

KVANT December 4 2012

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 23. årgang

TEMA: REJSER I TID OG RUM

- ORIONTÅGEN
- VENUSPIRATERNE
- TIDEN OG TIDSREJSER
- FREMTIDENS RUMFART – DRØMME OG VIRKELIGHED
- PARADOKSER I TIDSREJSEFILM
- WIETH-KNUDSEN OBSERVATORIET
- BOHR JUBILÆUMSÅR 2013
- NY ASTRONOMISK GUIDE
- PLANETKALENDER 2013
- KVANT-NYHEDER

Løssalgpris: 50 kr

KVANT

Tidsskrift for Fysik og Astronomi

c/o Niels Bohr Institutet
Universitetsparken 5
DK-2100 København Ø

Hjemmeside : www.kvant.dk
E-mail : kvant@kvant.dk
ISSN (trykt) : 0905-8893
ISSN (web) : 2245-4942

Udgives af

Astronomisk Selskab,
Dansk Fysisk Selskab,
Dansk Geofysisk Forening,
Selskabet for Naturlærens Udbredelse,

Redaktion

Michael Cramer Andersen (ansv. red.),
Christianshavns Gymnasium
Natalia Golubeva,
Aarhus Universitet
Mogens Esrom Larsen,
Institut for Matematiske Fag, KU
Steen Lærke (astro@kvant.dk),
Astronomisk Selskab
Sven Munk (nyhedsredaktør)
Jens Olaf Pepke Pedersen,
DTU Space
Finn Berg Rasmussen,
Ørsted Lab, Københavns Universitet
Svend Erik Rugh

Korrektur

Torben Westerberg

Foreningsrepræsentanter

Torben Lund Skovhus (SNU),
Teknologisk Institut

Abonnementspris : 180 kr/år.

Kvant udkommer 4 gange årligt og er medlemsblad for de udgivende selskaber.
Henvendelser vedr. abonnement til forretningsfører Lene Körner tlf. 35 32 07 62 (koerner@kvant.dk).

Annoncepriser

1/1 side: 3600 kr, 1/2 side: 2400 kr
1/4 side: 1600 kr.

Priserne er excl. moms og for reproklart materiale i farver. Henvendelser om annoncer til redaktøren, tlf. 22 67 26 42.

Tryk

HCB Tryk ApS, Brønderslev.
Oplag: 2300.

Produktionsplan

Nr. 1-13 udkommer ca. 15. marts
Nr. 2-13 udkommer ca. 15. maj
Deadline for mindre bidrag og annoncer er ca. en måned før, længere artikler skal modtages to måneder før.

Indhold:

Rejser i tid og rum – fra science fiction til science fact <i>Malene Steen Nielsen Flagga</i>	3
Venuspiraterne <i>Mogens Esrom Larsen</i>	4
Fremtidens rumfart – drømme og virkelighed <i>Steen Eiler Jørgensen</i>	6
Tiden og tidsrejser <i>Christian Schultz</i>	12
Foreningsnyt – foredrag i foråret	16
Planetkalender 2013 <i>Martin Götz</i>	17
Galleri <i>Michael Cramer Andersen</i>	18
Stjernehimlen <i>Michael Cramer Andersen</i>	19
Oriøntågen <i>Michael Quaade</i>	20
Ny udgave af astronomisk guide <i>Michael Quaade</i>	21
Paradokser i tidsrejsefilm <i>Michael Cramer Andersen</i>	22
Kræftvækst – breddeopgave 52 med didaktisk kommentar <i>Jens Højgaard Jensen</i>	27
KVANT-nyheder <i>Sven Munk</i>	29
Aktuelle bøger <i>Jens Olaf Pepke Pedersen og Michael Cramer Andersen</i>	31
Wieth-Knudsen Observatoriet <i>Michael Quaade</i>	34
Bohr jubilæumsår 2013 <i>Kvant</i>	Bagsiden

Billedet på forsiden viser Oriøntågen, der er et stjernedannelsesområde i stjernebilledet Orion. Læs mere om denne i Michael Quaades artikel. NASA/ESA HST Orion Treasury Project Team 2006.

I dette nummer berøres temaet "Fysik og science fiction" på flere måder. Det sker især i forbindelse med rumrejser og tidsrejser. Rumrejserne var engang kun en drøm men kan i dag gennemføres og der drømmes stadig om fjernere rejsemål. Tidsrejserne hører, så vidt vides, endnu kun til i drømmenes verden, men er ikke direkte forbudte, ifølge fysikkens love. Hvis tidsrejser en dag realiseres, skal man passe på alle de paradokser de medfører.



KVANT udsendes gratis til alle landets gymnasier, seminarier og HTX-kurser med velvillig økonomisk støtte fra Niels Bohr Institutet (KU), Institut for Fysik og Astronomi (AU), Institut for Fysik og Kemi (SDU), Institut for Fysik og Nanoteknologi (AAU), DTU Fysik og DTU Nanotech.

Rejser i tid og rum – fra science fiction til science fact

Af Malene Steen Nielsen Flagga, Ordrup Gymnasium

Tidsrejser har været et yndet emne inden for science-fiction-genren, siden den så sin begyndelse i 1800-tallet. Fra Mark Twains *A Connecticut Yankee on King Arthur's Court* i 1889, TV-serier som *Time Tunnel*, *Doctor Who* og *Torchwood* til biograffilmene *Back to the Future* og *Minority Report*. Rejser i tid og de tilhørende paradokser og muligheder for at ændre historien dukker op overalt, og så har science-fiction-genren faktisk påvirket og inspireret den virkelige verdens fysikstudier af tids- og rumrejser.

Vi befinder os i begyndelsen af 1980'erne. Astronomen og sci-fi-forfatteren Carl Sagan er i gang med sit nye værk, og er stødt på et problem. I hans nye historie skal hans heltinde rejse ud til en planet omkring stjernen Vega, 25 lysår borte, og den gode Sagan vil gerne have en bare nogenlunde fysisk fornuftig rejsemetode. Først bruger han i sin bog et sort hul, der skal slynge protagonisten millioner og milliarder af km gennem rummet, men der er noget galt. Sagan ved godt, at han som science-fiction-forfatter bare er ved at skrive en god historie, men som videnskabsmand generer det ham, at hans stjernerejse måske er fysisk umulig. Han tager derfor kontakt til fysikprofessor Kip Thorne, en ekspert i astro- og gravitationsfysik ved California Institute of Technology og viser ham rejse-metoden. Thorne ryster på hovedet.

Men fysikprofessoren giver opgaven med at finde en fysisk plausibel rejsemetode mellem stjernerne videre til to af sine phd-studerende, Morris og Yurtsever, der graver et gammelt Einstein-projekt frem.

Tilbage i 1930'erne havde Albert Einstein og kollegaen Nathan Rosen arbejdet med en kompliceret afstandsmåler for rum og tid, som mest af alt lignede et rør, der forbandt to adskilte dele af rummet. Formålet med projektet var at studere problemet omkring en punktladning, der – fordi punktladninger har udstrækningen 0 – den dag i dag kan give fysikere grå hår i hovedet. Einstein og Rosen arbejdede med en mikroskopisk forbindelse og fik ikke løst problemet. I 1960'erne slog fysikprofessoren John A. Wheeler endda fast, at Einstein-Rosen broen var ustabil, og ville kollapse, før så meget som en foton kunne snige sig gennem.

Men nu indså Morris og Yurtsever, at de ved at manipulere med horisonter og koordinater, kunne skabe et stabilt ormehul, man kunne rejse igennem. En gravitationel genvej, der forbinder to fjernt adskilte egne af Universet, og tillader rejser til fjerne egne af rummet på kort tid. Carl Sagan var begejstret og der optræder derfor et ormehul i hans roman *Contact*, som i 1990'erne blev filmatiseret med Jodie Foster i

hovedrollen.

Thorne, Morris og Yurtsever udgav fra 1988 og frem en række fysikartikler, hvor de studerede ormehuller og en af disse gravitationelle smuthullers konsekvenser: For hvis du kan forbinde to fjernt adskilte egne af rummet med et ormehul, hvad så med to fjernt adskilte egne af tiden? Hvis jeg laver et ormehul (med eksotisk stofs negative energitæthed, så jeg bryder den svage energibetingelse i processen), og så accelerer den ene "indgang" op til nær lysets hastighed, så får jeg jo, pga. tidsforkortelsen, rykket den ene munding ind i fremtiden i forhold til den anden. Det kan jeg også vælge at kalde "jeg har rykket den ene munding bagud, i tid i forhold til den første". Og hvad vil der så ske, hvis jeg rejser bagud og slår mig selv ihjel i fortiden, og altså inden jeg er taget afsted?

Stephen Hawking konstaterede engang, at det empiriske bevis mod tidsrejser er den totale mangel på turister fra fremtiden. Hvis først tidsrejseteknologien bliver opfundet, er det kun et spørgsmål om tid, før den bliver billig og hvermandseje, og ingen argumenter kan forklare hvorfor lige "nu og her" er fuldstændig blæst for fremtidens "tempora-trottere". Igor Novikov bemærkede, at vi først lige skal have opfundet tidsrejseteknologien, da den vil have en "indgang" og en "udgang" som i ormehulsudgaven. Man kan altså ikke rejse længere bagud i tid end opfindelsen af udgangen. Hawkings argument er rettet mod tidsrejseaggregater ala H.G. Wells maskine eller den berømte *DeLorean* fra *Back to the Future*-filmene, og så er vi lige vidt.

Rejser ind i fremtiden kræver 'bare' evnen til at nå op nær lysets hastighed, så ankommer jeg automatisk i næste uge før alle andre. Det er de lukkede tidslige kurver, rejserne bagud i tid, som er fulde af paradokser og andet snask.

Umiddelbart vil den nemmeste løsning på problemet være, hvis Universet er udstyret med en slags global kronologibeskyttelse. Ormehuller er "go", men forsøg på at manipulere dem til at blive tidsmaskiner resulterer ganske prompte i et kollaps af tunnelen, og nyere forskning i emnet tyder da også på at det er skæbnen for tidsmaskineormehuller. Til gengæld medfører stabil kausalitet for en rumtid, at omtalte rumtid er randen af et 5-dimensionelt Univers [1], og hvad vil vi helst have? Problemer med tidsrejser eller være en rand? Sidstnævnte giver naturligvis mulighed for at regne med topologiske Lagrange-funktioner, og lave mangfoldigheder, hvor tiden kan opfattes som en kompleks størrelse med udsigter til en helt ny slags kvantegravitation. Der skal bare opfindes ny matematik til at arbejde med underliggende felter af typen $C \times R^3$.

Rejser ud blandt stjernerne med ormehuller vil stadig være mulige, selv hvis vi må opgive håbet om at lave rav i tidstabellen. Professor Kip Thorne er blevet bedt om at spille sig selv i den nye Steven Spielberg film INTERSTELLAR, skrevet af Jonathan Nolan, og som fysisk korrekt skal beskrive en gruppe opdagelsesrejsende, der bruger et ormehul, à la den gode CALTECH-professor. Filmen får efter planen premiere i november 2014.

Litteratur

- [1] Malene Steen Nielsen Flagg og Frank Antonson, Space-Time Topology (II)-Causality, the Fourth Stiefel-Whitney Class and Space-Time as a Boundary, *International Journal of Theoretical Physics*, sept. 2004, bind 43, nr. 9, s. 1917-1930.



Malene Steen Nielsen Flagg er cand.scient fra Niels Bohr Institutet og har skrevet speciale i teoretisk fysik om ormehuller og tidsrejser. Hun underviser på Ordrup Gymnasium og arbejder med videnskabsformidling.

Venuspiraterne

Af Mogens Esrom Larsen, Institut for Matematiske Fag, Matematisk Afdeling, Københavns Universitet

I bogen "Venuspiraterne", af forfatteren af Tarzan-bøgerne, finder man flere morsomme matematiske pointer.

Wikipedia giver nogle klassiske eksempler på romaner med motiver fra en teknisk forskellig fremtid, fx H.G. Wells' "Kloderne kamp" og "Tidsmaskinen", Jules Vernes "En verdensomsejling under havet", men sjovt nok ikke "Rejsen til Månen", Aldous Huxleys "Fagre nye verden" og George Orwells "1984", men ikke Ray Bradburys "Fahrenheit 451". Flere af disse er såkaldte dystopier – det modsatte af utopier, altså skræmmebilleder. Men teknikken er i højsædet, fx i 1984 ser TV på dig, når du ser på det. Det er jo inden for mulighedernes grænser i dag.

Tarzans forfatter skrev også science fiction

En af forrige århundredes meget læste forfattere, Edgar Rice Burroughs (1875-1950), især kendt for 19 bøger om Tarzan, skrev også adskillige science fiction¹ romaner, mange med handlingen henlagt til Mars, men også et par med handlingen på Venus. Den første af de sidste, "Venuspiraterne," fra 1931 anses i øvrigt for at være forfatterens bedste roman. Den findes i dansk oversættelse fra 1939. Den vil jeg nævne for to forhold, der begges har nogle morsomme matematiske pointer!

Det komplekse tal

Jeg læste romanen – så vidt jeg husker – i 1953, da jeg gik i 4. klasse. Og på side 47 nederste sætning står der: "Jeg indsa, at det var haabløst at sige mere. Man kan ikke diskutere med en Mand, der kan multiplicere noget

med Kvadratroden af $\div 1$!". Jeg er sikker på, at det var mit første møde med et komplekst tal.



Figur 1. "Venuspiraterne", skrevet af Edgar Rice Burroughs (1931), her i den danske oversættelse fra 1939.

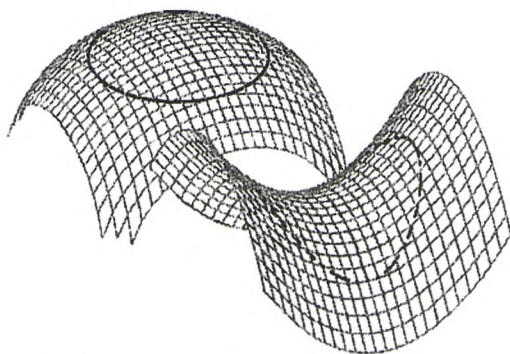
¹Der er vist ingen god dansk oversættelse af "science fiction."

