

En vind som på Mars

- unikke forsøg i Århus

Hvad sker der, når det blæser på Mars? Hvilke partikler bliver flyttet af vinden, og hvad betyder det for en mission til Mars? Disse spørgsmål prøver danske forskere at besvare i øjeblikket.

Af Jørgen Dahlgaard efter interview med Jonathan Merrison

■ Et af de vigtigste videnskabelige mål for NASA er at forstå og forklare livets opståen og udvikling. Her er udforskningen af planeten Mars blevet en vigtig brik, og et centralt spørgsmål er, om der er eller har været liv på planeten. I år er der fremkommet stærke indicier for, at der findes vand på Mars den dag i dag. Danske forskergrupper med fysikeren Jens Martin Knudsen som primus motor er med i denne udfordrende jagt på livets gåde. Danskerne arbejder med magneter, magnetisme, jernmineralogi og den røde marsjord.

Mars i kælder

Et lille stykke Mars er skabt i en kælder i Århus, hvor et Marslaboratorium er opbygget i løbet af de sidste to år. På flere måder søger man her at simulere forholdene på overfladen af Mars i en stor prøvetank af jern, som blandt andet rummer en lille vindtunnel. Her får man mere at vide om de mulige forhold på planeten, og især om samspillet mellem marsatmosfæren og marsstøvet (marsjorden). Forholdene er meget

forskellige fra forholdene på Jorden, og i tanken skal udstyr testes til brug for kommende missioner til Mars.

Prøvetanken kan pumpes tom for atmosfærisk luft og fyldes med luftarter, sådan at man får en atmosfære, som er meget lig den på Mars. Hovedparten af atmosfæren består af kuldioxid (95,3%) og kvælstof (2,7%) samt argon (1,6%). Desuden er der spor af ilt (0,15%) og vanddamp (0,03%). Alligevel ser man enorme støvstorme med store vindhastigheder i den tynde atmosfære på Mars med en varighed af op til flere måneder.

Vinden kan transportere store mængder af fint støv rundt, og det kan være et problem for kommende missioner til Mars. Det fine støv er en vigtig miljøfaktor på Mars. Støvet vil sætte sig på alle instrumentoverflader, hvilket kan ødelægge instrumenterne pga. elektriske udladninger og mekaniske nedbrud.

Hvordan skal instrumenterne konstrueres for at virke bedst muligt på den fremmede planet, og hvordan undersøger man det røde marsstøv? Disse



Foto: Jens Kjeldsen, IFA

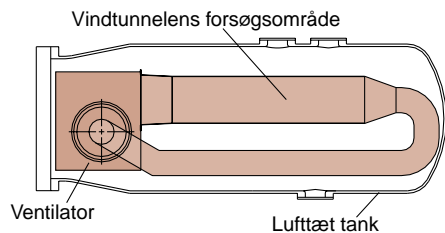
Et kig ind i vindtunnelen med forsøgsområdet, hvor det røde lys fra laser-doppleren kan anes. Tunnelens indre er farvet rød pga. støv. Lektor Per Nørnberg kigger med.

og en lang række af andre spørgsmål trænger sig på, og derfor er det nødvendigt at lave forsøg, hvor man efterligner forholdene på Mars.

Prøvetanken og vindtunnelen

Marstanken i Århus er 3 meter lang samt 1 meter i diameter. Inde i den lufttætte tank er der placeret en lille vindtunnel, som kan præstere vindhastig-

heder op til 7 m/s, men normalt arbejder den med hastigheder på 0,5 – 2 m/s, som ud fra målingerne på Pathfindermissionen i 1997 er et realistisk niveau. Vindtunnelen består af et lukket rørsystem, hvor "luften" cirkulerer rundt ved hjælp af en ventilator (se figur). Støv og mineralprøver kommer ind i forsøgstanken via et tyndt rør. Det er en blanding af prøve og gas, som man blæser ind i tun-



Skitse af prøvetanken med vindtunnelen inden i.

nelen. Prøvemængde, tryk, sammensætningen af atmosfæren og vindhastigheden kan varieres umiddelbart, og det vil snart også være muligt at styre temperaturen.

