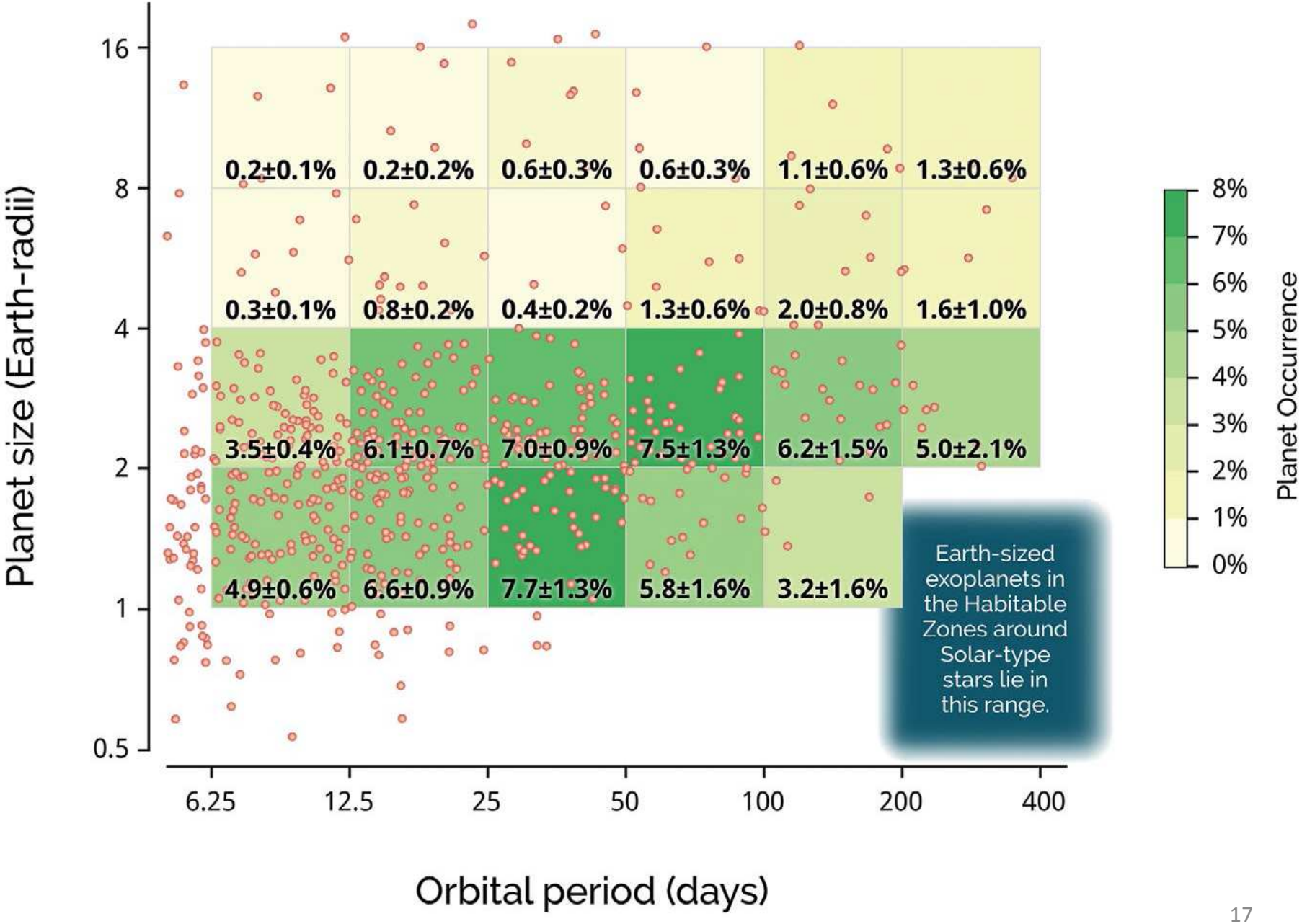


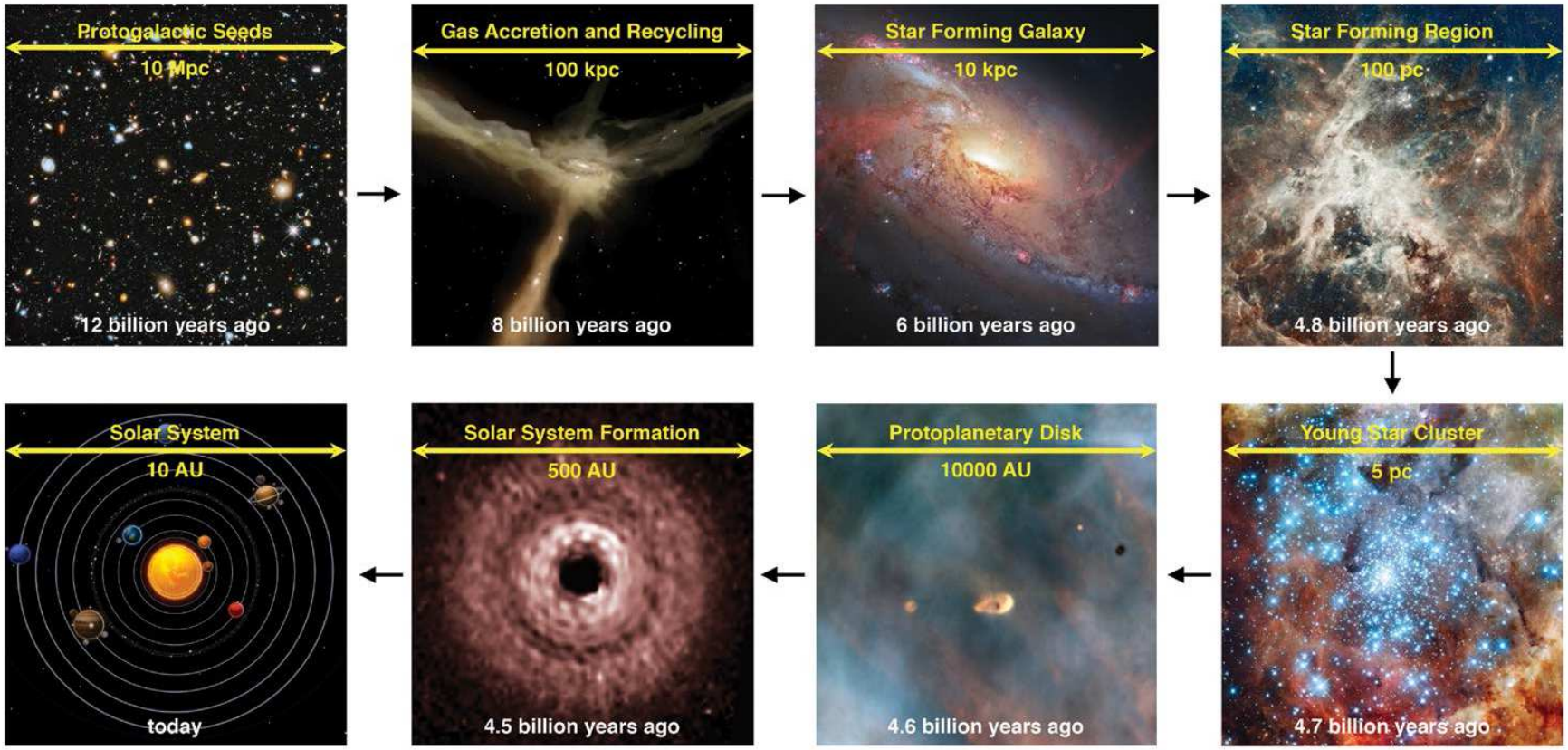
Figuren viser noen av egenskapene en superbeboelig planet vil ha.
For det første har moderstjernen bare omtrent 80 % av Solas masse og er litt kaldere enn Sola.
Så planeten er litt mørkere og mer rødlig på den delen som er belyst av stjernelys, enn Jorda.
Planeten er litt større enn Jorda og har litt tettere atmosfære.
For det tredje er det mye vann på planetoverflaten.


Kepler-186
System
Kepler-452
System
Solar
System
Kepler-186f
Mercury
Venus
Earth
Mars
Kepler-452b
Artistic Concept


Earth
Kepler-186f
Kepler-186 System
f
b c d e
Solar System
Earth
Venus
Mercury
Planets and orbits to scale


Kepler-22 System
Habitable Zone
Solar System
Mercury
Venus
Earth
Mars
Kepler-22b


Planet size (Earth-radii)
16
8
4
2
1
0.5
0.2±0.1%
0.2±0.2%
0.6±0.3%
0.6±0.3%
1.1±0.6%
1.3±0.6%
0.3±0.1%
0.8±0.2%
0.4±0.2%
1.3±0.6%
2.0±0.8%
1.6±1.0%
3.5±0.4%
6.1±0.7%
7.0±0.9%
7.5±1.3%
6.2±1.5%
5.0±2.1%
4.9±0.6%
6.6±0.9%
7.7±1.3%
5.8±1.6%
3.2±1.6%
Earth-sized exoplanets in the Habitable Zones around Solar-type stars lie in this range.
6.25
12.5
25
50
100
200
400
Orbital period (days)
8%
7%
6%
5%
4%
3%
2%
1%
0%
Planet Occurrence



Fra kosmisk begynnelse til jord med liv, illustrert ved observasjoner på ulike skalaer. Stjerner i de første galaksene hadde kort levetid og eksploderte som supernovaer. De produserte tunge grunnstoffer og beriket den interstellare materien med dem.
Galakser som Melkeveien med metallrike stjerner oppsto.
Det ble også dannet planetsystemer.

En kjempeplanet stiger opp over horisonten sett fra en klode med hav.