Hovedproblemet

Men den idé, der fascinerer mig mest er den, at Venus er dækket af et tykt skylag. Indbyggerne har derfor umiddelbart svært ved at se kloden udefra og erkende dens kugleform. Samtidig er polerne så kolde og tropébæltet så varmt, at man ikke kan rejse gennem disse områder. Beboerne befinder sig derfor i en tempereret ring. Forfatteren lader indbyggerne leve i den tro, at deres planet er flad, selv om det gav anledning til nogle uforståelige måleresultater. At de kunne have erkendt overfladens krumning ved interne målinger i fladen, ville have været en smuk pointe fra Burroughs' side, men hans kendskab til den analyse af fladers krumning, som *C.F. Gauß* (1777-1855) gennemførte, var desværre begrænset – for ikke at sige ikke-eksisterende. Så han lader teorien ende med svadaen: "Alle disse tilsyneladende Uoverensstemmelser," sluttede han en lang Udredning, "forvirrede ogsaa de gamle Videnskabsmænd indtil for ca. 3000 Aar siden, da Klufar, den store Matematiker, fandt Teorien om Afstandenes Relativitet og beviste, at Afstandenes sande Størrelse og deres udmaalte Størrelse kunde bringes i Overensstemmelse ved at multiplicere dem begge med Kvadratroden af $\div 1$ ". At to størrelser skulle komme bedre i overensstemmelse ved multiplikation med et tal, forekommer kun når tallet er 0.

Man smiler ved tanken om, hvad Venusbeboerne kunne have gjort

Henvist til at bevæge sig på en overflade kan de stadig tegne cirkler, der er som min mellemskoles, tegnet på fladen med en strakt snor og et stykke kridt. Og med et målebånd kan man også finde cirkelperiferiens længde og sammenligne med længden af en cirkel med samme radius på en plan flade (tavlen?).



Figur 2. Omkredsen er mindre end $2\pi r$ på en sfære (bagest t.v.), men større end $2\pi r$ på en sadel (forrest t.h.) [2].

Hvis nu Venus var kegleformet, (isvaffel), så ville disse målinger stemme overens, fordi kegler er udfoldelige. Og hvis Venus havde form som en torus (badering), så ville periferien være for kort langs yderringen og for lang langs inderringen. Hvis derimod Venus har form som en kugle, (bold), så er periferien for kort og med samme længde overalt på fladen.

Planeters størrelse

Men ikke nok med det, for afvigelsen afhænger af planetens faktiske størrelse. Merkur er langt krummere end Jupiter. Man definerer et mål, κ , for krumningen ved ligningen:

$$\kappa = \lim_{r \rightarrow 0} \left(\frac{3}{\pi} \right) \frac{2\pi r - C(r)}{r^3}, \quad (1)$$

hvor $C(r)$ er længden af den målte cirkel med radius r på overfladen. På en planet (kugle) med radius R får man:

$$\kappa = \frac{1}{R^2}. \quad (2)$$

Jordens radius

På vor solbeskinnede planet fandt *Eratosthenes* (ca 230 fvt) på at udnytte netop Solen med den rimelige antagelse, at solens stråler er parallelle. Han målte solstrålernes vinkler med lodlinien i Alexandria og Syene (det nuværende Aswan), så med opmålingen af afstanden mellem byerne var han i stand til at beregne Jordens radius! Afstandens nøjagtige opmåling var hans største problem!

Slutbemærkning

Det er vist ganske naturligt, at der så sjældent optræder matematiske problemer i science fiction: der findes meget få matematiske problemer, der kan få læseren op af stolen. I tilfældet "Venuspiraterne" gik en oplagt mulighed tabt.

Litteratur

- [1] Edgar Rice Burroughs, *Venuspiraterne*, Frederik E. Pedersens Forlag 1939
- [2] Timothy G. Feeman: *Portraits of the Earth*. AMS 2002.



Mogens Esrom Larsen er tidligere lektor i matematik på Københavns Universitet og har været redaktør ved *Kvant* siden starten.

Fremtidens rumfart – drømme og virkelighed

Steen Eiler Jørgensen

Vil rummet fortsat næsten udelukkende være en arena for forskningsmæssig anvendelse, med en håndfuld ubemandede opsendelser årligt? Eller vil private virksomheder gradvist omdanne rummet til et “vilde vesten”, hvor unikke omgivelser kombineret med et juridisk vakuum vil skabe muligheder for økonomisk vækst?

Rumfart er et af menneskehedens seneste påhit – vi har kun kunnet sende mennesker ud i rummet de sidste halvtreds års tid. Rumfarten opstod i de teknologibegejstrede 1950'ere, og udviklede sig i 1960'erne hvor troen på en storslået fremtid var fremherskende. Der var ikke langt fra Neil Armstrongs første skridt på Månen til drømme om interstellare rumskibe eller byer på Månen og Mars.

Årtierne efter månelandingerne skulle vise sig at forløbe meget anderledes. Uden et kapløb mellem supermagterne var det svært at skaffe støtte til vidtrækkende rumprogrammer. Rumfart de sidste tredive års tid har fordelt sig på kommercielle kommunikationssatellitter, bemandede rumskibe i kredsløb om jorden og ubemandet udforskning af solsystemet, galaksen og universet.

Rumfarten befinder sig i dag ved en skillevej. I takt med at de offentlige og statsfinansierede, bemandede rumprogrammer indskrænkes, tegner der sig et billede af en ikke alt for fjern fremtid, hvor kommerciel, bemandet rumfart i privat regi vil vokse.

Drømme og virkelighed

Titlen på denne artikel formulerer det skisma, der altid har været mellem hvordan mange drømmer om, at en fremtid for menneskeheden i rummet kunne se ud, og de politiske og økonomiske realiteter, som dikterer vores verden.

At drømmene har overlevet langt ind i 1980'erne og 1990'erne – ja, nogen vil endda mene helt til og med i dag – er nok fordi mange ikke kender årsagen til, at vi begav os ud i rummet i første omgang. Når politikere skal skaffe finansiering til rumprojekter, lyder det ofte, at vi skal udforske rummet, fordi det er vores natur; fordi vi mennesker nu engang er udforskende væsener.

Og det kan sagtens være tilfældet, men det var ikke derfor, vi begyndte at rejse i rummet – det var på grund af stormagtsrivalisering. Men fordi mange ikke havde indset det, har man jævnligt kunnet høre, at en tilbagevenden til Månen nok var 15–20 år ude i fremtiden, mens en bemandet mission til Mars nok var 25–30 år ude i fremtiden. Sådan hed det sig i 1970'erne, og sådan hedder det sig den dag i dag.

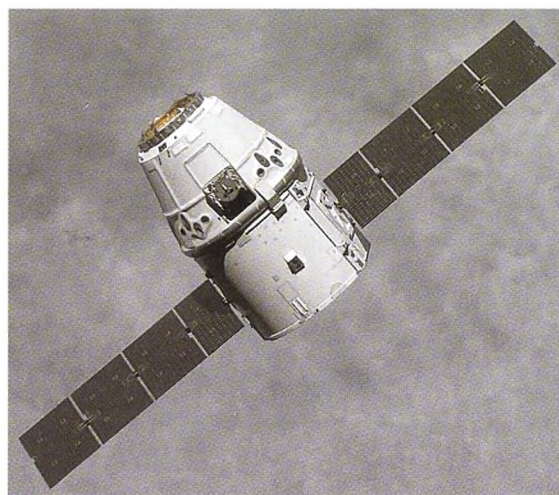
Der synes ikke længere at være nogen sammenhæng mellem hvad folk tror, der vil ske, og hvad der faktisk sker. Så lad os lægge ud med at kigge på, hvad der rent

faktisk sker.

USAs bemandede rumprogram

Fra 1981 til 2011 udgjorde rumfærgerne kernen i det bemandede, amerikanske rumprogram. I mere end 30 år opsendte fem rumfærger hundredevis af astronauter. Efter Challenger-ulykken 1986 besluttede man at forbedre rumfærgernes sikkerhed, men efter Columbia-ulykken i 2003 stod det klart, at rumfærgerne stadig var unødigt usikre, og at USA ville få brug for en sikrere og frem for alt billigere adgang til rummet. Det fik daværende præsident George W. Bush til at sætte et studie i gang, der skulle finde frem til det næste, amerikanske rumtransportsystem. Resultatet var en række nye raketter og rumskibe, kaldet Constellation-programmet, som blev forsøgt udviklet, men som den efterfølgende Obama-administration hurtigt sløjfede.

USAs nyligt genvalgte præsident, Barack Obama, udstak i 2010 en ny langsigtet retning for det amerikanske rumprogram: NASA skal primært *forske* i rummet, og i stigende grad ikke selv designe og konstruere raketter og rumskibe. Hvis man skal bruge en raketopsendelse, må man købe den på det kommercielle marked. Indtil videre udvikler NASA dog selv et rumskib, Orion, som skal kunne transportere fire personer til lavt jordkredsløb eller til Månen.



Figur 1. Fragtrumskibet “Dragon”, bygget af det private rumfirma SpaceX, her ved en opsendelse med levering af materiel til Den internationale rumstation i maj 2012.

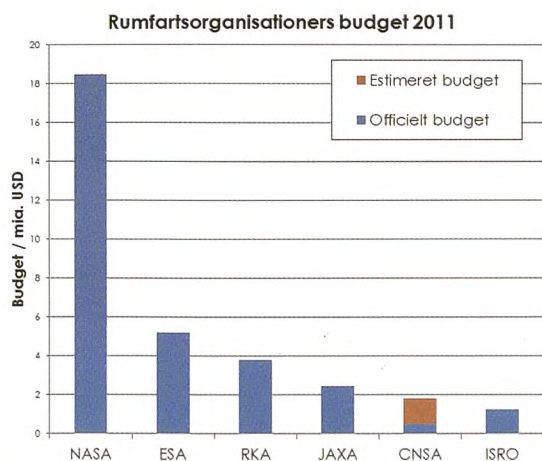
Det primære problem med denne fremgangsmåde er naturligvis, at der endnu ikke findes et kommercielt marked. Det er dog hastigt på vej. Her udmærker særligt firmaet SpaceX sig; de har på få år bygget to løfteraketter, Falcon 1 og Falcon 9, samt et tryksat fragtrumskib, Dragon, som allerede har besøgt Den internationale rumstation ISS, se figur 1. SpaceX arbejder pt. på at få Dragon *man-rated*, dvs. godkendt til bemandede flyvninger.

De amerikanske rumfærger Discovery, Atlantis og Endeavour er gået på pension, og er ved at blive installeret på museer i USA. Der var ingen afløser klar, da den sidste rumfærge landede, hvorfor USA i dag må se sig selv uden mulighed for at sende folk ud i rummet – en situation de ikke har været i siden perioden fra 1975 til 1981, hvor rumfærgesystemet blev udviklet.

Amerikanerne er i stedet henvist til at opsende deres statsborgere med russiske Sojuz-rumskibe og Sojuz-raketter. For at øge kapaciteten har den statslige, russiske rumfartsorganisation RKA indgået aftale med den europæiske rumfartsorganisation ESA om at opsende Sojuz-raketter fra den europæiske rumhavn i Kourou i Fransk Guyana i det nordlige Sydamerika.

Ruslands rumprogram

Halvdelen af det russiske rumbudget bruges pt. på bemanded rumfart, pga. Ruslands forpligtelser i forhold til den internationale rumstation. Rusland er dermed det land, der bruger langt den største del af deres budget på ISS, hvilket selvfølgelig går ud over andre programmer. Men Rusland har ikke desto mindre planer om et nyt bemanded rumskib som afløser for det aldrende Sojuz-rumskib, ubemandede missioner til Månen, Venus og Mars samt den nye Angara-raket og færdiggørelse af det russiske satellitnavigationssystem, GLONASS.



Figur 2. Sammenligning af budgetterne for forskellige statslige rumfartsorganisationer.

Kinas rumprogram

Det kinesiske rumprogram er forholdsvis nyt, men har udviklet sig meget hurtigt. Kinas første bemandede mission foregik så sent som i 2003, men siden da har Kina opsendt en rumstation og to bemandede missioner til den.

Figur 2 viser en sammenligning mellem budgetterne for en række rumfartsorganisationer. Kina skiller sig her ud ved at være det eneste rumagentur, som både har et officielt og et uofficielt budget.

Det kinesiske rumprogram er derfor værd at lægge mærke til: Det er ikke underlagt demokratisk kontrol, og dermed heller ikke de mange begrænsninger, de fleste andre er underlagt. Hvis Kina beslutter sig for at sende et menneske til Månen eller Mars, er der ringe risiko for, at den næste administration aflyser disse planer 5–8 år senere.

Europa i rummet

Den europæiske rumorganisation ESA er aktiv på mange fronter, både indenfor bemanded og ubemanded rumfart. På den bemandede side er der 14 medlemmer af det europæiske astronautkorps, og der er regelmæssigt europæiske astronauter på den internationale rumstation. ESA står også bag ATV, Automated Transfer Vehicle, som er et ubemanded rumskib, der kan dokke med ISS automatisk. I 2008 annoncerede det store europæiske rumfartsfirma EADS Astrium og den tyske rumfartsorganisation DLR, at de ville arbejde på at udvikle en bemanded version af ATV'en.

ESA driver en lang række rumbaserede astronomiske observatorier, jordobservationssatellitter og interplanetariske rumsonder, og der er endnu flere på vej. Dertil kommer det europæiske satellitnavigationssystem, Galileo, der forventes at være klar til brug i 2019.

ESA har desuden et langsigtet program for bemanded udforskning af Solsystemet, "Aurora", hvis primære formål er at "skabe og implementere en langsigtet, europæisk plan for ubemanded og bemanded udforskning af Solsystemet med Mars, Månen og asteroiderne som de mest sandsynlige mål." Aurora-programmets hjemmeside har dog ikke været opdateret siden sommeren 2008...



Figur 3. Rumskibet "SpaceShipTwo", monteret under flyet "WhiteKnightTwo", som skal bære det højt op i atmosfæren inden affyringen.

Private rumfirmaer

De private rumfirmaer er helt klart der, hvor der sker en kolossal udvikling for tiden. For bare ti år siden havde man ikke værdiget dem mere end et par linjer, men siden da har private rumfirmaer opnået en masse, spændende resultater.

Det første private firma, der for alvor fik offentlighedens opmærksomhed, var Scaled Composites, som med chefdesigner Burt Rutan i spidsen udviklede et rumfly, SpaceShipOne, som kan sende tre personer på en suborbital flyvning 100 kilometer lodret op, hvorefter de falder ned igen, og SpaceShipOne kan lande som et almindeligt svævefly på en landingsbane.

Den 21. juni 2004 lykkedes det for første gang piloten Mike Melvill at opnå en højde på over 100 km. Melvill gentog successen 29. september samme år, og allerede 4. oktober fløj Brian Binnie SpaceShipOne til 112 km højde. De tre flyvninger udløste Ansari X-prisen på ti millioner dollars.

Kort tid efter indgik Scaled Composites partnerskab med den britiske forretningsmand Richard Bransons rumturistbureau Virgin Galactic. Scaled Composites er pt. ved at udvikle rumskibet SpaceShipTwo, se figur 3, der skal kunne sende to piloter, og op til seks passagerer, ud i 100 kilometers højde. Billetprisen ligger pt. på 200.000 dollars eller ca. 1,15 mio. kr. hvilket betyder, at en sådan tur ikke kun bliver for multimilliardærer, men også for mere "almindeligt rige" mennesker.

