

*AKTUELL FORSKNING*

STORA FRÅGOR, LITEN PLANET:  
DEN OTROLIGA HISTORIEN OM

# MARS

När planeterna var unga var Mars ett livsvänligt ställe. Vad var det som hände sedan?

Rymdfysikern Robin Ramstad hittar bland ledtrådarna.

I fall en hypotetisk utomjording besökte det då relativt unga solsystemet för fyra miljarder år sedan, så fann hon troligtvis tre ytterst liknande planeter med tjocka atmosfärer, gott om flytande vatten, aktiva vulkaner och mer eller mindre behagliga yttemperaturer, i alla fall med mänskliga mått. Hon kanske antog att det därför idag skulle finnas tre jordliknande planeter i omloppsbanorna runt solen med blåa hav, regniga dagar och lummiga med liv.

### Spår av vatten från förr

Jorden, Venus och Mars har, trots liknande förutsättningar, dock utvecklats i drastiskt olika riktningar. Den innersta planeten, Venus, har idag en temperatur vid ytan på ungefär 460 °C, varmare än smältpunkten för bly. Dess vatten har sedan länge kokat bort och vattenmolekylerna i atmosfären slagits sönder av den intensiva solstrålningen. Frånvaron av regn och dess förmåga att binda koldioxid till marken i form av karbonatmineraler (t.ex. kalksten) har lett till att koldioxiden byggts upp över tid och bildat en atmosfär med ett tryck 90 gånger jordens. Växthuseffekten från denna kraftiga atmosfär uppehåller de höga temperaturerna vid ytan.

Mars atmosfär står i rak motsats till Venus superväxthuseffekt, med endast cirka en hundradel av jordens yttryck och dubbla avståndet till solen är medeltemperaturen långt under 0 °C över ytan och kan sjunka ned till -120 °C under vinter i polarregionerna. Det låga trycket gör att flytande vatten inte kan existera länge på ytan utan övergår direkt