Egenskaper en planet bør ha for å være superbeboelig

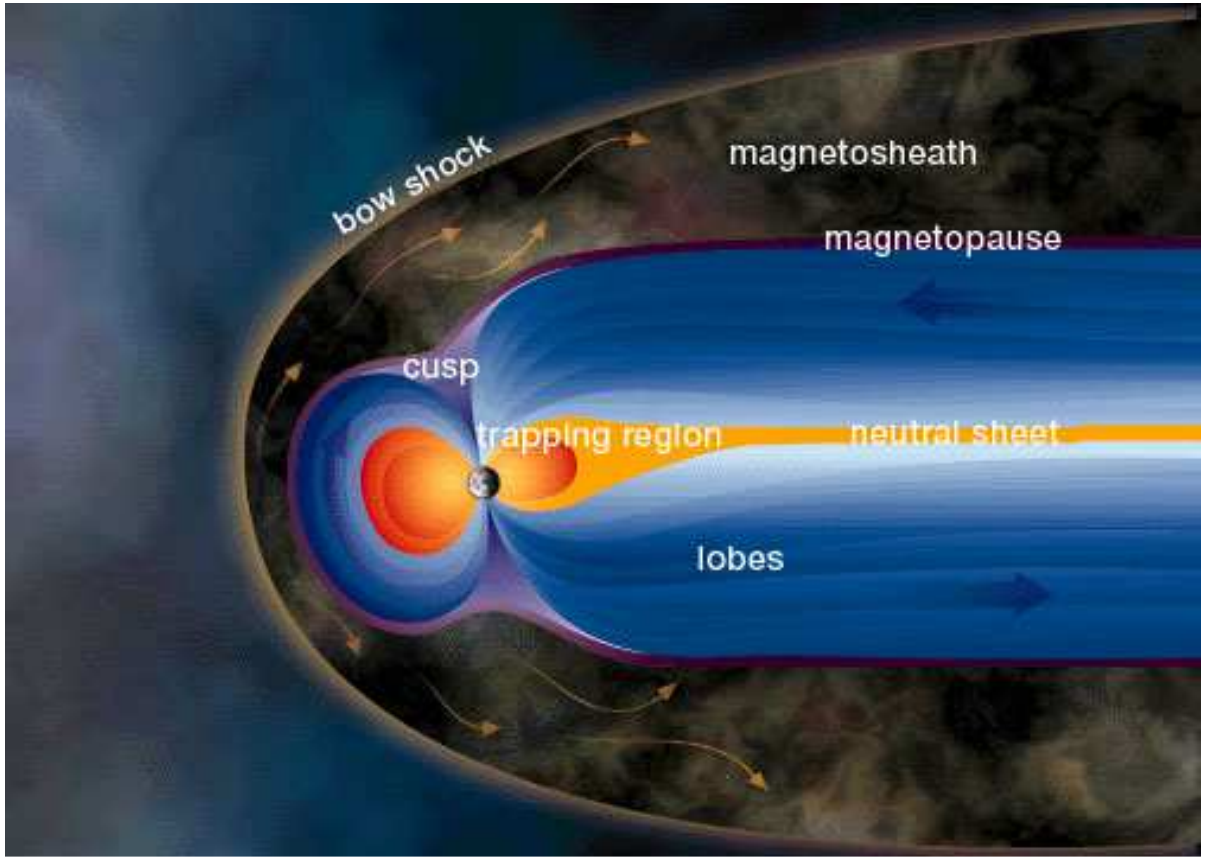
 Planetens masse: Massen må være litt større enn Jordas masse slik at lekkasjen av planetens atmosfære ut i rommet blir mindre og perioden med kontinentaldrift lengre. Steinplaneter med opp til to ganger Jordas masse vil eldes på en bedre måte enn en planet med Jordas masse. Hvis planeten har samme gjennomsnittlige tetthet som Jorda, vil tyngdeakselerasjonen på dens overflate være 25 % større enn på jordoverflaten. Det betyr at levende organismer og dyr på kontinentene vil være litt mindre enn på Jorda. Massen bør ikke være større enn omtrent to jordmasser fordi høyere trykk i planetens indre gir høyere viskositet som kan hindre kontinentaldrift.

- *Beboelig overflateareal*: Overflatearealet som tillater liv, bør være større enn det på Jorda.

- *Land-hav forholdet*: Landskapet bør være litt flatere enn på Jorda. Da vil havene ikke være så dype. På Jorda er det et rikt liv på grunne områder. Det bør heller ikke bare være ett gigantisk kontinent, slik som jordas Pangea for mellom 300 og 175 millioner år siden. Det gir store tørre områder i det indre og utryddelse av mange arter.

 Platetektonikk: På Jorda er det platetektonikk som driver karbon-silikatsyklusen. Platetektonikk og vulkanisme er prosesser som har fornyet atmosfæren og bidratt med drivhusgasser. Dette har vært viktig for utviklingen av livet på Jorda. Uten slike prosesser vil mengden av kulldioksid avta jevnt og trutt fordi regn ville vaske kulldioksidet ut av atmosfæren og binde det i materialet på bakken. Dermed vil planetens overflatetemperatur synke, og planeten kan ende med å være dekket av en global isbre. Uten kulldioksid vil ikke dagens fotosyntese kunne fungere og fritt oksygen vil ikke eksistere.