Mens en suborbital flyvning ikke umiddelbart har meget med "rigtig" rumfart (dvs. kredsløb) at gøre, så er der dog tale om en i rumfartssammenhæng meget interessant udvikling.

Den nærmeste fremtid

Masser af spændende programmer er allerede i fuld gang, og indenfor den nærmeste årrække vil vi se en stadigt stigende brug af den internationale rumstation ISS mht. den bemandede rumforskning. Dertil kommer en lang række ubemandede rumsonder, som ankommer til deres mål: Rosetta ankommer til 67P/Tjurjumov-Gerasimenko i 2014, og medbringer en lander, Phila, som skal lande på kometen; New Horizons ankommer til Pluto i 2015; og Juno går i polært kredsløb om Jupiter i 2016.

Masser af missioner til Merkur, Venus, Mars og Saturn, er allerede i fuld gang, og vil formodentlig returnere endnu flere spændende forskningsresultater og spektakulære billeder.

SpaceX forventer at foretage første bemandede opsendelse med Dragon-rumskibet i december 2015, hvorefter USA måske igen kan sende astronauter op fra egen jord.

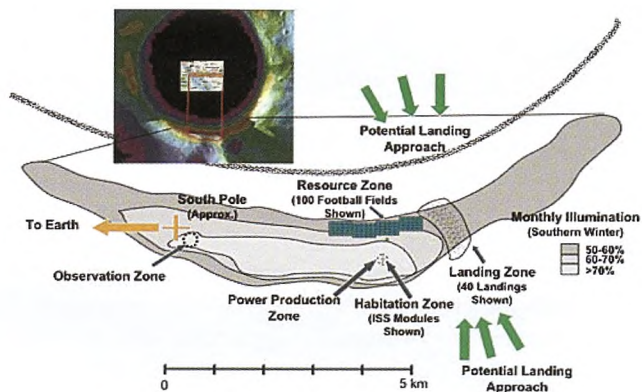
Hvad med drømmene?

Men hvad med de lidt mere vidtløftige drømme om rumfart? Hoteller på Månen og turistrejser til Mars er ikke lige i kikkerten – men hvilke muligheder har vi i grunden?

Base på Månen

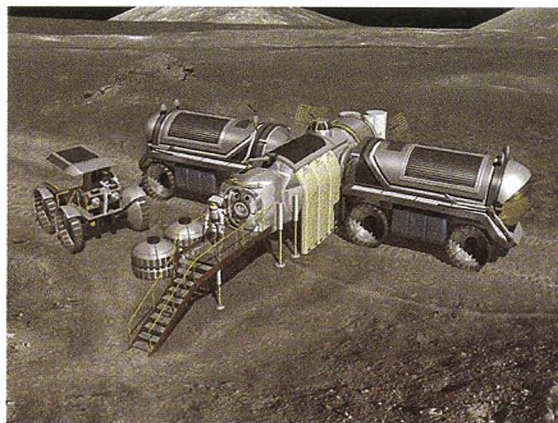
Både USA og Kina tumler med planer om bemandede missioner til Månen, og det er også en del af ESAs Aurora-program. Endnu er den mest detaljerede plan, for en tilbagevenden til Månen, nok USAs planer for en base på Månens sydpol, se figur 4 og 5. Der er flere gode grunde til at vælge sydpolen: På selve sydpolen,

på randen af krateret Shackleton, er der dels et område, hvor Solen skinner næsten hele tiden, hvilket gør det muligt, at strømforsyne basen med solceller konstant og dels har rumsonden Lunar Prospector detekteret vand i bunden af de mange kratere omkring sydpolen, hvor Solen aldrig skinner.



Figur 4. Planer for en base på randen af Shackleton-krateret på Månens sydpol.

Netop el og vand er to knappe ressourcer på Månen. Langt det meste af Månen er knastør, men på sydpolen kan der altså muligvis findes vand i så store mængder, at det vil kunne udvindes. Med hensyn til el, så er der jo rig lejlighed til at bruge solceller de fjorten dage, hvor Solen er oppe. Men alle andre steder end ved polerne følger derefter 14 dage, hvor solen ikke skinner, og hvor man derfor må ty til urimeligt store batterier eller en form for kerneenergi.



Figur 5. NASA iværksatte i 1993 et studie af en mulig base på Månen. Til formålet fremstilledes en række illustrationer, som stadig ses i forbindelse med planer om at vende tilbage til Månen.

Mennesker til Mars

En bemanded tilbagevenden til Månen vil naturligvis vække opsigt, men vil, projektets størrelse til trods, ikke være så skelsættende igen, da der jo ikke er tale om noget, som ikke er gjort før. Så er der mere perspektiv i den første bemandede rejse til Mars. Den amerikanske rumingeniør Robert Zubrin har godtgjort, at en bemanded mission til Mars kan gennemføres indenfor 10–12 år stort set kun med eksisterende teknologi.

Med en raket à la Saturn V, som kunne løfte 100 tons til lavt jordkredsløb, kan man sende først et ubemandet rumskib til Mars, som er i stand til at rejse hjem til Jorden. Når først det er sikkert landet på Mars, sender man et andet rumskib med fire personer om bord, som lander i nærheden af det første rumskib. Besætningen vil således have to tryksatte moduler til rådighed, se figur 6. Sender man samtidig med astronauterne et nyt retur fartøj af sted, øges chancerne for, at få astronauterne levende tilbage igen.



Figur 6. Robert Zubrins "Mars Direct"-plan for en beboelig base på Mars.

Der er mange forskellige planer og missionsgeometrier, men inden vi sender mennesker til Mars, skal vi have sikret os, hvordan vi undgår at forurene Mars med mikrober fra jorden, som kan forvirre os i vores søgen efter liv.

Bortset fra alle de tekniske udfordringer ved at sende mennesker til Mars, er der også en planlægningsmæssig udfordring, som ikke var relevant under Apollo-programmet: Hvordan får vi sat skub i en bemandet udforskning af Mars, som vil være et langsigtet program med permanent, bemandet tilstedeværelse på den røde planet? Et program, som ikke bare kan sløjfes i næste års statsbudget?

Mars One

Der er kommet mange forslag til hvordan en fortsat, bemandet udforskning af Mars kunne finansieres; mange af dem er temmelig fantasifulde. Hvis en nationalstat ikke finansierer det, kunne det så lade sig gøre i privat regi? Umiddelbart kan det måske være svært at se, hvordan man skulle kunne lukke en *business case*, med de voldsomme opstartsomkostninger og et tvivlsomt *return of investment*.

Et forslag går på oprettelsen af konkurrencer, hvor en opdragsgiver stiller et nærmere defineret beløb i udsigt til den organisation, som gennemfører en bestemt opgave indenfor en angivet tidsfrist. Metoden var meget anvendt i flyvningens første årtier, og har også for nylig været anvendt i forbindelse med rumfart, f.eks. CATS-prisen (Cheap Access To Space) og X-prize, som blev vundet af Scaled Composites.

I juni 2012 offentliggjorde organisationen "Mars One" en finansieringsplan af hidtil uset karakter. Mars One vil igangsætte en permanent menneskelig tilstedeværelse på Mars ikke ulig den, Robert Zubrin foreslår i sit Mars Direct-princip. Finansieringen skal

komme helt og holdent fra salg af medierettigheder. Hele projektet – fra udvælgelsen af astronauterne til deres tilværelse på Mars – skal transmitteres i form af et reality-tv-show; f.eks. skal publikum stemme om, hvem der skal med. Turen er envejs – det er ikke meningen, at astronauterne skal vende tilbage til Jorden.

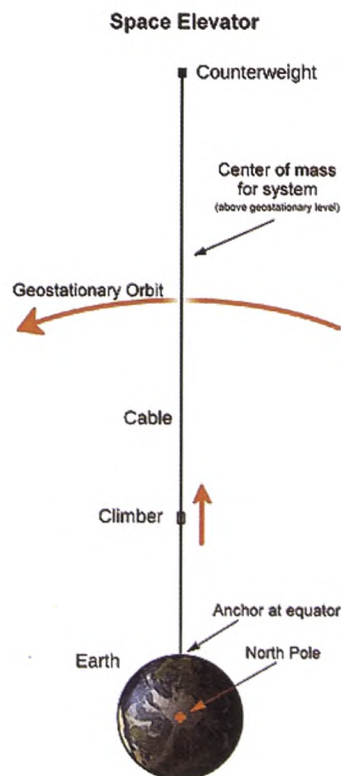
Den generelle holdning til Mars One blandt rumfartspersoner er, at selvom der nok er mange penge i godt tv, så vil det næppe kunne lade sig gøre at rejse tilstrækkeligt med midler ad den vej.



Figur 7. Mars One forventer, at Mars-basen udvides med et nyt modul og fire nye astronauter hvert andet år.

Rumelevatoren

At komme ud i rummet har altid krævet raketter, og det vil det blive ved med, med mindre vi konstruerer en rumelevator. Ideen om rumelevatoren er på samme tid vild og konservativ; vild, fordi ideen om et 36.000 kilometer langt kabel, som strækker sig fra jordoverfladen og næsten en tiendedel af vejen til Månen forekommer fuldstændig absurd; konservativ, fordi rumelevatoren ikke kræver voldsom, ny teknologi.



Figur 8. Princippet bag rumelevatoren.

Mens "warpedrives" og stjerneskebe kræver revolutioner indenfor kvantefysik og fusionsteknologi, kræver

rumelevatoren “kun” et materiale, som har et styrke-vægt-forhold, som er tre gange højere end det bedste vi har i dag – resten er stort set klassisk mekanik. Det skønnes, at kulstofnanorør inden længe vil kunne udvise de fornødne egenskaber – men det kræver en målrettet forskningsindsats.

Det er blevet sagt, at hvis en amerikansk præsident skulle give NASA en opgave i dag, som i kompleksitet ville svare til den, Kennedy gav NASA i 1961, om at lande en mand på Månen, så skulle det være at konstruere en rumelevator indenfor 15 år. Sikkert er det, at de mange forskningsprojekter rundt omkring i verden, som har med en rumelevator at gøre, har meget små budgetter. Sikkert er det også, at hvis først rumelevatoren er en realitet, vil den revolutionere vores adgang til rummet, og gøre det langt billigere og sikrere end i dag.

Rumelevatoren består simpelthen af et kabel eller bånd, som er fastgjort til jordoverfladen, og som holdes udstrakt af en kontravægt i den anden ende, se figur 8. Kontravægten skal være længere væk fra jorden end den geostationære bane, og rotere med samme hastighed som jorden. Det ses, at jo længere kablet er, desto mindre behøver kontravægten at være – og omvendt: jo kortere kabel, desto større kontravægt er nødvendig.

Når først et sådant kabel er konstrueret, kan man kravle op ad det med et dertil indrettet fartøj – typisk kaldet en “crawler” eller “climber”.

Lidt raketteknik

En “gammeldags” raket foretager typisk en kemisk forbrænding der frigør energi og udvikler varme, hvorefter den ekspanderer forbrændingsprodukterne i en dyse, som accelererer gasserne op til en så høj hastighed som praktisk muligt. Når forbrændingspartiklerne forlader dysen, påvirker de raketten med en impuls som er lige så stor og modsat rettet deres egen. Det gælder altså om at udstøde forbrændingsprodukterne med så stor hastig-

hed som muligt. Jo større udstødningshastighed, desto mere effektiv raketmotor. Klassiske, kemiske raketter kommer sjældent over 4–4,5 km/s udstødningshastighed, mens en atomraketmotor, hvor en reaktionsgas (typisk brint) opvarmes i en fissionsreaktor og udstødes gennem en klassisk dyse, typisk vil ligge på cirka det dobbelte.

Bortset fra et enkelt forsøg i USA i 1960’erne har ingen forsøgt at konstruere en atommotor. Den ville nok også give lige så store økonomiske udfordringer som politiske. Men det korte af det lange er, at raketteknologi anno 2012 er stort set identisk med raketteknologi anno 1972 – udviklingen har stort set stået stille de sidste 40 år. Med nogle få undtagelser.

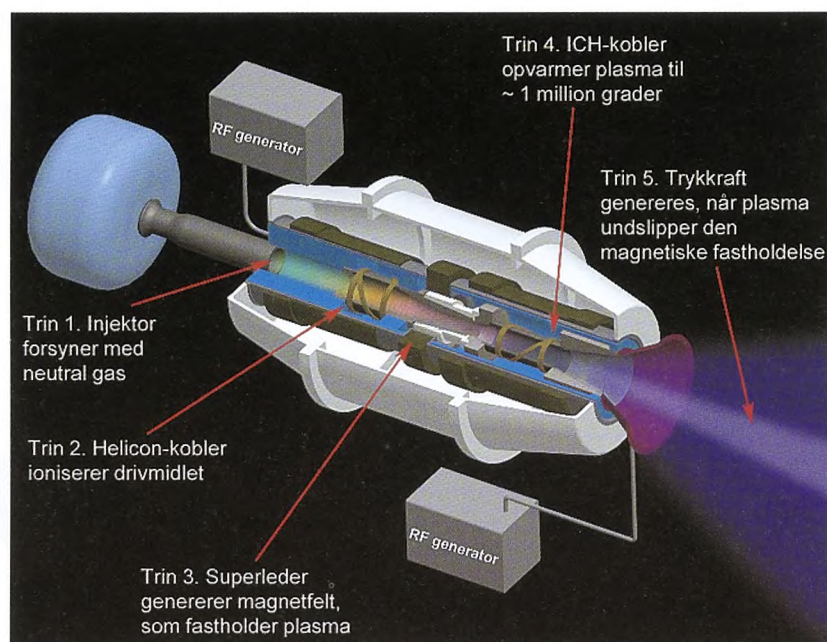
Ionmotorer

En måde at få udstødningshastigheden op på er ved at gå væk fra den klassiske ekspanderende dyse, og accelerere reaktionsgassen op på anden vis. En måde er at gøre det elektrisk. Reaktionsgassen ioniseres, hvorefter den accelereres i et elektrostatisk felt.

Ionmotorer er i stand til at frembringe udstødningshastigheder langt højere end kemiske raketter (ca. 30–100 km/s), men øver til gengæld meget lille tryk-kraft. Lidt populært kan man sige, at ionmotorer får meget mere ud af brændstoffet, men kan kun afbrænde ganske lidt ad gangen. Ionmotorer kan således aldrig bruges til at opsende raketter fra en planets overflade, men er velegnede til langvarige rummissioner til det ydre solsystem, idet rejsetiden kan kortes betragteligt ned. Den første mission med en ionmotor var “Deep Space 1”, opsendt 1998, med kurs mod kometen Borelly.