Forskerne måler hastigheden af de enkelte partikler i luftstrømmen ved hjælp af et såkaldt *laser-doppler-anemometer*. Instrumentet giver også et mål for graden af turbulens i luftstrømmen, hvilket har stor betydning for transporten af partiklerne. Ved lave vindhastigheder og lavt tryk er der ikke meget turbulens på trods af, at vindtunnelen ikke er ret stor. (Se også boksen). Der er mulighed for at placere forskellige forsøgsobjekter inde i selve vindtunnelen, og via observationsvinduer kan man følge med i forsøgsudviklingen.

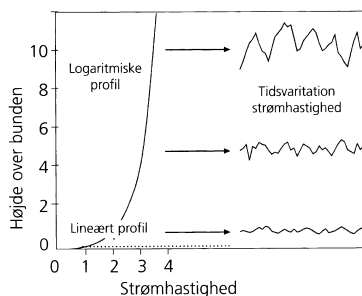
En jordprøve fra Mars, tak!

I sagens natur har forskerne ikke ægte prøver fra Mars at arbejde med endnu, og de har derfor været nødt til at finde noget materiale, som ligner mest muligt. Man mener, at marsstøvet består af sammensatte partikler med en gennemsnitlig størrelse på ca. 1,5 mikrometer. Den røde farve stammer fra jernoxider, der indeholder det magnetiske jernmineral maghemit (Fe_2O_3). De magnetiske egenskaber passer fint på dette stærkt magnetiske jernoxid, hvilket de danske magnetforsøg på Mars Pathfinder var med til at vise i 1997.

Det har vist sig, at jord fra Salten i Midtjylland tilsyneladende ligner marsstøvet meget. Den røde, stærkt jernholdige jord her blev opdaget ved en ren tilfældighed af fysikeren Henrik Loft Nielsen, og dannelsesmåden er genstand for in-

tensiv forskning i dag. Både geologer og mikrobiologer arbejder på flere projekter i den forbindelse, da der tilsyneladende, er tale om nogle specielle jordbundsprocesser i området ved Salten. Det store jernindhold stammer sandsynligvis fra geologiske lag, som indeholder mineralet pyrit (FeS_2). Jern fra pyrit, der iltes i den øverste del af grundvandszonen, holdes

Vind og vindtransport

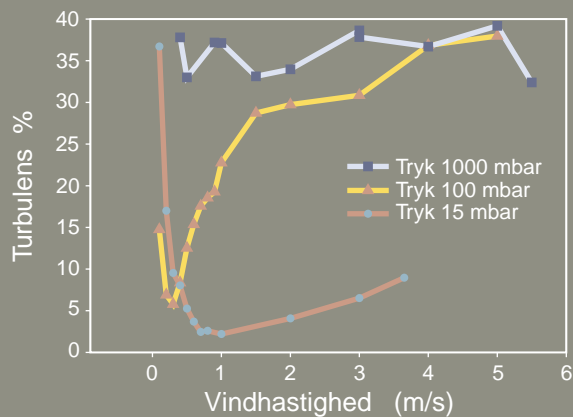


Skitse af et normalt vindprofil, som det kunne se ud på Mars, med laminær strømning helt nede ved bunden og turbulent strømning længere oppe. Omtegnet efter Kaj Sand Jensen.

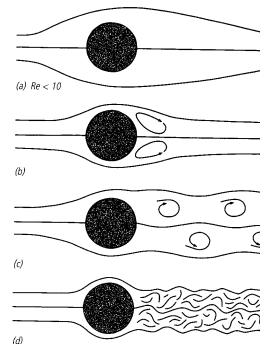
De fleste ved, at strømmende luft og vand kan flytte partikler. Når partikler flyttes af et medium som f.eks. luft eller en væske, er der en række størrelser, som man kan regne på. Desuden er der flere fysiske forhold og størrelser, som man skal have styr på, for at kunne regne rigtigt. Det handler om massefylde, kræfter, friktion og hastighedsgradier.