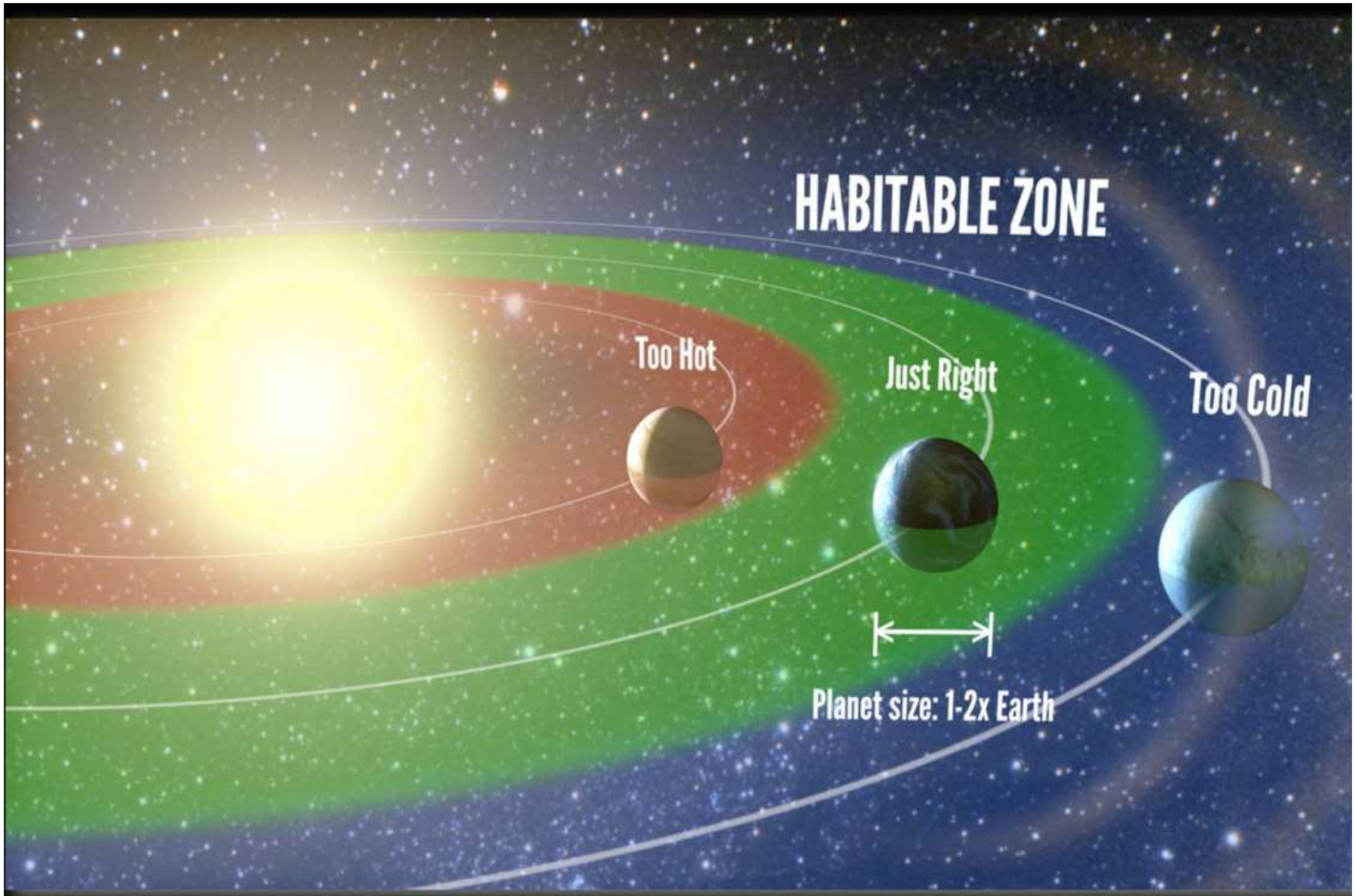
 Magnetisk skjold: Planeten bør ha et planetarisk magnetfelt minst like sterkt som Jordas. Dersom det indre av planeten størkner vil strømmen som lager det globale magnetfeltet, blir borte. Dermed forsvinner planetens magnetfelt. Da vil ladde partikler i stjernevinden og i strålingsutbrudd fra stjernen treffe planetatmosfæren og til dels trenge ned mot planetens overflate. Dette vil både bidra til å blåse bort planetens atmosfære og forårsake skadelig stråling på planetens overflate.



- *Klimatisk termostat*: Det må eksistere en mekanisme som regulerer det globale klimaet. For eksempel vil perioder med globale istider være ugunstige for utvikling av avansert liv. Og blir det for varmt, vil en større del av planetens vannmengde være samlet som vanndamp i atmosfæren og det blir tørrere på planetens overflate.