VASIMR

Forkortelsen VASIMR står for VARIable Specific Impulse Magnetoplasma Rocket. Der er tale om en særlig og ret utraditionel type raket, opfundet af den tidligere NASA-astronaut Franklin Chang Diaz, se figur 9.



Figur 9. Princippet bag en VASIMR-raketmotor.

Motoren fungerer ved at en kold ædelgas, typisk argon eller xenon, lukkes ind i et kammer, hvor en antenne udsender kraftig, elektromagnetisk stråling ved elektron-cyklotron-resonansfrekvensen. Dette ioniserer gassen til et plasma. Et pålagt magnetfelt og en såkaldt "Helicon-kobler" sørger for, at der genereres lavfrekvente elektromagnetiske bølger ('helicons') i plasmaet. Ved hjælp af nogle "confinement"-magneter fastholdes og formes plasmaet til en plasmastråle, der herefter opvarmes til ca. 1 mio. kelvin af en anden antenne, som opererer ved ion-cyklotron-resonansfrekvensen.

Som navnet antyder, er denne motortypes styrke, at udstødningshastigheden kan varieres, så den kan levere stor trykkraft ved lav udstødningshastighed eller lille trykkraft med stor udstødningshastighed. En VASIMR-motor har været demonstreret med en udstødningshastighed på 50 km/s.

Det forventes at en VASIMR-motor skal monteres på ISS i 2015 til brug for reboost-manøvrer, som pt. udføres af dokkede Sojuz- eller Progress-fartøjer. På længere sigt er VASIMR interessant, da dens store arbejdsområde gør den relevant både i forbindelse med langdistancemissioner og rejser til mere lokale mål, som fx Mars.

Solsejl

Solsejl er interessante, da det er den eneste kendte måde at rejse i rummet på, som ikke involverer en raket. Solsejlet udnytter strålingstrykket fra solens lys til at give rumfartøjet en kraftpåvirkning. Særligt i solsystemet er transportmetoden interessant – så længe man er nogenlunde tæt på solen.

Under antagelse af, at rejsen påbegyndes i kredsløb om solen, gælder den traditionelle banedynamik, som tilsiger, at man teoretisk set kan rejse i hele solsystemet, blot ved at betjene sig af hastighedsændringer. Ved at vinkle sit solsejl korrekt er det muligt både at øge og sænke sin hastighed, og dermed rejse såvel tættere på solen som længere fra den.



Figur 10. Japans IKAROS-satellit rejste til Venus i 2010 drevet af et solsejl.

Som med ionmotorer har solsejl den ulempe, at accelerationen er meget lav. Til gengæld fungerer et solsejl uafbrudt, og – måske vigtigst af alt – bruger ingen reaktionsmasse. Det er hidtil meget begrænset hvad der har været udført af eksperimenter med solsejl, men der er ingen tvivl om, at teknologien har et enormt potentiale. I 2010 sendte Japan "IKAROS"-sonden afsted mod Venus, drevet af et solsejl (se figur 10) og i 2011 eksperimenterede NASA med en satellit med solsejl, "NanoSail-D" i kredsløb om Jorden.

Hvad fører det til?

Det ser umiddelbart ud til, at en bemandet tilbagevendende til Månen, for slet ikke at snakke om en bemandet mission til Mars, finansieret af en nationalstat, er længere væk end nogensinde. Vi skal nok ikke regne med at få et nyt Apollo-program lige foreløbig.

I april 2012 offentliggjorde et hidtil ukendt firma ved navn Planetary Resources, at de med folk som Larry Page, James Cameron og Charles Simonyi som investorer ville begynde at drive minedrift på asteroider. En interessant udmelding i en tid, hvor prisen på sjældne jordarter er eksploderet.

Om Planetary Resources vil have held med deres forehavende, eller om Virgin Galactic en gang vil tjene masser af penge på at sende folk på sviture ud i rummet, er temmelig usikkert. Men alene eksistensen af private virksomheder med den slags ting på agendaen var umuligt at forestille sig for bare 15–20 år siden. Så vi skal nok ikke opgive håbet om en spændende fremtid i rummet, men vi skal måske forberede os på, at den kan komme fra en uventet kant.

Litteratur

- [1] Helle og Henrik Stub, Rejsen ud i rummet – de første 50 år. Gyldendal 2007 (kap. 19 handler fx om rumfarten de næste 50 år).
- [2] Nicholas Booth, Rummet de næste 100 år. Komma og Clausen 1991 (indeholder stadig mange interessante ideer, selv om den på visse punkter er meget forældet).
- [3] Robert Zubrin, Entering Space: Creating a Spacefaring Civilization. Tarcher 2000 (en meget visionær og interessant bog).



Steen Eiler Jørgensen er cand.scient. og formand for Dansk Selskab for Rumfartsforskning.

Tiden og tidsrejser

Christian Schultz, Institut for fysik og astronomi, Aarhus Universitet.

Et ofte brugt citat om tid tillægges St. Augustins 'Bekendelser' fra ca. år 400: 'Hvad er tid? Hvis ingen spørger mig om det, ved jeg det. Hvis jeg vil forklare det, ved jeg det ikke'. Dette citat illustrerer meget godt sværheden af at forklare, hvad tiden egentlig er. Vi skal i denne artikel se nærmere på, hvad tiden er i fysikken, og også diskutere forskellige slags tidsrejser. Vi vil diskutere både den slags tidsrejser, som faktisk kan lade sig gøre (for de findes faktisk!), og også den mere spekulative slags. Desuden vil vi se på konsekvenserne af tidsrejser i form af tidsparadokser, der kan opstå, hvis man ændrer fortiden.

Hvad er tid?

Tiden er en fundamental størrelse i vores hverdag, og præcise tidsmålinger ligger til grund for meget af den måde, hvormed vores samfund er struktureret på (tænk fx på en travl 37 timers arbejdsuge). Men hvad tid egentlig *er*, er et meget dybt spørgsmål. Det kan være svært præcist at definere tid. Slår man for eksempel 'tid' op i en ordbog, er det ofte forklaret i glosser indeholdende ord som interval og periode – men slår man disse op, er de i sig selv defineret ud fra tid, så det leder altså til en cirkel-slutning. Så også i sprogmæssig forstand er tiden en lidt flygtig størrelse. Vi kan dog godt nævne nogle få ting, der kan bruges til at karakterisere tiden, hvis vi skulle beskrive den for en fremmed civilisation. Tiden går altid kun én vej – man ser aldrig et ur gå baglæns af sig selv, og man ser aldrig et væltet korthus spontant samle sig selv igen. Tiden har så at sige en 'pil' – undertiden omtalt tidens pil. Hvis man ligeledes skal tro den gren af den moderne fysik, som vi kalder kosmologi (og der er god grund til at tro denne!), så startede Universet, og dermed også tiden selv, med et Big Bang – så tiden har også en 'begyndelse'. Det er også en mulighed, at Universet en dag ender med at trække sig sammen i et Big Crunch, så tiden kan også have en afslutning¹.

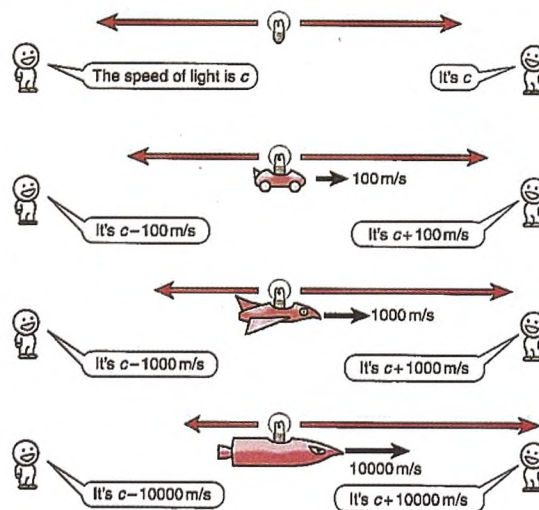
Idet fysikere er meget pragmatisk anlagt, er det naturligt at kæde definitionen af tid sammen med den måde, den bliver målt på. Det er derfor ofte tilstrækkeligt at definere tiden 'som det man kan måle på et ur, der følger med din bevægelse'. Bemærk, at denne meget praktiske definition bevidst undgår alle spørgsmål om tidens natur, og tiden defineres ved en måling på et velkendt instrument. Bemærk også, at med denne definition kan man ikke tale om tid, før man rent faktisk har konstrueret et ur, der jo i første omgang er konstrueret til at måle tid. Hvis man fx var strandet uden et ur på en ø befolket af hulemennesker, ville denne definition være nyttesløs. Man ville være tvunget til først at definere tid på én måde, konstruere et ur for at måle tiden i henhold til den netop vedtagne definition, og så derefter redefinere tiden til at være det, man målte på uret (og så ellers håbe på, at uret ikke går i stykker). Lad os

alligevel i resten af denne artikel tænke på tid, som 'det man måler på sit lommeur'.

Tid, Einstein og lysets hastighed

Tidsopfattelsen i fysikken ændrede sig markant med Einsteins Specielle Relativitetsteori fra 1905. Den grundlæggende antagelse i Einsteins specielle relativitetsteori er det såkaldte relativitetsprincip: at lysets hastighed c i vakuum er en naturkonstant, der er ens for alle observatører – uanset deres egen bevægelse. Det vil sige, at uanset om man bevæger sig med 100 km/t på motorvejen, så vil man måle c til den samme værdi som en observatør, der står stille i vejkanthen. Klassisk ville man forvente, at hvis observatøren i bilen målte lysets hastighed til at være c , så ville en observatør, der ser bilen nærme sig, måle $c + 100$ km/t. Han måler dog faktisk c , uanset bilens hastighed. De to situationer, den klassiske situation og den rigtige relativistiske situation, er fremstillet på de to nedenstående figurer.

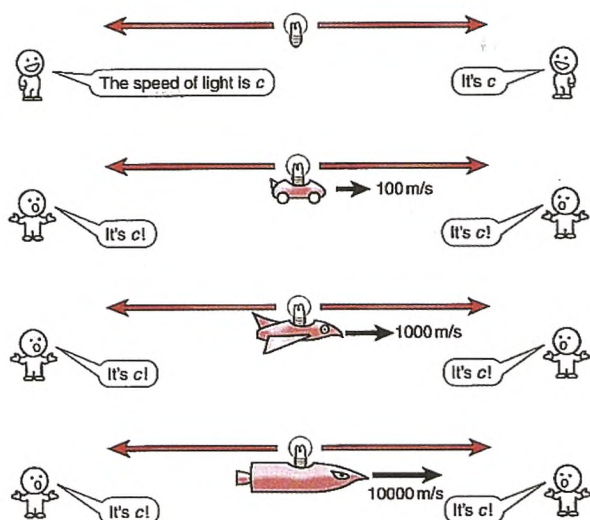
What you expect:



Figur 1a. Den klassiske forventede situation ved måling af lyshastighed for en bevægende kilde. Lysets hastighed er c i forhold til bilen.

¹Big Crunch-modeller er dog med stor sikkerhed udelukket på baggrund af observationer, men det er et andet – og yderst interessant – emne.

What really happens:



Figur 1b. Hvad man ifølge relativitetsprincippet vil måle for lyshastigheden for en bevægende kilde. Eksperimenter verificerer denne fremstilling. Lysets hastighed er c i forhold til alle observatører.

Ud fra relativitetsprincippet og relativt simple udregninger viste Einstein, at det medførte, at tiden er *relativ* – dvs. at forskellige observatører måler forskellig tid. Den tid, de måler, afhænger af deres bevægelse. Vi vil af pladshensyn ikke gennemføre argumentet her, men blot nøjes med at illustrere ideen om, at tiden er relativ. Lad os fx forestille os, at observatøren i bilen fra før og observatøren i vejkannten mødes til en kop formiddagskaffe. De synkroniserer begge deres ure til at vise præcis det samme tidspunkt – for eksempel 10:00. Bilobservatøren sætter sig da ind i sin bil og kører afsted med 100 km/t, og efter et stykke tid vender han om og mødes med den passive observatør igen. De kigger nu på deres ure, og Einsteins postulat er så, at nu passer urene ikke længere! Fordi den ene observatør har bevæget sig med en hastighed i forhold til anden, medfører relativitetsteorien, at bilførerens ur viser en tid, der er lidt tidligere end den passive observatørs ur – målingen af tiden afhænger af observatørens bevægelse. Det er en så lille effekt, at det ikke mærkes i hverdagen, men tidsforskellen vokser hurtigt, når man nærmer sig lysets hastighed. Hvis bilen bevægede sig med 99 % af lysets hastighed, ville uret i bilen gå 7 gange langsommere, mens med 99.9 % af lysets hastighed, ville det gå 225 gange langsommere. Jo nærmere bilens hastighed er på lysets hastighed (en grænse som den aldrig kan nå helt, men kun komme vilkårligt tæt på), jo langsommere vil uret gå. Konklusionen er altså, at *ure i bevægelse, og dermed tiden selv, går langsommere for en observatør i bevægelse*. Da det er tiden selv, der går langsommere, medfører det naturligvis også, at alle biologiske processer – herunder aldringsprocesser – går

tilsvarende langsommere. Så hvis de to observatører var lige gamle inden bilturen, vil bilobservatøren være yngre end den passive observatør ved deres gensyn. Man kan tale om, at bilføreren har bevæget sig ind i den passive observatørs fremtid (fordi den passive observatør nu er den ældste af de to). Hvis man altså forestillede sig, at man rejste på et rumskib med 99.9 % procent af lysets hastighed væk fra Jorden og tilbage igen, og uret om bord på rumskibet viste, at der var gået et år, ville der være gået 225 år på Jorden!²

Denne slags tidsrejser er ikke tidsrejser i gængs forstand. Man kan ikke rejse tilbage i tiden, kun ind i andres fremtid. Man kan heller ikke møde sit fremtidige eller fortidige jeg. Man kan også kun rejse ind i *andres fremtid* – og aldrig fortiden. Så den netop beskrevne form for tidsrejse er ikke den, man ofte ser i science fiction, og som vi skal se nærmere på i næste afsnit. Til gengæld er den aldeles virkelig og målt med stor præcision.

Ormehuller, tidsrejser og billiard

I foregående afsnit så vi kort på Einsteins Specielle Relativitetsteori, der fortalte os, at målingen af tiden afhænger af observatørens bevægelse. Einstein lavede også en Generel Relativitetsteori – og den er væsentligt mere kompliceret, men omhandler også emner som tid og rum. Faktisk er det *teorien* for tid og rum i universet. Når man går ind i denne teori, opstår der i specielle tilfælde et fænomen kendt som ormehuller – genveje i tid og rum. Rent konceptuelt er ormehuller egentlig ret simple. Et jordisk ormehul kunne fx være en genvej fra Jylland til Sjælland, forstået på den måde, at hvis man stiger ind i ormehullets jyske ende, så kommer man ud i den sjællandske ende – uden på noget tidspunkt at have været noget sted mellem Jylland og Sjælland.³



Figur 2. Princippet i et ormehul – hvis man bukker et stykke papir, kan man skyde genvej med den grønne rute i stedet for at følge overfladen via den orange rute.