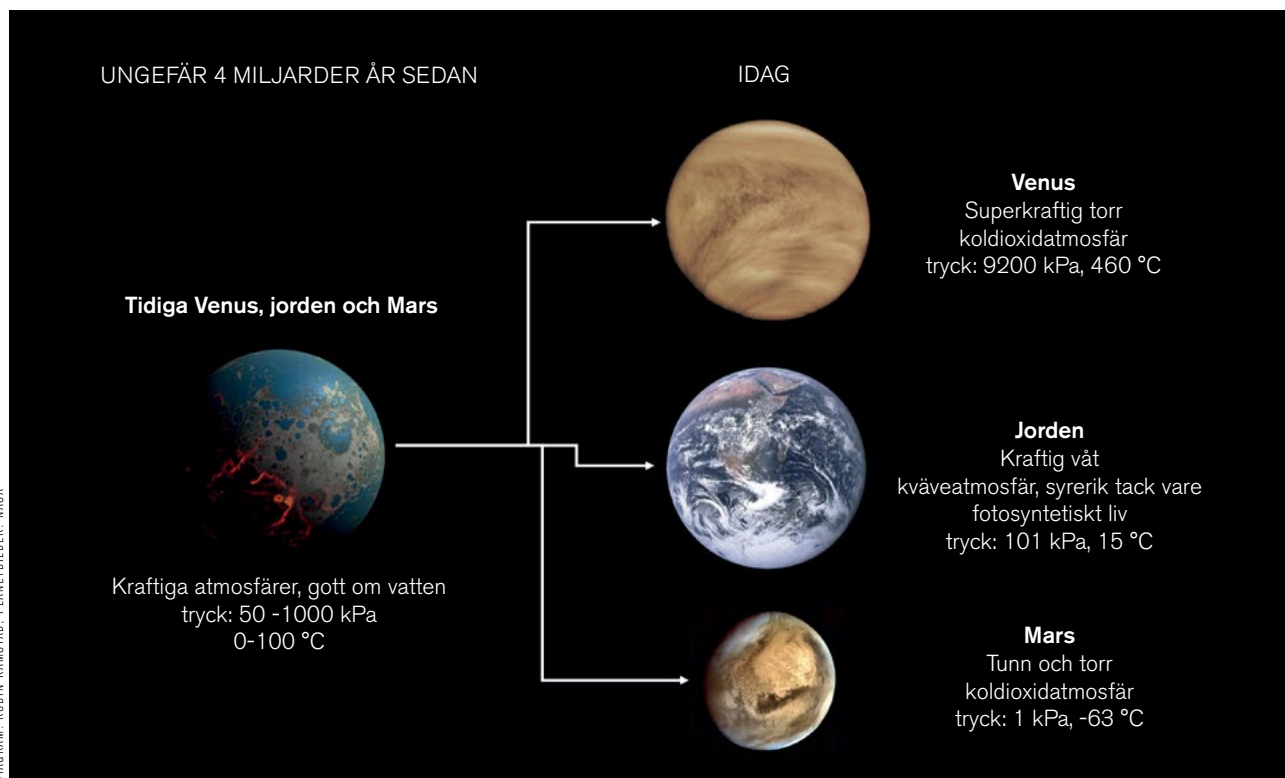
från is till ånga och tvärtom. Marsytan är dock graverad på många skalor med tecken på flytande vatten i form av kvarlämningar av floder, deltan, dalnätverk bildade av ihållande nederbörd och enorma droppformade kullar formade av katastrofiska översvämningar. Tillsammans tyder alla dessa spår på att Mars måste ha haft mycket mer atmosfär och en betydande växthuseffekt under dess tidiga historia. Spåren finns på platser som är mellan ungefär 4,2 och 3,5 miljarder år gamla, bevarade tack vare frånvaron av tektoniska processer på Mars, och tyder på att något fick växthuseffekten att kollapsa för ungefär 3,5 miljarder år sedan. Sedan vi fick de första detaljerade bilderna från ytan har forskare undrat vad som hänt med denna tidiga atmosfär.

### Magnetfältets roll

Den amerikanska sonden Mariner 4 flög år 1965 förbi Mars med en samling vetenskapliga instrument, bland annat en så kallad magnetometer, ett instrument som mäter magnetiska fält. Mätningarna visade tydligt att om Mars har ett globalt magnetfält liknande jordens så är det mycket svagare. Senare sonder visade att det globala fältet var så gott som obefintligt, förutom lokaliserade magnetiserade områden nära ytan i skorpan. Till skillnad från Mars ger jordens magnetfält upphov till en stor magnetosfär, ett område runt planeten dit de energirika partiklarna som strömmar ut från solens atmosfär, den så kallade solvinden, inte kan nå.

Frånvaron av ett globalt magnetfält har länge setts som en rimlig förklaring till Mars tunna atmosfär. Partiklarna i

**De jordliknande planeterna i solsystemet skapades med liknande förutsättningar för ungefär fyra miljarder år sedan, men har utvecklats i fundamentalt olika riktningar. Anledningen till planeternas olika evolution är en av planetforskningens stora gåtor.**