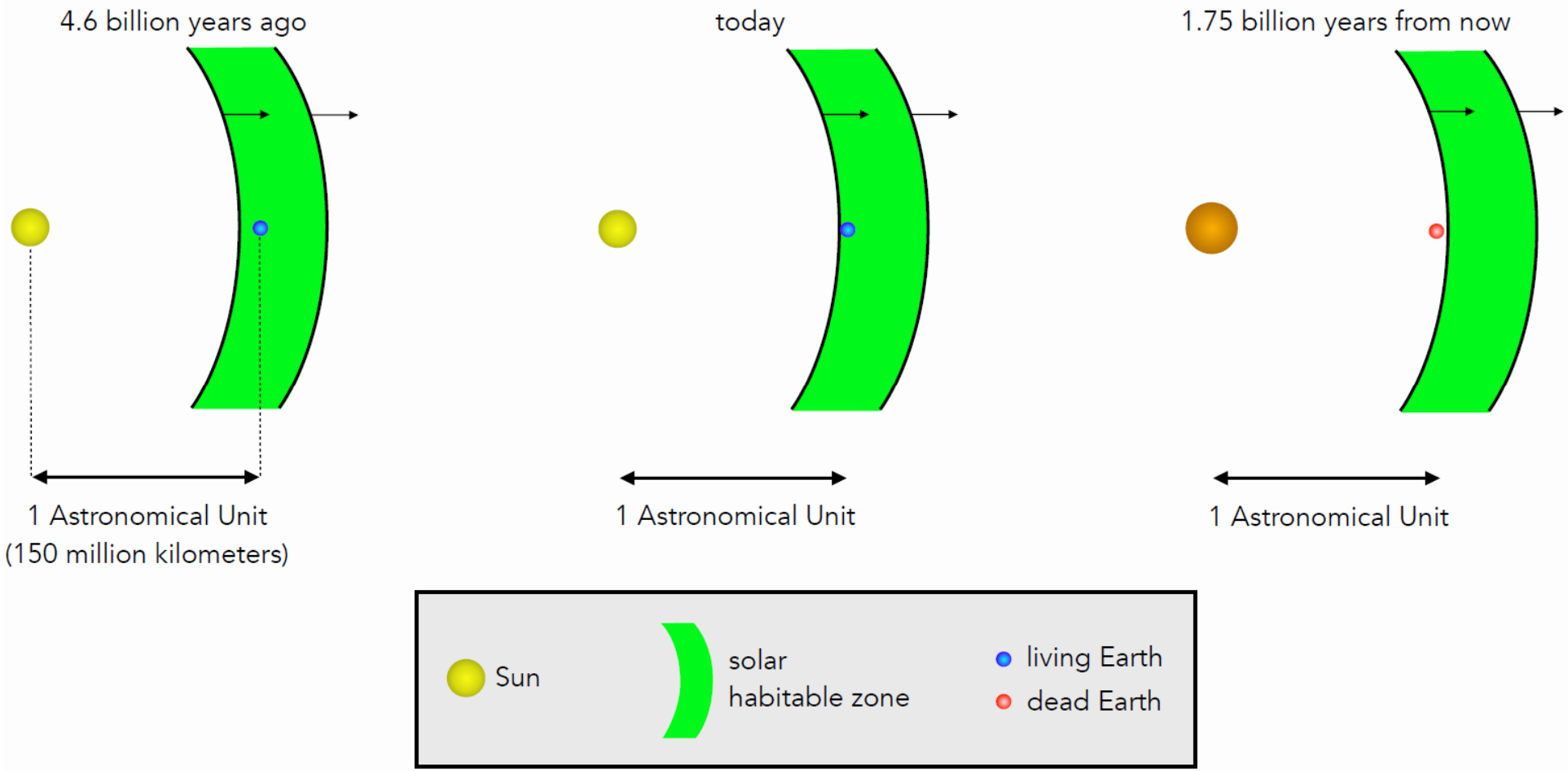
- *Overflatetemperatur*: Det bør være litt varmere og mer fuktig enn på jorda. Hvis vi ser på utviklingen av liv på Jorda, er det i de varme periodene det har vært størst biologisk biomasse og mangfold. Det er også større biologisk mangfold i de tropiske sonene på Jorda enn i de kaldere områdene. Det er heller ikke optimalt med store ørkener. For eksempel er Mars blitt for tørr.

 Beboelige sone: Hvis livet er av samme type som på Jorda, er det nødvendig med flytende vann på planetoverflaten for at det skal utvikle seg avansert liv på planeten. Dette krever at planeten befinner seg i moderstjernens beboelige sone som er definert som den sonen der en planet med en passende atmosfære vil kunne ha flytende vann på overflaten



The habitable zone corresponds to the range of orbital distances where liquid water can exist on a planet's surface.

Jorda vil bli mindre beboelig i fremtiden.
Sola blir langsomt varmere,
og om et par milliarder år er det trolig for varmt og tørt
til at det kan være avansert liv på Jorda.
Vi befinner oss nær den indre grensen av solsystemets beboelige sone.
Astrobiologene har konkludert med at det må finnes planeter
som er enda bedre egnet til å utvikle avansert liv enn Jorda.