- Vindhastigheden.
- Er der tale om laminær eller turbulent strømning? Ved laminær strømning bevæger de enkelte "strømningslag" i mediet sig velordnet afsted oven på hinanden uden ud-

Tryk og turbulens



Måling af turbulens i vinden vha. laser-doppler-indrumentet. Der er målt midt i tunnelen på en "støvprøve" ved forskellig tryk og vindhastighed. Større tryk giver mere turbulens. Kilde: Merrison m.fl.



Strømning omkring en partikel ved laminær strømning, øverst og turbulent strømning nederst.

veksling af gas/væske mellem lagene (se figur). Ved turbulent strømning optræder der hvirvler og dermed en betydelig udveksling mellem lagene. Det er mere kompliceret at regne på den turbulente strømning.

- Mediets dynamiske viskositet er evnen til at hænge/klæbe sammen og modstå deformation. Viskositeten beregnes som kraft gange tid divideret med areal.
- Afledt af de to første arbejder man med det såkaldte *Reynoldstal* (Re), som er det dimensionsløse forhold mellem bevægelseskræfternes inerti og den dynamiske viskositet. Populært sagt, er tallet et index for, om en

strømning er laminær (dvs. Re er lille) eller turbulent (dvs. Re er stor). Marsatmosfæren har et ekstremt lille Reynoldstal og en meget stor dynamisk viskositet. Laminær-strømning forekommer ved lavere vindhastigheder på Mars.

- Friktion og dermed ruheden af den faste overflade.
- Størrelsen og densiteten af den partikel, som skal flyttes.

Hvis man regner på disse størrelser, når man f.eks. frem til, at den største kuglerunde partikel, som kan blæses rundt i luften ved Mars-tryk, er 16 μm i diameter ved en vindhastighed på 0,45 m/s.

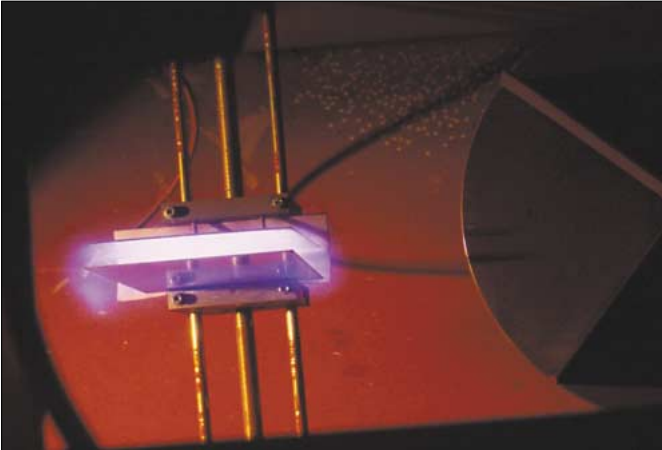
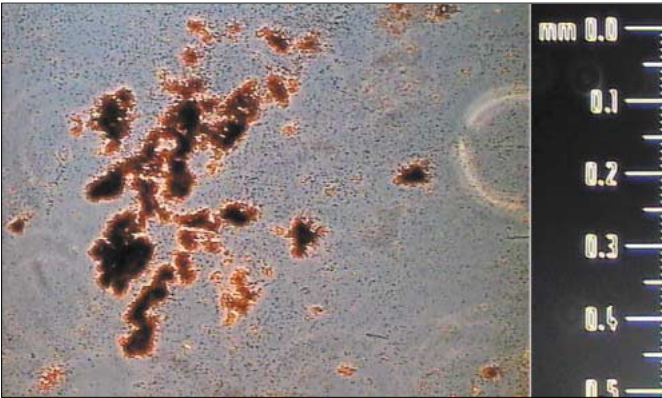


Foto: J. Dahlgaard

Her ses en elektrisk udladning under lavt tryk. Ofte opstår der en længerevarende lysende sky i stedet for en gnist eller et lyn. Spændingen er kun ca. 400 V; men kan alligevel trække meget lange gnister (25 cm).



Et mikroskopbillede af støv fra Salten, hvor man kan se, at partiklerne klumper sig sammen i større aggregater på grund af kohæsjon. Det betyder meget for transporten med vinden.