## AKTUELL FORSKNING

BILD: NASA/JPL/UNIVERSITY OF ARIZONA

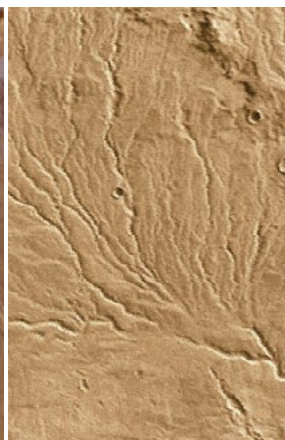
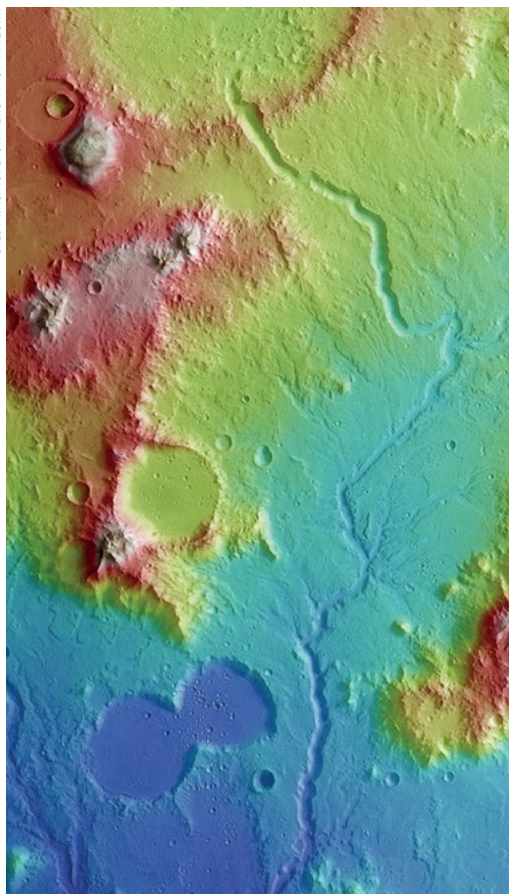


BILD: NASA

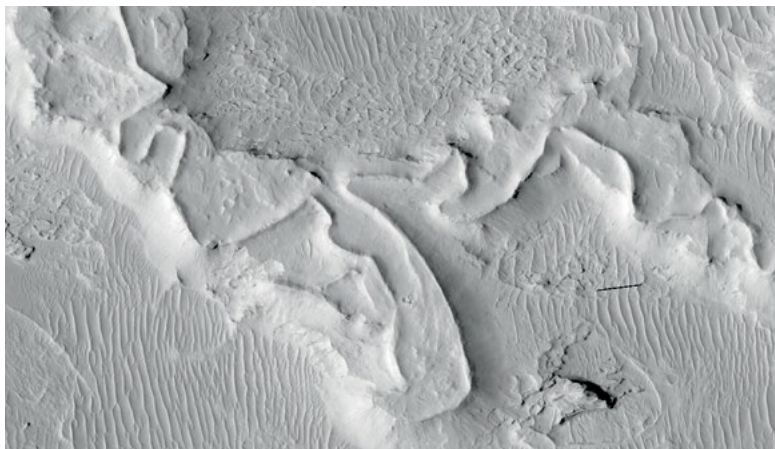


BILD: NASA/JPL/UNIVERSITY OF ARIZONA

Miljarder år gamla spår av vatten på Mars yta. I bilder från sondaerna Viking, Mars Express och MRO framträder rester av slingrande flodfåror, och dalnätverk som bildats av regn och snö som flödar nedför en bergslutning. Nedan: Mars med grunda oceaner, som den kanske var förr, i en illustration av rymdkonstnären Martin Kornmesser.



den övre atmosfären kan nämligen fly ut i rymden om de får tillräckligt med energi för att övervinna planetens gravitation. Solvinden för med sig många gånger mer energi än vad som behövs för att driva en kraftig atmosfärsflykt, och man har tänkt sig att jordens magnetfält, till skillnad från Mars, skyddar atmosfären på ett sådant vis att solvindens energi inte kan överföras och driva ut atmosfären i rymden, men mätningar behövs för att uppskatta hur stor solvindens påverkan kan vara.