Forflytningen av Solas beboelige sone i perioden
fra for 4,6 milliarder år siden, da solsystemet ble dannet,
til 1,75 milliarder år fremover i tid fra nå.
At Jorda havner innenfor den beboelige sonen
betyr at det blir for varmt her
til at Jorda kan ha flytende vann på overflaten

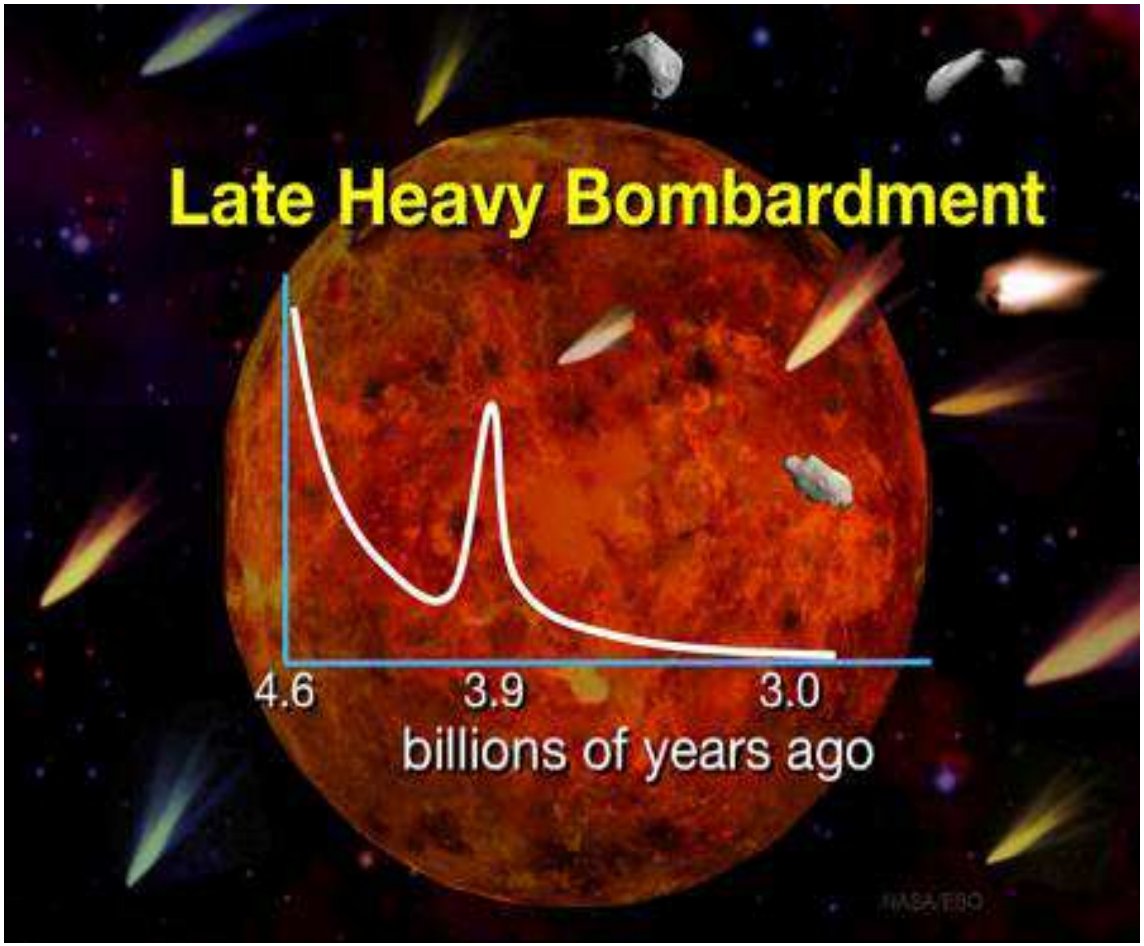
- *Alder*: En viktig egenskap en planet må ha for å kunne utvikle avansert liv er *langvarige* gunstige forhold for liv. På Jorda har det tatt flere milliarder år fra livet oppsto til vi fikk avanserte livsformer – mennesker – på Jorda.

 Stjernens masse: Massen til en stjerne bestemmer dens lysstyrke, hvor mye strålingsenergi den sender ut og dens levetid. Sola har størst strålingsintensitet i den synlige delen av spekteret. Dette er også den typen stråling plantene kan utnytte i fotosyntesen som blant annet produserer oksygen og som er avgjørende viktig for at planter og dyr kan leve, siden dyrene er avhengig av plantelivet.

- *UV-stråling fra moderstjernen*: Ultrafiolett stråling fra moderstjernen kan ha skadelige virkninger på levende organismers DNA-molekyler. På jorda beskytter ozonlaget mot skadelig UV-stråling fra Sola. Cyanobakterier som hadde fotosyntese og som laget fritt oksygen, dukket opp på jorda for omtrent 2,5 milliarder år siden. Etter hvert ble atmosfæren tilført fritt oksygen, og som en følge av det fikk jorda ozonlag for omtrent 2,3 milliarder år siden. Oksygenet i atmosfæren er gunstig for et effektivt stoffskifte i komplekst liv, men også viktig for å beskytte for eksempel DNA-molekylet mot å bli ødelagt av UV-B-stråling gjennom ozonlaget.