Billede fra vindtunnelen med en serie af magneter med forskellig styrke svarende til opstillingen på Mars Pathfinder. Magneterne fanger det magnetiske støv i varierende mængder. Marsgruppen i København er på vej med en ny type, som skal med til Mars i år 2003.

på opløst Fe^{2+} -form i den reducerende del af grundvandszonen. Hypotesen er, at mikroorganismer spiller en væsentlig rolle i dannelsesforløbet af det kemiske sediment, hvor bakterier er med til at oxidere jernet. Resultatet er, at jordprøver fra Salten kan bruges som en erstatning for rigtige prøver fra Mars i forbindelse med simulationsforsøg. Jorden skal dog behandles på forskellig måde, inden den kan bruges – den bliver rensat, og de større fraktioner bliver sigtet fra.

Til forsøgene anvender man også de rene mineraler i pulverform dvs. jernoxider såsom hæmatit (Fe_2O_3), magnetit (Fe_3O_4 – magnetjernsten) og maghemit. Hæmatit er et meget svagt magnetisk mineral, mens de to andre er stærkt magnetiske. Derfor må man forvente, at de opfører sig forskelligt, og især er gode til at teste magnetopstillinger og andre forsøg med.

Vindtransport, adhæsjon og kohæsjon

Når der er tale om partikler, som flyttes i en atmosfære, er der flere væsentlige fysiske forhold, som spiller en stor rolle. De små partikler op til ca. 2 mikrometer har en tendens til klæbe til alle overflader – man taler om adhæsjon. I vindtunnelen ses det ved, at det røde støv sætter sig overalt på væggene. Desuden har de enkelte små partikler en tendens til at klumpe sig sammen i større aggregater på grund af kohæsjon – de enkelte molekyler tiltrækker hinanden (som f.eks. en i vanddråbe). Disse egenskaber varierer fra stof til stof.

Det har vist sig, at især jorden fra Salten har en tendens til at klumpe sig sammen i større klumper eller aggregater (se foto), hvilket betyder meget for forsøgsresultaterne. De store aggregater kan ikke holde sig svævende i "luften" og falder hur-

Sidste nyt om vand og hæmatit



Foto: NASA/JPL/MSSS

Et af de nye billeder fra Mars taget af Mars Global Surveyor, som viser et udsnit af Holden Krateret med lagdelte sedimenter.

Billeder publiceret i Science i december fremlægger overbevisende indikationer på, at der tidligere har været vand i flydende form på Mars' overflade. Fundet af ens tykke aflejringer over store afstande tyder på, at der er tale om sedimentpakker af vand-aflejret materiale. (Kilde: Malin and Edgett 2000, Science 290, 1927 - Se også kort nyt side 23).

De seneste resultater af eksperimenter i marstanken viser, at mineralet hæmatit som antagelig er skyld i den røde farve på Mars opfører sig helt anderledes ved

trykket på Mars og ved vindhastigheder omkring 1 m/s, svarende til dem der blev målt på Pathfindermissionen.

Hæmatit, der ikke er videre magnetisk, sætter sig på magneteme fra Pathfinder på samme måde, som man så på billederne af landeren fra Mars, når eksperimenterne laves ved marstryk. Hvis det er hæmatit, der blæser rundt på Mars, er det en indikation mere på, at der har været flydende vand på planeten, fordi hæmatit må være dannet ud fra en jernfase, som er udfældet fra vand.

rigt ned på bunden af tunnelen. En del af forsøgene går ud på at finde ud af, hvor hurtigt støvpartiklerne aflejrer sig. Man er interesseret i at finde et tal for indholdet af partikler i "luften" bl.a. til brug for test af magneter m.m. i stil med dem, der var med på Pahtfinder. Det er spørgsmål som: Hvor gode er magneterne til at opfange hvilke mineraler, og hvad betyder partikelstørrelsen og vindhastigheden? Laser-doppler-anemometeret er her med til at give tal for antallet af partikler i "luften". Ved lave vindhastigheder og lave tryk får man et simpelt matematisk udtryk (tilnærmet) for sammenhængen mellem strømmen af partikler i "luften" og mængden af tilført prøve (se boksen).