Som et andet eksempel kan det nævnes, at den nærmeste rute mellem to modsatte hjørner på et stykke papir normalt er langs diagonalen – men hvis vi bukker papiret, er den korteste vej faktisk, hvis man 'skyder genvej' og bevæger sig væk fra papiret – se figur 2.

²For en mere fyldestgørende diskussion af ovenstående eksempel henvises fx til afsnittet om tvillingeparadokset i [1], men stort set alle lærebøger om relativitetsteori har dette eksempel med. Vi har her snydt lidt, fordi vi ikke betragter selve accelerationen.

³Til computernørderne kan man fx henvise til computerspillene Portal 1 & 2 – her fungerer portalerne i praksis som ormehuller.

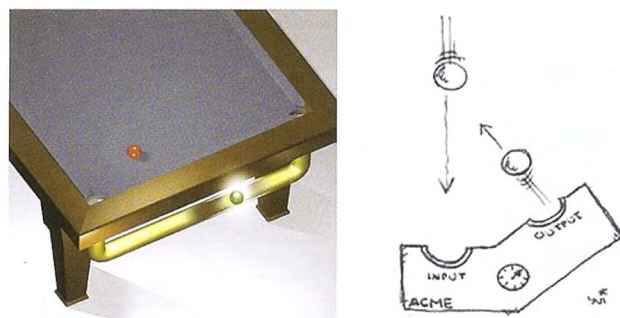
Det er i samme forstand, at ormehuller skal forstås. Det skal dog nævnes, at ormehuller er en *teoretisk* mulighed i den Generelle Relativitetsteori. Det kræver, at man kigger på ret eksotiske systemer – og der er god grund til at tro, at disse systemer ikke kan lade sig gøre i virkeligheden. Der er ligeledes aldrig observeret noget, der antyder eksistensen af ormehuller eller lignende. Ormehuller har dog den interessante egenskab, at de let kan anvendes som tidsmaskiner, så selvom de så vidt vides er en ren matematisk konstruktion, lad os lege videre med tanken om, at de kan forekomme. Vi vil nu prøve at illustrere, hvordan et ormehul kan omdannes til en tidsmaskine.

Lad os forestille os, at vi ved et uheld laver et eksperiment i kælderens på fysisk institut i Århus, der danner et ormehul med den ene indgang i Århus og den anden indgang (eller udgang, om man vil) i kælderen på Niels Bohr Institutet i København. Vi kan altså nu træde ind gennem ormehullet i Århus klokken 10:00 og straks træde ud i København klokken 10:00. Men pludselig i København får de nu den idé at sende deres ende af ormehullet ud på en rejse med en hastighed tæt på lysets. Så ved vi jo fra før, at tiden for København-enden af ormehullet går langsommere end den for Århus-enden (husk at tiden går langsommere hvis man bevæger sig). Det vil altså sige, at hvis et ur, der følger med Århus-enden, nu viser klokken 23:00, så viser et ur, der fulgte med København-enden, klokken 12:00 – der er altså opstået en tidsforskydelse på 11 timer. Man kan altså med andre ord gå ind i Århus-enden og rejse 11 timer tilbage i tiden! Tidsforskellen er tilmed stor nok til, at man kan nå et tog fra København til Århus og gøre det en gang til – og dermed også møde sig selv!⁴ Et i sandhed bemærkelsesværdigt resultat, som straks medfører en hel kaskade af potentielle paradokser med sig. For hvad nu hvis man møder en tidligere udgave af sig selv og overbeviser den udgave om, at det er en dårlig idé at rejse gennem ormehullet? Så kan din nuværende udgave ikke eksistere, fordi det kræver jo, at din tidligere udgave netop rejste gennem ormehullet.

Netop ovenstående problem – altså det med, at du potentielt kan forhindre dig selv i at foretage en tidsrejse, og det dermed medfølgende paradoks – blev analyseret i en lidt mere simpel form af bl.a. den berømte fysiker Kip Thorne og to af hans elever, Fernando Echeverria og Gunnar Klinkhammer. De undersøgte det, som man kalder for Polchinskis paradoks, og som er illustreret i figur 3.

Polchinskis paradoks tager udgangspunkt i et billiardbord med et tidsmaskine-ormehul som beskrevet ovenfor. Lad os forestille os, at to huller i billiardbordet i virkeligheden er de to indgange på ormehullet, og at der er opstået en tidsforskel mellem disse to huller. Vi vælger at støde en billiardkugle ind mod det ene hul. Rejste vi med kuglen, ville vi altså opleve at falde ned i det ene hul og komme ud af det andet. På grund af tidsforskellen mellem indgang og udgang vil tiden

dog være anderledes. Hvis vi derimod forestiller os passivt at kigge på kuglen efter stødet, vil vi opleve at kuglen bevæger sig hen mod indgangshullet, *og vi vil se en identisk kugle komme op ad udgangshullet, mens kuglen, som vi stødte til, stadig er på vej mod indgangshullet!* Der vil altså være to kugler på bordet samtidig – og årsagen er selvfølgelig, at kuglen fra udgangshullet i virkeligheden er den oprindelige kugle, der blot har foretaget en tidsrejse. Paradokset er så: Hvad nu hvis de to kugler støder sammen, sådan at den oprindelige kugle slet ikke rammer indgangshullet? Så kan udgangskuglen ikke eksistere, da dens eksistens netop er betinget af, at den oprindelige kugle rammer hullet. Denne situation er hele humlen i Polchinskis paradoks.



Figur 3. Et spil billiard med en ormehultidsmaskine. Hvad sker der hvis billiardkuglen støder med sig selv og dermed forhindrer sig selv i nogensinde at nå ormehullet?

Kip Thorne og elever satte sig ned og regnede på denne situation. Til deres store overraskelse fandt de ud af, at det faktisk ikke kunne lade sig gøre at lave et stød som netop beskrevet – hver gang de to kugler stødte sammen, passede det på nærmest magisk vis med, at det var så tilpas blidt, at indgangskuglen stadig ramte hullet. På fantastisk vis gjorde det, at alle stød, som man kunne forestille sig, faktisk ikke førte til et tidsparadoks i klassisk forstand. Der viste sig dog et andet problem: Hvis man gav billiardkuglen et fast stød i en bestemt retning og med en bestemt kraft, kunne man ikke med sikkerhed vide, hvordan kuglen ville bevæge sig. Fundamentet i at være en god billiardspiller er netop at kunne forudse, hvordan en kugle vil bevæge sig, hvis man støder til den. Det er nemlig sådan i den klassiske fysik, som vi kender fra hverdagen, at hvis man giver et legeme, fx en fodbold, en hastighed og en retning, så kan man entydigt bestemme, hvordan den vil bevæge sig (ofte i det, man kalder en kasteparabel, hvis det er et spark til en fodbold). Men fordi den oprindelige billiardkugle og dens tidstvilling kan støde på rigtig mange måder – faktisk uendeligt mange – så kan man ikke entydigt bestemme, hvilken bane kuglen vil følge. Det, vi kan sige, er dog, at stød, som fører til direkte tidsparadokser, ikke kan forekomme. Det skal dog retfærdigvis nævnes, at Kip Thorne og elever ikke analyserede problemet fuldstændig stringent, fordi

⁴Bemærk i øvrigt, at man med denne tidsmaskine ikke kan rejse tilbage til tiden før, den blev skabt – så grunden til, at vi ikke idag møder tidsturister, er, at vi endnu ikke har en tidsmaskine.

problemet er ret kompliceret. De sandsynliggjorde dog ovenstående konklusion ret sikkert.

Tidsparadokser og konsistensprincippet

I forrige afsnit så vi, hvordan en situation, der tilsyneladende kunne medføre et tidsparadoks, lige akkurat sneg sig udenom paradokset. Det eksempel, vi kiggede på, var dog uhyre simpelt, og man kan selvfølgelig ikke umiddelbart overføre resultatet til situationer, der involverer mennesker med fri vilje. Der er dog god grund til at tro, at situationer, der potentielt kan medføre et paradoksalt udfald, alligevel vil få et udfald, der er konsistent med virkeligheden. Fysikeren Igor Novikov, som er professor på Niels Bohr Institutet, har, inspireret af udregninger på kvantemekaniske systemer⁵, fremsat et såkaldt selv-konsistensprincip: Hvis et udfald kan give anledning til et tidsparadoks, så er sandsynligheden for dette udfald præcis 0. Dette princip, også kaldet Novikovs selv-konsistensprincip eller blot konsistensprincippet, siger altså, at vores billiardkugler fra før kun støder, så den oprindelige kugle rammer ormehullets ene indgang, netop fordi den paradoksale situation er usandsynlig. Det vil sige, at situationer, som normalt kan betragtes som værende meget *usandsynlige*, pludselig bliver gjort meget *sandsynlige* – fx ved at hovedpersonen i et tidsparadoks falder i en bananskræl (og man støder faktisk af og til i litteraturen på begrebet 'den tvungne bananskræl').

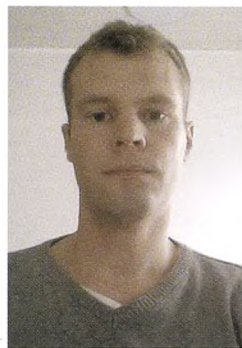
En anden berømt fysiker, Richard Feynman, har et eksempel, der beskriver konsistensprincippet ganske fremragende. Lad os forestille os, at du er på en tidsrejse tilbage i tiden for at slå dig selv ihjel. Du kan huske at du var på en spadseretur en forårmorgen i 1990, så du rejser tilbage til dette tidspunkt, og til selve likvideringen har du købt den fineste riffel, som kan købes for penge (for at være sikker på, at løbet ikke sprænger osv.). Idet du lægger an og har dit hjerte lige i sigtekornet, mærker du en smerte i din skulder. Denne smerte får dig til at trække sigtet lidt til siden, så idet du affyrer riflen, rammer du ikke dit hjerte. I stedet rammer du dig selv i skulderen – præcis samme sted, som smerten kom fra. Det vil altså sige, at årsagen til, at du ikke rammer dit hjerte, også er konsekvensen af, at

du ikke rammer – og det er i øvrigt yderst usandsynligt, at du rammer dig selv netop der, hvor du gør. Men hvorfor sker dette? Det er netop fordi, at denne situation ville medføre et tidsparadoks – du kan jo ikke slå dit tidligere jeg ihjel, så konsistensprincippet dikterer, at du rammer dig selv netop der, hvor du rent faktisk rammer. Slutteligt skal det nævnes, at konsistensprincippet ikke har status som en faktisk fysisk lov, men at det er en hypotese, og tilmed en hypotese, der er yderst svær at bekræfte eller afkræfte.

Kan science-fiction tidsrejser så lade sig gøre? Det er der ingen eksperimentel grund til at tro, at de kan. Ormehuller har en række uheldige egenskaber, som gør dem knapt så realistiske (men ormehuller er ikke en nødvendighed for tidsrejser, blot tilstrækkeligt). På den anden side lader det dog til, at der faktisk er mulighed for at undgå tidsparadokser, fx så vi jo at tidsparadokser ikke forekom i vores ormehulsbilliard. Så de vigtigste argumenter for hvorfor tidsrejser nødvendigvis må være umulige, bliver faktisk ugyldiggjort. En ting kan vi dog sige med sikkerhed: Tidsrejser er interessante, også selvom de alene skulle høre til i den rent teoretiske gren af fysikken. Hvis man gerne vil vide mere, kan jeg varmt anbefale de to bøger [1] og [2] – hvis man da ellers kan finde tid til at læse dem!

Litteratur

- [1] Ulrik Uggerhøj, Tid – Den relative virkelighed. Aarhus Universitetsforlag (Univers) 2010.
- [2] Paul Davies, About Time: Einstein's Unfinished Revolution. Touchstone 1996.



Christian Schultz er til daglig ph.d.-studerende i kosmologi på Aarhus Universitet, og beskæftiger sig med computersimuleringer af strukturdannelsen fra tiden kort efter Big Bang til i dag. Læsere specielt interesserede i tidsrejser, relativitetsteori eller kosmologi (eller fysikstudiet i Århus?) er velkomne til at sende mails med spørgsmål. Email: christian@phys.au.dk.

⁵Kvantemekanikken er den gren af fysikken, der beskæftiger sig med mikroskopiske systemer som atomer og molekyler.

Foreningsnyt – foredrag i foråret

Foredragskalender

Dato	Tid	Foredragstitel	Foredragsholder	Forening
Dec.				
11/12	17.00	Steno, hans videnskab og metode	<i>Troels Kardel</i>	VHS
Jan.				
28/1	19.15	Universets oprindelse	<i>Martin Sloth</i>	AS (Kbh)
Feb.				
4/2	19.30	Atomets historie med hovedvægten lagt på Bohrs postulater fra 1913	<i>Benny Lautrup</i>	SNU
11/2	17.15	Universets oprindelse	<i>Martin Sloth</i>	AS (Aarh)
18/2	19.30	Niels Bohr: Dansk kultur, komplementaritet og en åben verden	<i>Finn Aaserud</i>	SNU
25/2	19.15	Molekyler i rummet	<i>Jes Jørgensen</i>	AS (Kbh)
Mar.				
11/3	17.15	Higgs-partiklen	<i>Stefania Xella</i>	AS (Aarh)
11/3	19.30	Tidlig spektroskopi og nutidige optiske ure	<i>Erik Horsdal</i>	SNU
18/3	17.15	Molekyler i rummet	<i>Jes Jørgensen</i>	AS (Aarh)
18/3	19.15	Stjerner, kerner og hjerner	<i>Hans Fynbo</i>	AS (Kbh)
Apr.				
8/4	17.15	Stjerner, kerner og hjerner	<i>Hans Fynbo</i>	AS (Aarh)
8/4	19.30	Risø som ramme og motor for forskning i Danmark	<i>Jørgen K. Kjems</i>	SNU
15/4	19.15	Higgs-partiklen	<i>Stefania Xella</i>	AS (Kbh)
Maj				
6/5	19.15	Mørkt stof og mørk energi	<i>Ole Bjælde</i>	AS (Kbh)
6/5	19.30	Medicinske anvendelser af Bohrs atommodel	<i>Liselotte Højgaard</i>	SNU
13/5	17.15	Mørkt stof og mørk energi	<i>Ole Bjælde</i>	AS (Aarh)

AS (Kbh): Astron. Selskab (København), Auditorium 4, H.C. Ørsted Instituttet, Universitetsparken 5, 2100 København Ø (www.astronomisk.dk).

AS (Aarh): Astron. Selskab (Aarhus), Matematisk Inst., Aarhus Universitet, Ny Munkegade, Bygn. 1530, Aud. D2, 8000 Århus C.