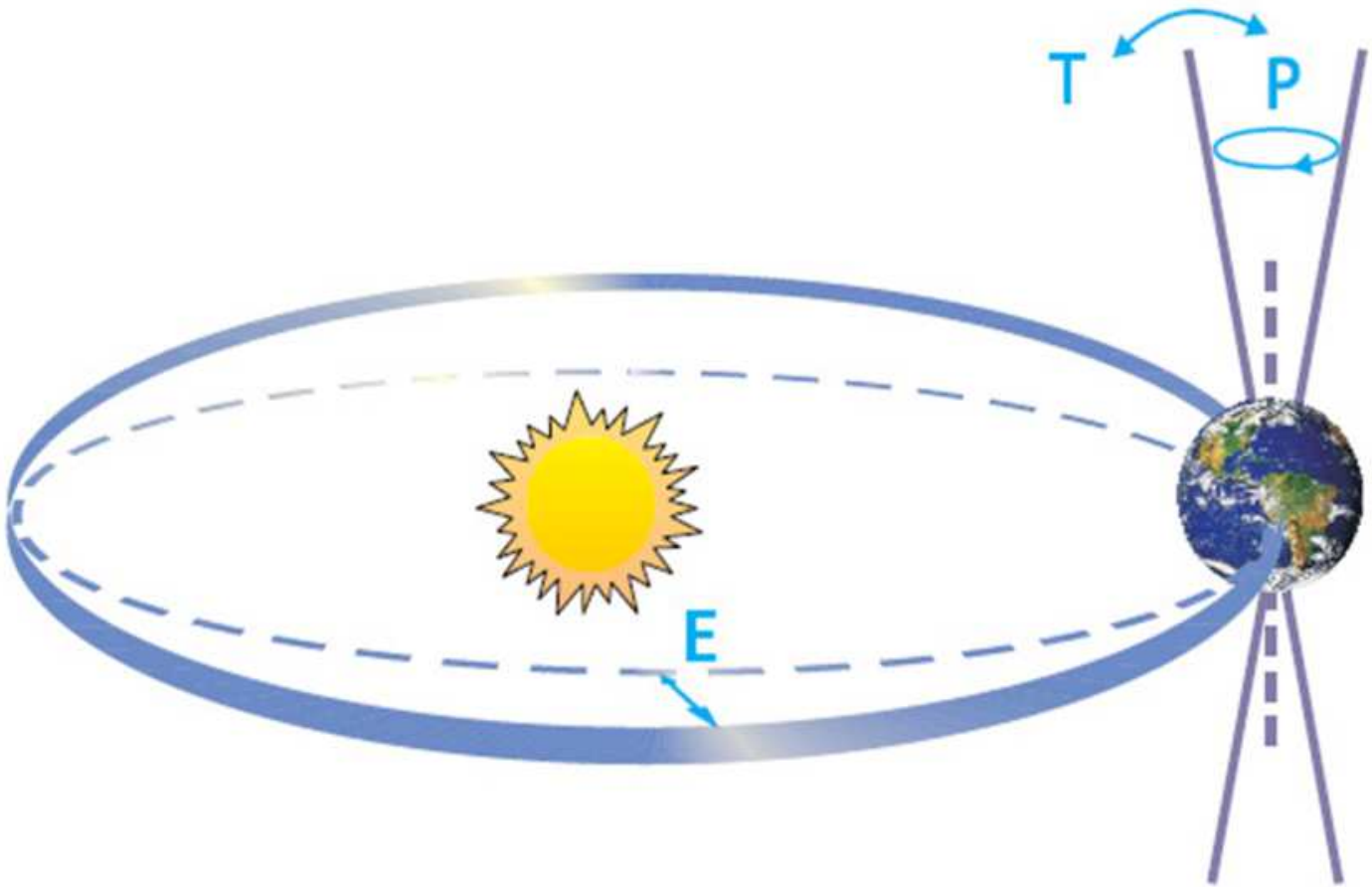
- *Stjernens levetid*: Stjernene har lengre levetid jo mindre de er. Derfor vil planeter i bane rundt stjerner som er litt mindre enn Sola, kunne være mer gunstige for utvikling av avansert liv enn Jorda.

 Tidlig bombardement av asteroider og kometer: Mye av vannet på Jorda, og også organiske stoffer, er bragt hit med asteroider og kometer. Dateringer av kratre på månen har vist at da solsystemet var ungt, for omkring 4 milliarder år siden, var det en periode der Jorda ble truffet av et stort antall asteroider og kometer. Planetforskerne mener at de har hatt stor betydning for utvikling av livet på Jorda. Trolig har jorda fått mesteparten av vannet og en god del organiske stoffer på denne måten. En superbeboelig planet bør ha hatt en slik tidlig periode med hyppig bombardement