Mars-magneter i tunnelen

Ligesom på Mars Pathfinder prøver man at opfange støvet ved hjælp af forskellige magneter (se fotos). På den måde simuleres forholdene for at finde ud af, hvad der betyder noget for indfangningen af støvet. Umiddelbart har det været svært at eftergøre resultaterne fra Mars Pathfinder 100%. Dog er et af resultaterne, at selv meget små læffekter fra småting i nærheden af magneterne betyder meget for evnen til at opfange støvmaterialet. Hvis vinden kun kommer fra én retning, får man et skævt billede, hvis man begynder at tolke på resultaterne fra magnetforsøgene. Desuden er det ikke sikkert, at de magnetiske egenskaber af støvet fra Salten er helt sammenlignelige med Mars-støvet, så der skal selvfølgelig være forskelle i resultaterne.

Forsøgene fortsætter nu med en nøjagtig kopi af en del af Pathfinder med magnetopstillingen bl.a. for at kunne iagttage eventuelle læffekter. Desuden kommer nye forsøg, hvor tanken køles ned til Mars temperatur på -70°C og fyldes med en marsatmosfære. Herudover arbejdes der på en ny og bedre udformning af selve vindtunnelen, sådan at vindforholdene kan simuleres endnu bedre.



Foto: Jens Kjeldsen, IFA

Jonathan Merrison kigger ned i vindtunnelen gennem ruden i toppen. Jerntanken er kørt til side.

Specielle elektriske fænomener på Mars

Den tynde mars-atmosfære giver anledning til helt specielle elektriske fænomener både mht. opladning, og også i forbindelse med afladning. Partik-

ler og genstande kan oplades elektrisk på forskellig måde som f.eks. ved photo-ionisation som følge af UV-lys og stråling fra Solen. Der er også den såkaldte tribo-elektriske-opladning, som sker ved at genstande gnider

mod hinanden. Støv, der blæser mod instrumenter m.m. på Mars, kan oplade disse så meget, at der kommer elektriske udladninger, som kan forstyrre målingerne og i værste fald ødelægge følsomme instrumenter.

Deltagere i Mars-projektet

En række Institutter er involveret i Mars-projektet i Danmark:

Geologisk Institut, Institut for Lagerrings-faciliteter, Institut for Fysik og Astronomi, alle tre Aarhus Universitet. De har netop har fået forlænget bevillingen fra ESA-følggeforskningsmidler.

Desuden deltager H.C. Ørsted Laboratoriet, NBI/AFG, Københavns Universitet, som får midler fra SNF.

Desuden er Kemisk Inst. ved både Københavns Universitet og KVL involveret. Og ydermere DTU, Technische Universität, München samt Jet-Propulsion Laboratory, Pasadena, California, USA.

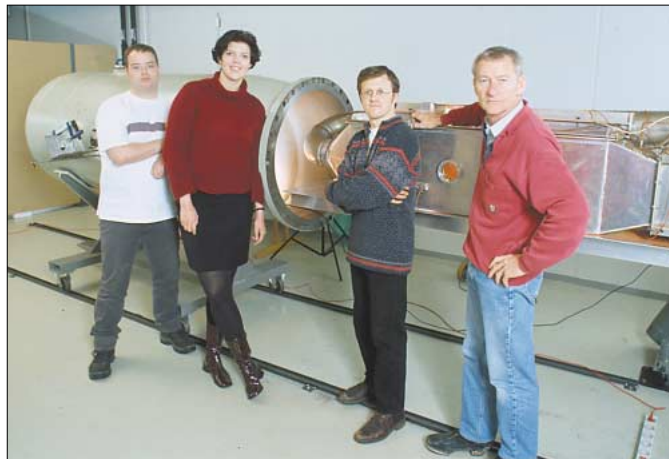


Foto: Jens Kjeldsen, IFA

Nogle af Århus forskerne samlet foran Marstanken: Fra højre ses Per Nørnberg, Jonathan Merrison, Lone Mossin og Jan Nielsen.