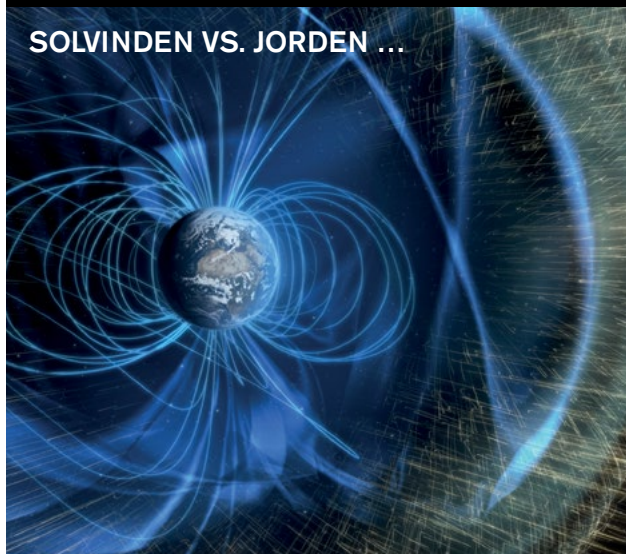
### Svenska mätningar avslöjar solvinden

Sverige har en världsledande position i forskningen om atmosfärsflykt, det svenska Institutet för rymdfysik (IRF) i Kiruna har byggt avancerade instrument med syfte att bland annat mäta utflödet från flera planeter i solsystemet. Till Mars skickades redan 1989 instrumentpaketet ASPERA med den sovjetiska farkosten Fobos-2, och ett par månader med mätningar visade på kraftiga utflöden. Dess efterföljare ASPERA-3 skickades år 2003 med den europeiska sonden Mars Express och skickar fortfarande mätningar från dess omloppsbana runt Mars. Den stora mängden mätningar från ASPERA-3 över 15 år har visat att utflödet av joniserade atmosfärspartiklar är lägre än man tidigare trott och att atmosfären är relativt väl skyddad från solvinden trots frånvaron av ett globalt magnetfält. Totalt har det visat sig att solvindens utdrivning av atmosfären endast lett till att den tappat 6–10 millibar (motsvarande mindre än 1 % av jordens atmosfär) över de senaste fyra miljarder åren, en liten bråkdel av vad som behövs för att förklara hur Mars kan ha så tunn atmosfär idag.

Men flera nationer är intresserade av planeternas historia, och i november 2014 anlände den amerikanska sonden MAVEN till Mars. MAVEN har visat att atmosfären istället huvudsakligen flyr ut i rymden som neutrala partiklar på grund av energirika reaktioner i den övre atmosfären i kombination med Mars låga gravitationskraft, vilken är svagare än hälften av jordens gravitation vid ytan. Solvinden verkar alltså inte behövas för att förklara hur atmosfären har försvunnit, och det är tur, annars skulle det vara svårt att förklara hur Venus har så tjock atmosfär trots att den saknar magnetfält och befinner sig i en omloppsbana mycket närmare solen.

### Solstormar trycker på

En kopia av de svenska instrumenten ASPERA-3 på Mars Express skickades även till Venus med den europeiska sonden Venus Express år 2006, där kallad ASPERA-4. Mätningarna från Venus Express och ASPERA-4 visade tydligt att även Venus förlorar mycket lite atmosfär till solvinden, istället har det visat sig att solvinden orsakar höga utflöden av jordens atmosfär, uppmätt av de europeiska Cluster-sonderna. Utflödena är speciellt kraftiga under solstormar då magnetosfären sätts i svängning och bland annat norrsknen uppstår. Med tanke på att Venus och jorden har ungefär samma massa och storlek kan det betyda att jordens magnetfält, snarare än att skydda planeten från



SOLVINDEN VS. JORDEN ...