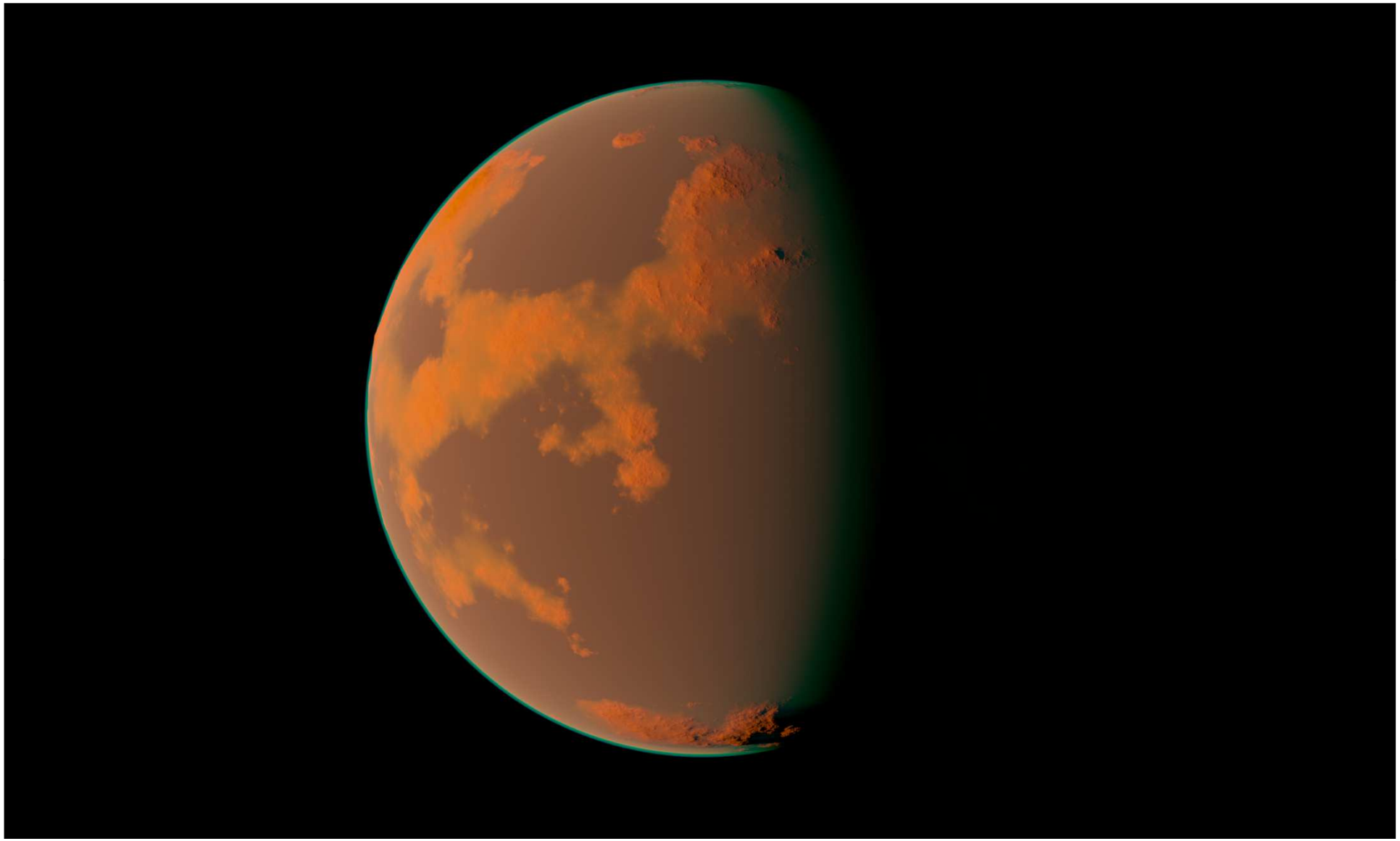
Det var stor hyppighet av asteroider og kometer
som kolliderte med jorda
da solsystemet var omtrent 700 millioner år gammelt,
før livet hadde oppstått på Jorda.
Denne perioden kan ha lagt grunnlaget for utvikling av liv på Jorda.

 Planetens banebevegelse: Også her er vi på litt usikker grunn. Vi vet at det har vært store klimavariasjoner på Jorda, og det er mulig at disse skyldes et samspill mellom subtile variasjoner i Jordas baneparametere. Det dreier seg om 3 størrelser. 1. Rotasjonsaksen har en har en presesjonsbevegelse på liknende måte som aksen til en snurrebass som sakker av. Denne bevegelsen har en periode på 26 tusen år. 2. Helningsvinkelen av jordas ekvatorplan i forhold til baneplanet varierer mellom 21 og 25 grader med en periode på 43 tusen år. 3. Fasongen av Jordas bane varierer mellom å være nesten helt sirkulær til å være litt avlang med en periode på omtrent 100 tusen år. Disse variasjonene kalles Milankovich syklusene (figur 6). Trolig avhenger istidene av slike variasjoner. Men om dette er gunstig eller uheldig for utvikling av avansert liv, det vet vi ikke.



Illustrasjon av Milankovich syklusene

 Atmosfære: En passende atmosfære er avgjørende for utvikling av liv på en planet. Hvis livet er av samme type som på jorda er oksygen en forutsetning for avansert liv. Forskere mener at på en planet med en enda mer oksygenrik atmosfære enn jordas, vil det kunne utvikle seg en mer variert biosfære enn på Jorda. En superbeboelig planet bør ha en oksygenrik atmosfære.



Noen av egenskapene en superbeboelig planet vil ha. For det første har moderstjernen bare omtrent 80 % av Solas masse og er litt kaldere enn Sola, så planeten er litt mørkere og mer oransje i fargen på den delen som er belyst av stjernelys, enn Jorda. Planeten er litt større enn Jorda og har litt tettere atmosfære. For det tredje er det mye vann på planetoverflaten.

Dyson sphere

En Dysonkule er en et sfærisk system som omgir en stjerne og fungerer som et energireservoar for en avansert sivilisasjon