SNU: Geologisk Museum, Øster Voldgade 5-7, 1350 København K (www.naturvidenskab.net).

VHS: Videnskabshist. Selskab, H.C. Ørsted Inst., aud. 10, Universitetsparken 5, 2100 Kbh Ø (www.math.ku.dk/videnskabshistorie).

Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Foredragssække på Geologisk Museum med udgangspunkt i 100-året for Niels Bohrs atommodel.

Videnskabshistorisk Selskab

Foredragene afholdes på H.C. Ørsted Instituttet i København. Kl. 16.30 byder selskabet på kaffe, te og frugt i Institut for Matematiske Fags frokoststue, rum 04.4.19 på 4. sal. Man er velkommen til at gå med ud at spise med foredragsholderen efter foredraget, på egen regning.

Astronomisk Selskab

Universets bestanddele. Hvad består Universet af? Det er et af de mest fundamentale spørgsmål man kan stille om Universet – samtidig har det dog også vist sig at være et af de sværeste at svare fyldestgørende på. I denne foredragssække sætter vi fokus på de forskellige bestanddele, som findes i Universet. Nogle kan observeres direkte, hvorimod andre kun ses indirekte. Fælles for dem alle er dog, at de er afgørende for Universets opbygning og udvikling i fortiden, nutiden og fremtiden.

Foredragene afholdes i samarbejde mellem Astronomisk Selskab og Folkeuniversitetet. De er tilrettelagt af Johan Fynbo, Ole Bjælde og Michael Quaade, Astronomisk Selskab.

Generalforsamling i Astronomisk Selskab

Lørdag 6. april 2013

Auditoriet, Geologisk Museum
Øster Voldgade 5-7
1350 København K

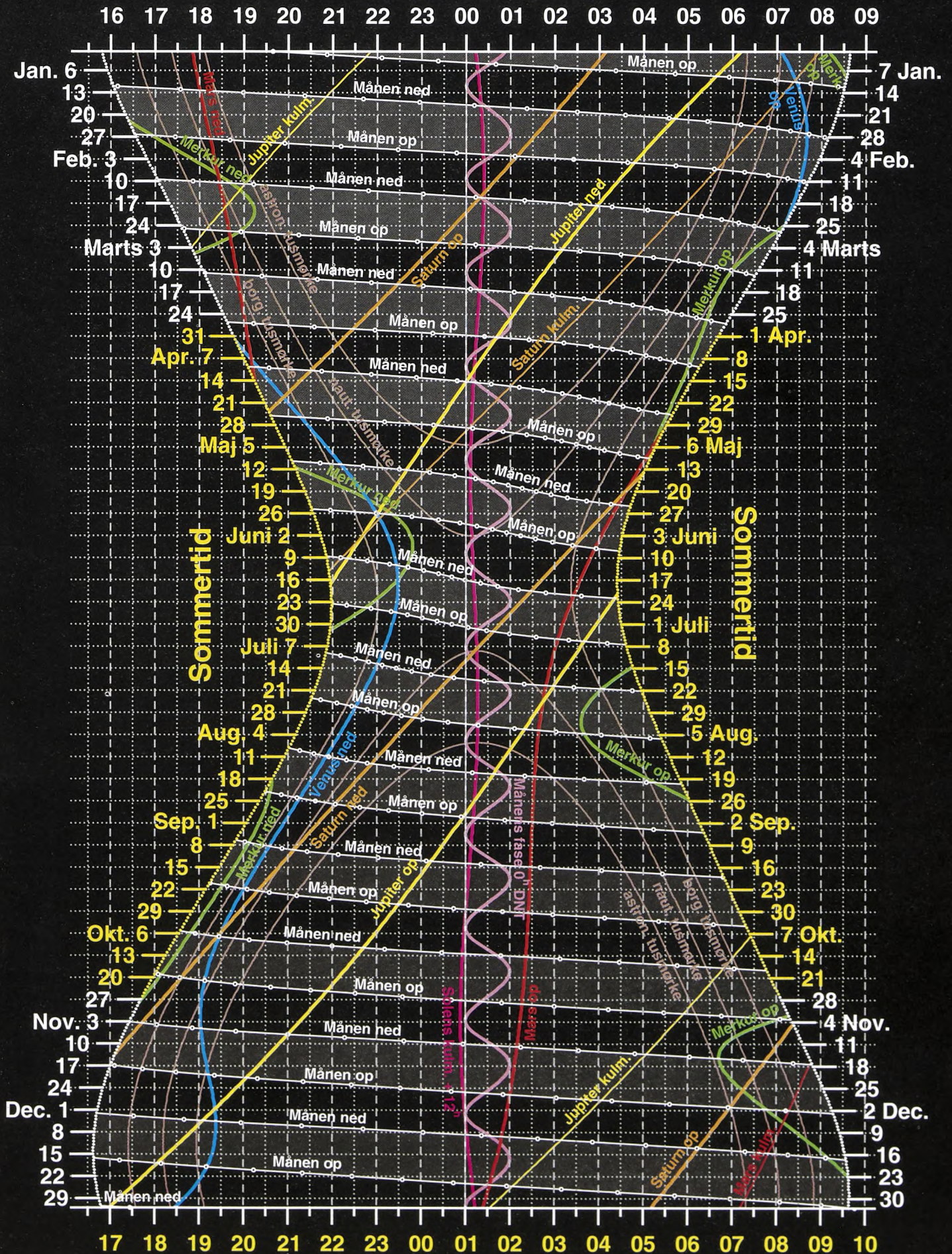
Dagsorden for generalforsamlingen, der foregår kl. 13-16:

1. Valg af dirigent og referent.
2. Godkendelse af referatet fra forrige generalforsamling.
3. Formandens beretning om Astronomisk Selskabs virksomhed i det forløbne år.
4. Beretning fra sektioner og udvalg.
5. Kassererens beretning for det reviderede regnskab.
6. Godkendelse af bestyrelsens budgetforslag for indeværende år og fastsættelse af medlemskontingent for det kommende år.
7. Indkomne forslag.
8. Valg af to bestyrelsesmedlemmer for tre år.
9. Valg af en første og en anden suppleant til bestyrelsen for ét år.
10. Valg af formand for ét år.
11. Valg af to revisorer samt en første og en anden revisorsuppleant for ét år.
12. Eventuelt.

Programmet for dagen er ikke helt klart endnu, men vi regner med at se og høre om museets meteoritter om formiddagen og se på den store klassiske linsekikkert fra 1895 i det gamle universitetsobservatorium ved siden af på Øster Voldgade 3 efter generalforsamlingen. Se mere på astronomisk.dk.

Planetkalender for København 2013

Dansk Normaltid



Skjulte skatte. Disse billeder er kåret som de bedste i en konkurrence med digital billedbehandling af Hubble optagelser. Med udgangspunkt i Hubble Rumteleskopets mange tusinde optagelser, hvoraf mange aldrig har været vist offentligt, er disse smukke billeder skabt. Læs mere om disse skjulte skatte på spacetelescope.org/images/ann1211a.





Stjernehimlen
den 1/1 kl. 22.00

Månens faser



På *morgenhimlen* ses Jupiter, Saturn, Venus og Merkur.
På *aftenhimlen* ses Mars og Jupiter.

Solsystemet ca. 1. januar

Kun planeter synlige med det blotte øje er vist nedenfor.
Udenom planetbanerne ses Dyrekredsens 12 stjernebilleder.
Den røde streg markerer Ekliptika - Solsystemets baneplan.

Astronomiske begivenheder

13/12 Stjerneskedssværmen *Geminiderne*
21/12 Vintersolhverv
4/1 Jorden nærmest Solen
20/3 Forårsjævndøgn



Oriontågen

Af Michael Quaaade

Om vinteren er stjernebilledet Orion et af de mest markante stjernebilleder, der gemmer på en af stjernehimlens smukkeste stjernetåger. Oriontågen er derfor emnet for dette nummers artikel om aktuelle objekter på nattehimlen.

Stjernebilledet Orion ses på himlen mod syd om vinteren. Det er et af de største, flotteste og nemmest genkendelige stjernebilleder. De fleste kender Orions bælte – de tre stjerner, der danner en skrå line midt i stjernebilledet.

Under bæltet ses Orions sværd som tre stjerner, der er noget svagere end de tre bæltestjerner. I en håndkikkert kan man tydeligt se at den midterste stjerne i sværdet ikke er nogen helt almindelig stjerne. Det er i virkeligheden det lysstærke kerneområde i Oriontågen.



Figur 1. Oriontågen vist nogenlunde som den tager sig ud set gennem en astronomisk kikkert. Trapez'et ses som en lille uregelmæssig klat i den lyseste del af tågen. Foto/grafik: Jesper Grønne.

I en stor stjernebillede er Oriontågen et imponerende syn. Bølgende tågedannelser fylder hele synsfeltet og der er adskillige grupper af stjerner i tågen.

Oriontågen er den klareste del af et stort kompleks af tågedannelser. På forsiden af Astronomisk Guide fra 2012 [1] kan man se Hestehovedtågen og andre af de berømte tåger i området. Hele området omkring Orion er fyldt med udstrakte rødt lysende gaståger, der for det meste består af brint [2]. Brinten findes både på ioniseret form og som brintmolekyler. Der findes også mange andre molekyler i Oriontågen. Den er det første sted ude i Rummet, hvor det er lykkedes at observere toatomige iltmolekyler som vi kender dem i Jordens atmosfære.

Paul Goldsmith fandt rotationsovergange i iltmolekylerne i spektre optaget med Herschel Rumteleskopet i 2011 [3]. Herschel teleskopet er det hidtil største rumteleskop med et spejl på 3,5 meter. Det er også det første rumbaserede teleskop bygget til observationer i

bølgelængder, der går fra det fjerne infrarøde til submillimeterområdet, fra 55–672 μm . Det er 100–1000 gange længere end de bølgelængder, der er i det synlige lys.

Der er også en del mørke støvtåger i Oriontågen. På billederne optaget med Hubble Rumteleskopet (figur 2 og 3) ses støvet som mørke områder i venstre side.



Figur 2. Det klareste kerneområde af Oriontågen. Optaget med Hubble Rumteleskopet i 1995 [8]. Foto: NASA, C.R. O'Dell and S.K. Wong (Rice University).



Figur 3. Oriontågen optaget med Hubble Rumteleskopet i 2006. Billedet fylder omkring en halv grad – nogenlunde som Månens diameter – på hver led [7]. Foto: NASA, ESA, M. Robberto (Space Telescope Science Institute/ESA), and the Hubble Space Telescope Orion Treasury Project Team.

I Oriontågen dannes der til stadighed nye stjerner. Mange af de stjerner, vi ser i tågen lyser mere end 10.000 gange så kraftigt som Solen. Det gælder bl.a. stjernerne i Trapez'et eller θ Ori. Det er en karakteristisk lille firkant af stjerner midt i tågen som blev opdaget af Galilei i 1617 [4]. Man kan næsten altid få øje på de fire klareste stjerner i et teleskop og hvis der ikke er for meget lufturo kan man ofte skimte en eller to mere. På billederne ses Trapez'et lidt til venstre for midten.



Figur 4. Protoplanetary discs i Oriontågen optaget med Hubble Rumteleskopet i 1994 [6]. De ses som de aflange "klumper" rundt om på billedet. De to klareste Trapezstjerner ses lige ved siden af den sorte trappeformede afskæring af billedet, der er en følge af teleskopets opbygning. Foto: C.R. O'Dell/Rice University, NASA.

Mange af de nydannede stjerner er omgivet af skiver af støv og gas – *protoplanetary discs* eller *proplyds* (se figur 4). Som navnet antyder er de planetsystemer i dannelsesfasen. På billedet af Oriontågens kerneområde kan man skimte nogle af dem lidt under Trapez'et. Nogle af dem ser lyse ud – det er fordi gassen i dem ioniseres af det energirige lys fra stjernerne i Oriontågen, især θ Ori C, den klareste af stjernerne i Trapez'et. Andre er mørke, fordi de er for langt fra stjernerne – de ses som mørke silhouetter mod den lysende tåge [5] og [6].

I en astronomisk sammenhæng er Oriontågen ikke ret langt væk – kun omkring 1500 lysår. Det er derfor, der er lysstærk nok til at vi kan se et væld af spændende detaljer i den – både når man kikker på den med øjet gennem en stjernekikkert og når forskerne undersøger den nærmere med avancerede instrumenter.

Litteratur

- [1] Astronomisk Guide 2012, forsiden
- [2] Michael Quaade: Stjernetåger fylder ofte meget mere end Månen. *Kvant* nr. 2, 2010, side 7
- [3] <http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=49008>
- [4] Karsten Bomholt: Galilei's Orion. *Knudepunktet* nr. 3, 2010, side 4
- [5] <http://www.spacetelescope.org/news/heic0917/>
- [6] <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/1994/24>
- [7] <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2006/01>
- [8] <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/1995/45>

Ny udgave af Astronomisk Guide

Af Michael Quaade

I dagene omkring 1. december er den nye udgave af Astronomisk Guide på gaden.

Vi fortsætter traditionen med en kortfattet oversigt over astronomiske foreninger, institutioner, observatorier, uddannelsesmuligheder mv. samt basal astronomisk baggrundsviden om himmellegemernes natur. Her præsenteres himmelobjekter, man selv kan se med det blotte øje og i kikkerter, bl.a. i landets mange offentligt tilgængelige observatorier.

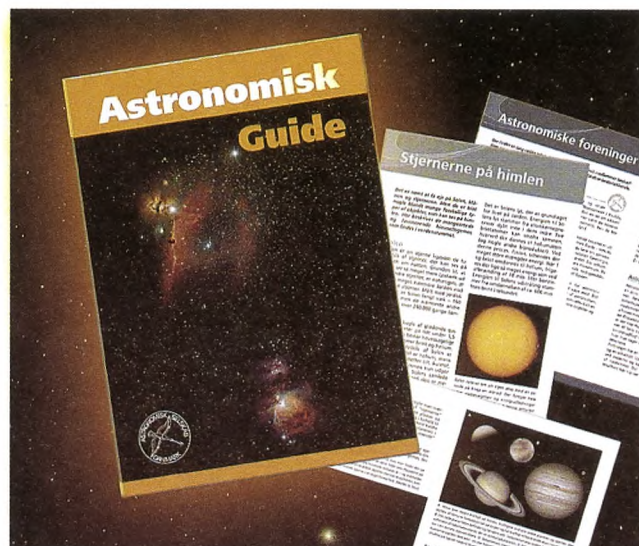
En nyskabelse i denne udgave er afsnittet om astronomi for børn. Det er kommet til på baggrund af ønsker fra læserne af de tidligere udgaver. Her præsenterer vi børneegnede aktiviteter som f.eks. at finde stjernebilleder på himlen. Det er vigtigt at stimulere og opfylde børns - og voksnes - naturlige nysgerrighed overfor rummet, der omgiver os. Her giver vi børnefamilier lejlighed til at få nogle fælles spændende oplevelser under nattehimlen.