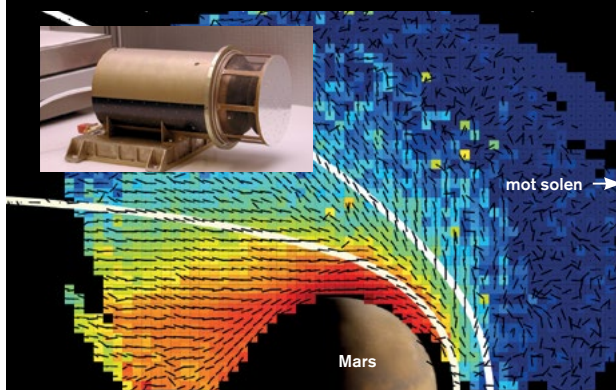
BILD: NASA



... OCH MARS

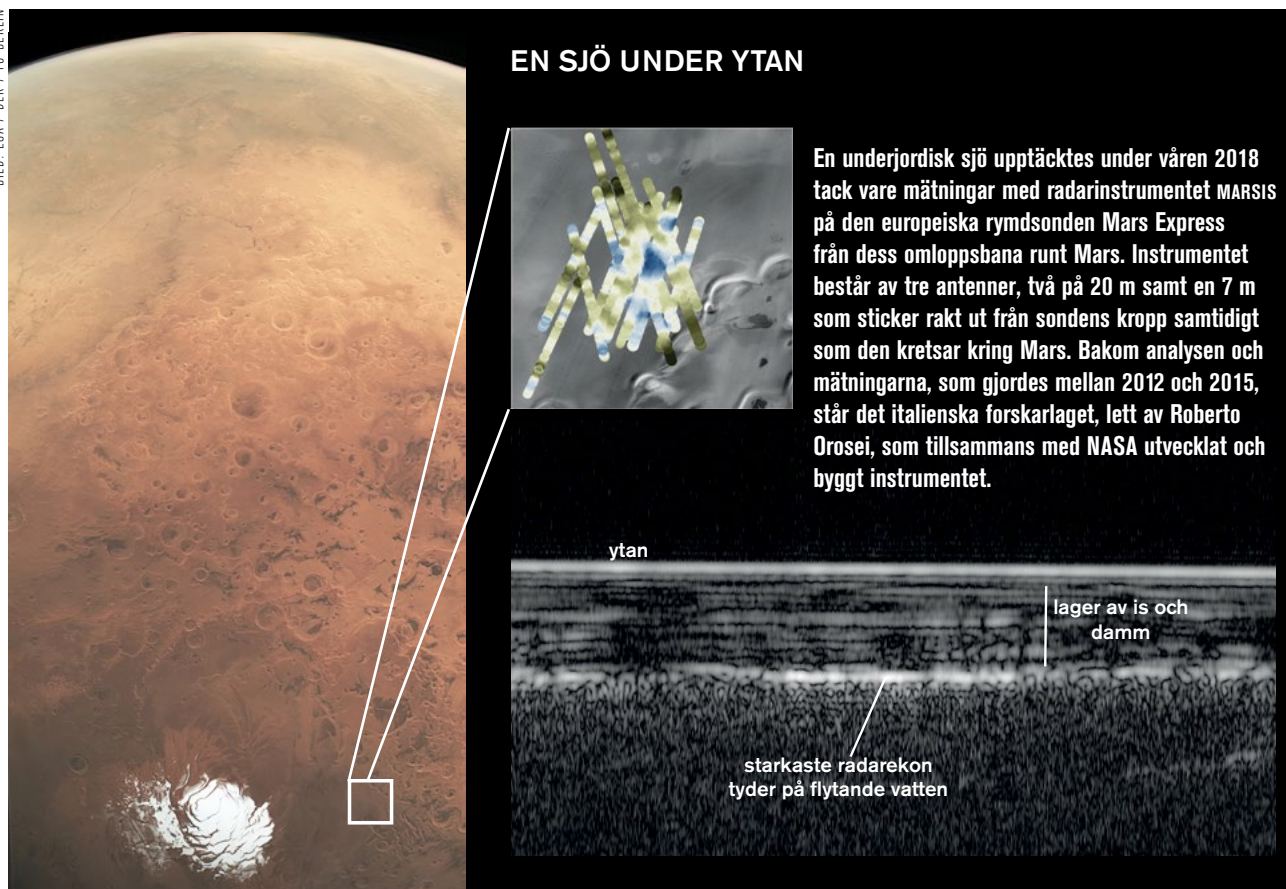
BILD: NASA

Överst: Jordens magnetfält, illustrerad i blått, skapar en bubbla i solvinden, en magnetosfär. Ovan: Solvinden kommer mycket närmare Mars eftersom planeten saknar ett globalt magnetfält.