Udladningerne har en tendens til at vare i længere tid netop i det lave trykområde fra 5-9 mbar – man får en hel lysende sky (se foto). Jo mere støv der sætter sig på overfladerne, jo mere udpræget bliver tendensen

til elektriske udladninger. Støvet fremmer i øvrigt gnistdannelse, har man erfaret. Gnister er også iagttaget på marsudstyr i forbindelse med Pathfindermissionen. Det er vigtigt at kunne tage højde for

disse elektriske fænomener allerede på de næste missioner til Mars, hvorfor alt udstyret skal testes grundigt.

Mössbauer-spektrometer

Et af de nye og mere spændende instrumenter, som skal med allerede på NASA-missionerne til Mars i år 2003, er Mössbauer-spektrometret, så man har lidt travlt. Det er dr. Göstar Klingelhöfers gruppe på Darmstadt University of Technology, som bygger instrumentet og forskerne i Marsgruppen på Niels Bohr Institutet skal være med til at kalibrere det.

Mössbauer-spektrometri er en meget velegnet metode til at undersøge jernminerale og giver et meget præcist billede af både mineralogien og de magnetiske egenskaber. Metoden er ikke prøvet på en anden planet før, men man har meget store forventninger til den. Derfor skal denne specielle miniatureudgave af Mössbauer-spektrometret testes grundigt i Marstanken.

Danmark er for alvor ved at få en plads i den internationale Mars-forskning. Marsgrupperne har fået et stort ansvar langt på deres skuldre med grundig testing af udstyr og simulering af miljøforholdene på Mars. Og i sidste ende er de måske med til at besvare det store spørgsmål: Er der, eller har der været liv på Mars? ☺

Forfatter:

Jørgen Dahlgaard
Aktuel Naturvidenskab
Tlf.: 8942 5555
E-mail: jd@aktuelnat.au.dk

Kontakadresser:

Erik Uggerhøj
ISA (Institute for Storage
Ring Facilities - Aarhus)
eller
Per Nørnberg
Geologisk Institut
Ny Munkegade, Bygning 520
8000 Århus C
Tlf.: 8942 2899

Morten Bo Madsen

Mars Gruppen,
Ørsted Laboratoriet
Universitetsparken 5
2100 København Ø
Tlf.: 3532 0438

Hjemmesider:

Mars Gruppen, Kbh.:
<http://ntserv.fys.ku.dk/mars/>
Mars Gruppen, Århus:
www.isa.au.dk/marsweb/index.htm
Den danske Marsside:
www.marsnyt.dk
NASAs webportal til Mars-udforskningsprogrammet:
<http://mars.jpl.nasa.gov/>
De seneste billeder fra Mars:
www.msss.com/

Andet:

GeologiskNyt nr. 3-99
og Aktuel Naturvid. nr. 1-99.

Et nyt Planetcenter på vej?

Et Dansk Planetcenter til styrkelse og samling af planetforskningen i Danmark, foreslåes af astronomer, fysikere, geofysikere, geologer og biologer fra Københavns Universitet, Aarhus Universitet, Forskningscenter Risø, Dansk Rumforskningsinstitut, Nationalmuseet og Danmarks Tekniske Universitet.

Forskningen har hidtil i betydelig grad haft karakter af "niche-produktion" udført af enkeltpersoner eller små grupper fordelt på en række institutter, og dette giver problemer med den "kritiske masse" for de enkelte grupper.

Oprettelsen af et egentligt Dansk Planetcenter, vil styrke Danmarks mulighed for at deltage i international planetforskning på højt niveau, og samtidig skabe et frugtbart

miljø, som kan bære forskningen og undervisningen på universiteterne videre i de kommende årtier. Centeret skal beskæftige sig med:

- Anvendelse af målinger og observationer til at modellere forholdene på og omkring planeter.
- Overførelse af de videnskabelige metoder, hvormed forskerne har opnået international anerkendelse, fra terrestriske forskningsområder til planeterne.
- Deltagelse i udforskningen af planeter ved gennem nationalt og internationalt samarbejde at udvikle ideer og instrumenter til rummissioner.
- Fungere som et væsentligt uddannelsessted for studerende både på kandidat- og ph.d.-niveau.

Flere oplysninger på www.planetcenter.dk