Vi ser frem til også i fremtiden at kunne udgive en trykt Astronomisk Guide med passende mellemrum, bl.a. i forbindelse med Astronomisk Selskabs 100-års jubilæum i 2016. Denne udgave af Astronomisk Guide er udkommet i slutningen af 2012, samtidigt med Dan-

marks Radios udsendelse af en TV-julekalender med astronomisk tema.

Materialet i Astronomisk Guide er tilgængeligt på internettet som en del af Astronomisk Selskabs hjemmeside astronomisk.dk. Den bliver naturligvis opdateret efterhånden som der fremkommer nye oplysninger.

Vi takker Fonden Dr. N.P. Wieth-Knudsens Observatorium og Tips- og Lottomidler til Friluftslivet for støtte til Astronomisk Guide 2012.



Paradokser i tidsrejsefilm

Af Michael Cramer Andersen, Christianshavns Gymnasium

Et af de fysiktemaer, der hyppigt optræder i science fiction film, er *tidsrejser*. Vi skal her se på nogle film, hvor tidsrejser spiller en væsentlig rolle, samt identificere nogle af de vigtigste paradokser.

Hvad nu hvis...man kunne rejse i tiden?

Der findes mange eksempler på film, hvor handlingen sættes i gang af én eller flere *tidsrejser*. Både paradokserne, der ofte følger af tidsrejserne, og blandingen mellem forskellige tidsaldre, kan virke ret underholdende. Tidsrejsefilm er ikke en egentlig genre. Filmene kan tilhøre vidt forskellige genrer – fx action, gyser, komedie og eventyr – eller blande elementer fra flere genrer. Handlingen kan fx sættes i gang ved, at en central person i filmen får mulighed for at rejse frem eller tilbage i tiden. Det kan forårsage situationer, der skaber problemer for kronologien, og dermed skabes der spænding. Eksempler på nogle af de typer af paradokser, der kan opstå i forbindelse med tidsrejser er vist i boks 1. I de følgende eksempler fra film henvises til paradokserne vha. forkortelserne (BFP, IP og BP).

Boks 1. Tidsrejse-paradokser

Bedstefarparadokset (BFP): Hvis en tidsrejsende rejser tilbage til den tid, hvor hans bedsteforældre endnu ikke har mødt hinanden, og dræber sin bedstefar, vil han aldrig blive født. Men så kan han heller ikke rejse tilbage og forhindre sin egen fødsel. Bedstefarparadokset er et specialtilfælde af informationsparadokset.

Informationsparadokset (IP): Hvis en tidsrejsende rejser tilbage i tiden og ændrer på begivenheder (fx medbringer eller udsletter information), der er en forudsætning for rejsens gennemførsel, opstår der et paradoks. Hvis rejsen forhindres, forsvinder forstyrrelsen, og så bliver den alligevel gennemført og forhindret...

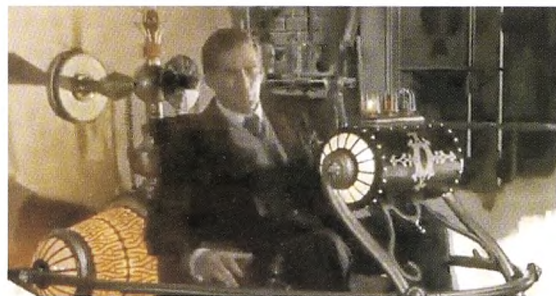
Bootstrapparadokset (BP): Hvis en tidsrejsende rejser tilbage i tiden med information eller ting, der muliggør den senere konstruktion af tingen – specielt hvis det er selve tidsmaskinen – eksisterer tingen uden rigtig at være blevet frembragt. Det er som at "løfte sig selv op i støvlestrapperne" (på engelsk: bootstrap).

Nogle film benytter sig kun ganske lidt af tidsrejser, idet de fokuserer på at skildre nogle samfundsforhold, som det ofte er tilfældet med science fiction historier. Eksempler på film, hvor der optræder tidsrejser i mild grad, er: *Tidsmaskinen* og *Abernes planet*. Andre film spiller bevidst på de paradokser, der kan opstå ved tidsrejser, og kronologien ændres så mange gange, at handlingsforløbet bliver meget komplekst. Dette er fx tilfældet i *Tilbage til fremtiden*-filmene og *Terminator*-filmene. Disse film omtales nedenfor.

Tidsmaskinen

Den engelske forfatter H.G. Wells (1866-1946) skrev i 1895 en novelle med titlen *The Time Machine* (Tidsmaskinen). Historien er filmatiseret i 1960 og 2002, begge med nogle afvigelser fra novellen.

I den første film (1960) er vi i år 1900 i det victorianske England. En mand har opfundet en tidsmaskine, "der kan bære en mand ind i fortiden eller fremtiden", og demonstrerer den for sine venner, der advarer ham mod at bruge den. Han rejser alligevel frem i fremtiden og oplever de to verdenskrige og en atomkrig, der fører til den menneskelige civilisations undergang. Han rejser derefter mange tusinde år ud i fremtiden, for at se om der er noget håb for mennesket. Her møder han en verden domineret af to arter – det gode Eloiofolk, der lever et følelsesløst liv på landjorden og det onde Morlock-folk, der lever under jordens overflade og ernærer sig ved at spise Eloioer. Tidsmaskinen og hans liv bringes i fare, men det lykkes manden at vende hjem til sin egen tid.



Figur 1. Tidsmaskinen som den afbildes i filmen *Tidsmaskinen* fra 1960. Den tidsrejsende sidder behageligt i en lænestol med et panel foran sig, hvor han kan indstille destinationstidspunktet. Stillbillede fra filmen.

I den nyere version (2002) er handlingen flyttet til New York. Den tidsrejsende oplever ligeledes, at menneskeheden næsten bliver udslettet og erstattet af to folk, der er henholdsvis gode og onde. Man ser hele området omkring New York udvikle sig geologisk over millioner af år, idet han rejser hele 635 mio. år frem i tiden, til en ødelagt verden med giftige skyer og rester fra det underjordiske folk. Han rejser tilbage til sin egen tid.

Filmene skal ikke ses for personskildringen, der er temmelig dårlig, grundet novellens mangel på samme. Historien er mest interessant fordi det nok er den første, der benytter en *maskine* til at muliggøre tidsrejserne. Den fremtidige verden beskrives dystert.

Abernes planet

Den franske forfatter Pierre Boulle (1912-1994) skrev i 1963 romanen *Abernes planet*. Historien er filmatiseret som spillefilm i 1968, som den første af en serie på fem film, og igen i 2001. Begge film har betydelige forskelle fra romanens historie, men rejser stadig de samme spørgsmål om teknologi, evolution og menneskets forhold til dyr. Handlingen i bogen tager udgangspunkt i en rumrejse, der også er en tidsrejse. Det beskrives meget realistisk i bogen, hvordan rumrejser nær lysets hastighed påvirker tiden.

I den første film (1968) er et hold astronauter fra Jorden rejst langt ud i fremtiden, år 3978, og har ligget i dvale under rejsen. De nødlander på en meget mærkelig planet og finder et hierarkisk opbygget samfund af aber med menneskelignende intelligens og tale. Gorillaer er politi, orangutanger er administratorer og chimpanser er kunstnere og videnskabsmænd. Mennesker er stumme og udnyttes som slaver. Én astronaut bliver dræbt, udstoppes og udstilles på et museum. De to overlevende astronauter bliver undersøgt af videnskabsmænd og psykologer. Mens den ene får det hvide snit, flygter den anden sammen med to forskeraber, der er kommet på hans side. I et afspærret område, som har været forbudt i århundreder pga. strålingsfare, finder de spor af en gammel menneskelig civilisation, fra før aberne fik herredømmet. Det er ikke en fremmed planet han er kommet til – men Jorden selv – i en fjern, postapokalyptisk fremtid.

Den nye version (2001) starter i år 2029, hvor en astronaut udfører forsøg med primater på en rumstation. Én af aberne flyver i et mindre rumfartøj ind i en elektromagnetisk storm og forsvinder. Da astronauten følger efter ham ind i stormen kommer han frem til år 5021. Han lander på en planet, hvor aber dominerer over mennesker. Handlingen minder i store træk om bogen og den første film, men afviger også en del. Astronauten ender med at rejse tilbage til sin egen tid, der nu også er domineret af aber.

Tidsreisen bliver primært brugt til at skildre en fremtid, hvor mennesket er fortrængt af andre væsener. Det virker særlig uhyggeligt, fordi det opleves af mennesker, vi kan identificere os med. I den 'reboot', der blev lavet i 2011, ser man hvordan aberne kom til at dominere over mennesket pga. genetiske eksperimenter på dyr.

Tilbage til fremtiden

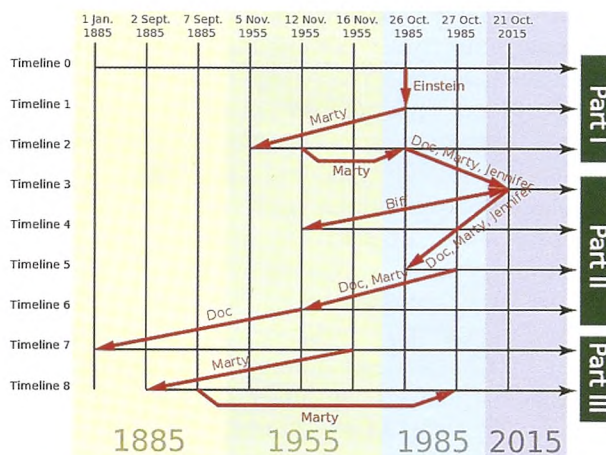
Lad os vende blikket mod en mere humoristisk historie. *Back to the Future*-trilogien (på dansk: Tilbage til fremtiden), fra slutningen af 1980'erne, er gennemsyret af situationer med tidsrejser. Filmene kan karakteriseres som humoristiske science fiction eventyrfilm.

I den første film (1985) er teenageren Marty McFly noget uheldig med sin familie. Da hans ven, den skøre professor Doc Brown, demonstrerer en tidsmaskine, bygget ind i en DeLorean sportsvogn, kommer Marty ved et tilfælde til at rejse fra sin nutid, 1985, tilbage til 1955. Her møder Marty sine forældre, kort før de møder

hinanden. Hans jævnaldrende(!) mor forelsker sig i den smarte Marty, og er slet ikke interesseret i hans virkelige (kommende) far, nørden George McFly. Marty's fremtidige eksistens er nu i fare (BFP). Dette illustreres ved, at Marty bliver usynlig på et familiefoto, som han har på sig. For at sikre sin egen fødsel må Marty derfor sørge for, at hans forældre forelsker sig i hinanden. Det sker bl.a. ved, at han ved den afgørende fest spiller et rock'n'roll nummer, der endnu ikke er skrevet (IP). Han skal desuden finde en energikilde der er kraftig nok til, at han kan rejse tilbage til fremtiden, da det plutonium, som forsynede den vitale "flux capacitor" med energi, er sluppet op. Ved at udnytte et historisk lynnedslag i rådhusuret (IP) vender Marty hjem til sin familie, der i mellemtiden er blevet meget mere harmonisk. Hans far er science fiction forfatter, bl.a. inspireret af et møde med et rumvæsen, som var Marty i forklædning (IP). En ny parallel tidslinje (se tidslinje 2 i figur 3) er skabt.



Figur 2. Tidsmaskinen DeLorean fra *Tilbage til fremtiden* trilogien, her som legetøjsmodel.



Figur 3. Kronologien i *Tilbage til fremtiden* trilogien. Handlingen ændres mærkbart så mange gange, at der skal bruges 8 tidslinjer til at udrede handlingen. Grafik: Wikimedia Commons.

I *Tilbage til fremtiden II* (1989), fortsættes handlingen i 1985. Marty og hans kæreste Jennifer rejser, sammen med Doc Brown, frem til år 2015 (se tidslinje 3 i figur 3). Doc har erfaret, at deres søn vil komme i alvorlige problemer med Tannen familien. Marty forhindrer, at det sker. Før de rejser tilbage til 1985, køber Marty en årbog med sportsresultater. Doc advarer ham mod at udnytte information fra fremtiden til sit eget bedste (IP). Sportsårbogen havner i stedet i hænderne på Biff Tannen, familiens plageånd, som har fulgt efter dem. I et uopmærksomt øjeblik låner Biff DeLorean-tidsmaskinen, rejser tilbage i tiden og giver sportsårbogen til sit yngre jeg (IP) og returnerer tidsmaskinen,

uden at Marty og Doc aner uråd. Men da de rejser tilbage til 1985, er alting forandret (IP). Biff er rig og korrupt efter at have spillet på alle vinderne i sportsårbogen i mange år. Samfundet er domineret af kriminalitet. Marty's far er blevet dræbt. Biff har giftet sig med Marty's mor og Doc bor på en sindssygeanstalt (tidslinje 4 i figur 3). Egentlig burde ændringerne allerede være sket ved Biffs retur (IP). For at bringe historien tilbage på sporet må Marty rejse tilbage til 1955 (tidslinje 5 og 6 i figur 3) og forhindre, at den unge Biff får bogen, og han må være meget forsigtig, så fremtiden ikke bliver forstyrret igen (IP). Filmen ender med, at Doc rejser helt tilbage til 1885, og forviklingerne fortsættes i del 3 (tidslinje 7 og 8 i figur 3).

Doc er inspireret af Einsteins relativitetsteori og advarer i filmene om, at foretage sig noget som "kan føre til forstyrrelser i rumtidskontinuet". Under tidsrejser skal man derfor overholde *Docs etiske tidsrejse-regler*:

1. Undgå at bringe vigtig information, fx fremtidige sportsresultater, tilbage i tiden. Tidsrejser blev ikke opfundet for at vinde i sportsvæddemål.
2. Undgå at forstyrre begivenheder, som er vigtige for din egen eksistens.
3. Undgå at konfrontere dig med dig selv. Det kan føre til besvimelse eller et tidsparadoks, der ødelægger hele Universet.

Der er flere eksempler på, at reglerne brydes, fx sender hovedpersonerne breve til sig selv eller hinanden i fremtiden for at blive reddet fra døden eller for at undgå at blive efterladt i en tid, de ikke hører til (IP). Ved de fleste tidsrejser bliver historien blot ændret en smule eller der bliver skabt en alternativ virkelighed. Enkelte episoder i filmen viser eksempler på BP, eller det mere spekulative PP (se boks 2). Fx når Marty ved et uheld får fortalt Goldie Wilson, at han vil blive borgmester i fremtiden og han derfor får ideen til at stille op til posten. Eller den berømte scene hvor Marty spiller et Chuck Berry nummer som endnu ikke er skrevet og Chuck Berry bliver inspireret til at skrive den. Endelig fatter Marty's kommende mor sympati for navnet Marty, så hans navn er inspireret af ham selv.