Så blåser solvinden på Mars atmosfär. Under 15 år har det svenska instrumentet ASPERA-3 (illa bilden) ombord på den europeiska rymdsonden Mars Express kartlagt atmosfärsutflödet som drivs av solvinden i form av syrejoner. Solvinden blåser från höger till vänster i bilden. Röda färger visar höga flöden av joner och blåa färger visar låga flöden.

BILD: ESA / DLR / FU BERLIN



BILDER: THEMIS BACKGROUND - NASA/JPL-CALTECH/ARIZONA STATE UNIVERSITY; MARSIS DATA: ESA/NASA/JPL/ASI/UNIV. ROME; R. OROSEI ET AL. 2018

solvinden, kan kanalisera solvindens energi ner i den joniserade atmosfären (jonosfären) runt polarregionerna och få atmosfären att fly ut i rymden.

## Nya upptäckter väntar

Kanske är vi efter miljontals mätningar, möjliggjorda av sonder från flera länder där Sverige haft en stor medverkan, på väg att kunna förklara vad som gör en planet beboelig över tid, varför Mars är röd och kall istället för blå och behaglig som jorden, eller gul och glödhet som Venus. Att använda planeterna i vårt solsystem som ett slags laboratorium hjälper oss även att förstå vilka av alla tusentals planeter som upptäckts runt andra stjärnor som är beboeliga och varför. Nu är det en spännande tid att vara planetforskare.

Det mesta av Mars atmosfär må ha försvunnit för länge sedan, dess växthuseffekt kollapsat och den större delen av vattnet som finns kvar på ytan är nu låst som is i polarregionerna. Men om liv uppstod under planetens första miljard år, som det gjorde under liknande förutsättningar på jorden, då kan det finnas kvar ännu och väntar på att upptäckas. Ytan är ogästvänlig, den badas i flera slags destruktiv joniserande strålning, den innehåller salter som blir frätande i kontakt med vatten, men är ändå alldeles för kall för att flytande vatten ska kunna existera i ett stabilt tillstånd.

## Underjordiska sjöar

Under ytan råder helt andra möjligheter, underjordiska grottor och vattentäkter är skyddade från strålning och erbjuder miljömässigt stabila förutsättningar. De flesta sådana miljöer är svåra att undersöka även på jorden, men tillåter specialiserade livsformer att existera och frodas. Ett sådant exempel på jorden är Vostoksjön under Antarktens istäcke, en underjordisk sjö täckt av 4 km is som kan innehålla avkomman från de livsformer som blev inlåsta när området först täcktes med snö och is för miljontals år sedan. En liknande underjordisk sjö har nyligen upptäckts på Mars med radarinstrumentet MARSIS på just Mars Express. Radarn skickar ut radiovågor som kan penetrera polarisen runt Mars sydpol, och reflektionerna visar på ett lager med flytande vatten begravt under ett ungefär 1,5 km tjockt islager.

En sådan miljö kan teoretiskt fungera som skydd för avkomman till de organismer som potentiellt uppkom för 3,5–4,2 miljarder år sedan, när Marsytan var gynnsam för liv. Lyckades liv uppstå oberoende på både vår planet och vår näst-närmaste grannplanet? Om det stämmer är det högst sannolikt att liv också har uppstått på många planeter utanför solsystemet. ★

ROBIN RAMSTAD är forskare vid University of Colorado i Boulder, USA. Han var tidigare doktorand vid Umeå universitet och Institutet för rymdfysik i Kiruna.