Boks 2. Prædestinationsparadokset (PP)

Et *prædestinationsparadoks* kaldes også en *kausal løkke*. Det opstår når en tidsrejsende fanges i en løkke af begivenheder, der forudbestemmer ham til at rejse tilbage i tiden for at forhindre, at begivenhederne i fortiden ikke ændrer fremtiden. PP minder om BP. Hvis en tidsrejsende forsøger at lave om på fortiden – bevidst eller ubevidst – vil det blot medvirke til, at han skaber historien som vi kender den, og ikke til at han ændrer den. Hvad der end er sket, var *forudbestemt til at ske*. Det kraftige element af forudbestemthed, eller 'skæbne', i dette paradoks bygger på en antagelse om, at tidsdimensionen er fastlagt ligesom de tre rumdimensioner. I teksten henvises der til dette paradoks med "(PP)". Læs mere om PP i [3].

Tilbage til fremtiden-filmene er rige på inkonsisten-
ser, eller paradokser, som følge af brud på reglerne, men de kan begrundes med, at hovedpersonerne skal over-
leve, og de øger underholdningsværdien. Tidsrejserne
giver personerne nærmest overnaturlige evner, ligesom
i eventyr. I kraft af filmenes kreative kombination
af fremtidsteknologi, ironi og humor, har de opnået
klassiker- og kultstatus.

Terminator-universet

Den første Terminator-film udkom i 1984, hvor truslen om en global atomkrig var reel. Der skabes ekstrem uhygge ved, at en dystre fremtid, som vi kun får ufuldstændig viden om, påvirker vores egen tid. Der er lavet fire film og en tv-serie, og flere film er måske på vej. Her skal vi kun se på de tre første film, hvor tidsrejser spiller en væsentlig rolle.

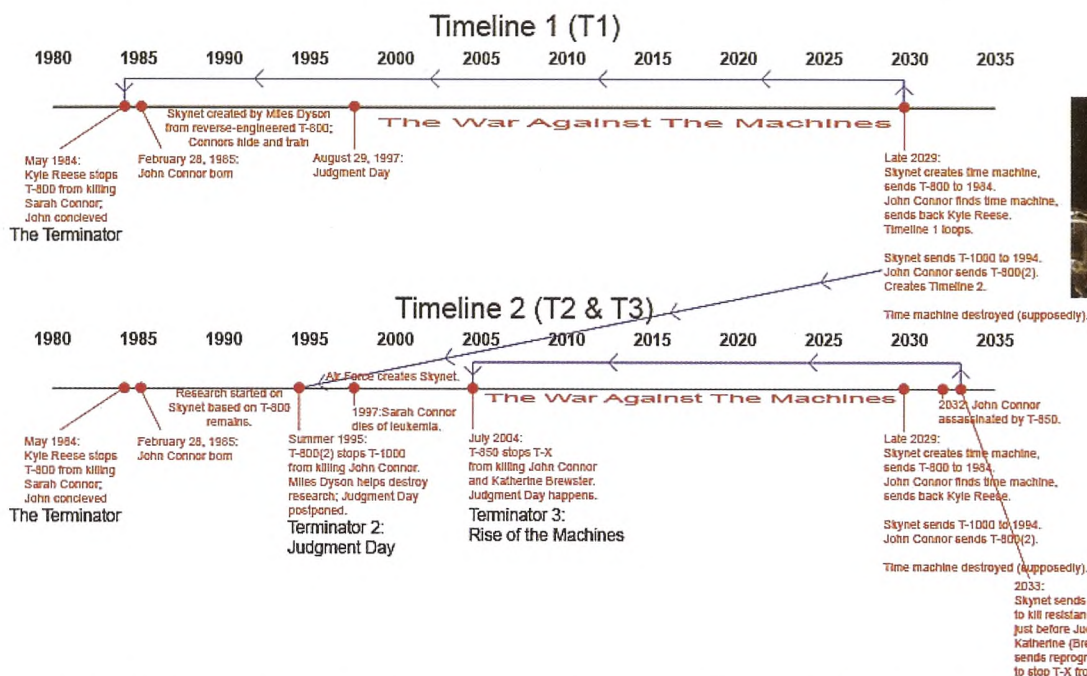
I *Terminator* (1984) tager handlingen udgangspunkt i en fremtidig postapokalyptisk krig mellem mennesker og maskiner. I år 2029 har det kunstigt intelligente verdensomspændende computernetværk, *Skynet*, overtaget herredømmet og er godt i gang med at udrydde resterne af menneskeheden efter en atomkrig. Maskinerne sender en *Terminator*-dræbermaskine tilbage til år 1984 for at dræbe servitricen Sarah Connor. Kort efter ankommer en mand, Kyle Rees, også fra fremtiden. Terminatoren opsporer Sarah, og forsøger at dræbe hende, men hun reddes af Kyle og de flygter sammen. Kyle fortæller om *Skynet*, der i den nære fremtid vil blive selvbevidst og indlede en atomkrig, der skal udslette menneskeheden. Denne dag, "Judgment Day" (Dommedag), er bestemt til 29. august 1997. Sarahs endnu ufødte søn, John Connor, vil anføre de overlevende i kampen mod *Skynet* og dets hær af maskiner. Da modstandsbevægelsen er tæt på at vinde kampen, sender *Skynet* en terminator tilbage i tiden for at dræbe Sarah og forhindre, at John kan blive født. Terminatoren er en følelsesløs og effektiv dræbermaskine, med et stærkt metalskelet, men med et lag af levende væv, der får den til at ligne et menneske. Mens Sarah og Kyle er på flugt fra terminatoren fortæller Kyle, at han længe har været forelsket i Sarah pga. et foto af hende, som John gav ham med på missionen, for at han kunne genkende hende (IP). Sarah gengælder hans følelser og de har sex, hvor John undfanges (BP). Terminatoren finder dem, Kyle bliver såret, og under jagten brænder terminatoren hud og kød af. Den skeletlignende sølvskinnende robot fortsætter jagten ind på en fabrik, hvor det efter en sidste kamp lykkes Kyle og Sarah at deaktivere den, men Kyle dør. Et stykke tid senere kører den nu gravide Sarah til Mexico og det foto, som Kyle havde med fra fremtiden, bliver taget (IP). Hun går fremtiden i møde med frygt, men fast besluttet på at forberede John på hans betydningsfulde rolle som menneskeheden's frelser.

Truslen om menneskeheden's undergang hænger konstant i luften igennem filmen, som om fremtiden var forudbestemt (se boks 2). Selv om hovedpersonerne gør, hvad de kan for at forhindre den dystre fremtid, kan de ikke være sikre på, hvad fremtiden vil bringe.

I *Terminator 2 – Judgment Day* (1991) er vi i 1995, hvor John er ti år og bor hos sine plejeforældre i Los Angeles. Sarah har forberedt ham på hans fremtidige rolle, men er selv indespærret på et sindsygehospital for kriminelle, fordi hun forsøgte at sabotere en computer-fabrik. Skynet sender en ny avanceret terminator tilbage i tiden for at dræbe John. Det er en T-1000 prototype lavet af en "mimetisk polylegering" af flydende metal, der kan ændre form og farve til alt hvad den rører ved, også knive, men ikke skydevåben. Mens T-1000 prøver at opspore John, bl.a. i form af en politibetjent, sender den fremtidige John en omprogrammeret terminator tilbage i tiden, for at beskytte den yngre John (IP). De befrier Sarah, som først er skræmt af terminatoren, men hun forstår, at han vil hjælpe dem – på sin egen brutale måde. John opdrager på terminatoren, så den blot skyder efter benene, i stedet for at dræbe. Trekløveret opsøger den ingeniør, som er ansat ved "Cyberdyne Systems", og som vil blive mest direkte ansvarlig for udviklingen af Skynet. Han arbejder på en revolutionerende ny mikroprocessor og fortæller, at den er inspireret af, og udviklet gennem "reverse engineering", ud fra den efterladte CPU og arm fra den første terminator (BP). De var så avancerede, at de aldrig ville have fundet på dem selv. Ingeniøren, der ikke kunne vide, hvad hans chip ville føre til, bliver overbevist om, at alle hans tegninger og delene fra terminatoren skal destrueres. Efter en voldsom kamp på Cyberdyne-virksomhedens forskningslaboratorier, hvor både politi og de to terminatorer kæmper, ofrer ingeniøren al sin forskning og sig selv i en kæmpeeksplosion. T-1000 terminatoren forfølger John, Sarah og deres beskyttende terminator. De når til en stålfabrik, hvor en skæbningsvanger kamp mellem menneske og maskine udspilles. Det ender med, at T-1000 skydes i stykker og smelter i det flydende stål. John kaster delene fra

den første terminator efter den og til sidst lader deres terminator 'ven' sig nedsænke i det flydende metal og deaktiverer – for at dens teknologi ikke kan bruges til at udvikle Skynet (IP). Sarah ser på fremtiden med større håb, men kampen er endnu ikke vundet (PP).

I *Terminator 3 – Rise of the Machines* (2003) lever den nu voksne John Connor under jorden. Sarah er død. Det er den 24. juli 2004 og selv om *Judgment Day* for længst er passeret, tror John, at den blot er udskudt (PP), som følge af sabotagen af Cyberdynes forskning. Der ankommer to terminatorer fra fremtiden – én kvindelig model T-X, der bl.a. kan kontrollere andre maskiner, og en almindelig, der skal beskytte John og hans allierede. Skynet projektet er i fuld udvikling af det amerikanske luftvåben, og ledes af general Robert Brewster. Hans datter Kate hjælper John – og bliver hans fremtidige kone. John, Kate og terminatoren ankommer akkurat for sent til at forhindre, at general Brewster installerer kunstig intelligens i forsvarsnetværket, for at stoppe spredningen af en omfattende computervirus. Skynet er en realitet, og det overtager kontrollen med det militære netværk og en række selvstyrende kampmaskiner, som indleder maskinernes første kollektive kamp mod mennesker. John vil lokalisere Skynets systemkerne og deaktivere den. General Brewster, der er dødeligt såret, når, lige inden han dør, at fortælle, at de skal tage til en militærbase i Nevada. Det viser sig at være en underjordisk bunker. Skynet har ingen kerne, men eksisterer som software i cyberspace og kører på alle computere. Skynet indleder en serie atomangreb på forskellige mål og fortsætter i en dommedagslignende krig. John og Kate er godt beskyttet i bunkeren, og da de får radiokontakt med overlevende, begynder John, som forudsagt (PP), at lede menneskets kamp mod Skynet og maskinerne.



Figur 4. Kronologien i de første tre *Terminator*-film. Handlingen og paradokserne diskuteres flere steder på nettet, fx terminator.wikia.com, hvor denne tidslinje er hentet fra.

Der er flere paradokser i Terminator-filmene, som er med til at gøre dem interessante at analysere fysisk. Tidslinjerne i figur 4 kan være en hjælp. Bootstrap-paradokset (BP) kommer i anvendelse flere gange. I den første film bliver Kyle Reese sendt tilbage af John, men ender med at blive Johns far. Tilsvarende kommer den første terminator fra fremtiden og af dens dele udvikles Skynet, som sender den tilbage i tiden. Både John og terminatoren befinder sig således i en lukket tidssløjfe, ved at de i fremtiden bliver årsag til deres egen oprindelse. Terminatorens teknologi bidrager til udviklingen af Skynet, men her er BP ikke tilstrækkeligt. Kun med det noget problematiske prædestinationsparadoks (PP), kan dette begrundes. Selv om hovedpersonerne prøver at forhindre udviklingen af Skynet, ved at sabotere forskningen, bliver det alligevel udviklet, bare forsinket. Det er skæbnebestemt, måske fordi det er Skynet, der råder over teknologien til tidsrejser?

Terminator-figuren, der spilles af Arnold Schwarzenegger, spiller meget på *maskulinitet* og hvordan manden må overskride sin menneskelighed symbolsk, for at blive en rigtig mand. Mens terminatoren repræsenterer *maskinerne*, der vil *erobre verden* og udnytte eller udslutte mennesket, repræsenterer John på den anden side *menneskeheden*, der dybest set ønsker fred, og han forsøger derfor at *redde verden*. Kampen mellem det gode og det onde får yderligere symbolsk betydning af tydelige referencer til kristendommen: Profetier om fremtiden, specielt Dommedag, og personen John – hvis navn er afledt af Johannes (Døberen). Han undfanges under mystiske omstændigheder, ligesom Jesus. Her er helligånden bare udskiftet med en mand fra fremtiden. John skal frelse menneskeheden – ikke fra arvesynden men fra en kunstig intelligens i cyberspace, der styrer maskinerne. Den uhyggelige skæbnefortælling er pakket ind i action, teknologi, special effects og humor, hvilket har skaffet filmene mange fans.

Der er lavet flere satirer over *Terminator*-filmene, bl.a. én, hvor terminatoren tager tilbage i tiden for at *redde Jesus* og derfor dræber alle hans fjender. Men Jesus ønsker ikke at blive reddet! Han har svært ved, at tale ham fra at dræbe Judas [4]. I en anden kortfilm [5] er terminatorens mål opfinderen af tidsmaskinen – som er ingen ringere end Doc fra *Tilbage til fremtiden*. Derved blandes figurene fra de to serier med hinanden.

Kampen mellem det gode og det onde

Filmene, der er omtalt ovenfor er klassikere indenfor tidsrejsegenren. Men der er mange andre film, hvor tidsrejser spiller en større eller mindre rolle. En liste over 50 af de bedste film er samlet i [6]. De bedste og mest tankevækkende film er ofte kriminalhistorier. Her vil vi yderligere nævne fire film, der hver især sætter tidsrejserne ind i en interessant ramme, som fører til tankevækkende paradokser.

Filmen *Timecop* (1994) foregår dels i 1994 og dels i en fremtid (2004), hvor tidsrejser er udbredt. De bliver misbrugt af kriminelle til at tjene hurtige penge bl.a. gennem overfald på historiske guldtransporter og aktie-

handler under børskrakket i 1929. Max Walker arbejder ved tidspolitiet, der forsøger at bekæmpe denne misbrug. Han overlever et angreb i sit hjem, men hans kone dør. Da *tidsrejser ikke må bruges til ens eget bedste*, kan han ikke redde hende på den måde. En af de politikere, der har tilsyn med tidspolitiet, senator McComb, er imidlertid korrupt og Walker efterforsker ham. Da hans tidsrejser fører ham tilbage til det tidspunkt hvor han mistede sin kone, finder han McComb og hans mænd i sit hus. McComb uskadeliggøres ved, at den yngre og ældre udgave af ham *annihilerer hinanden*, idet “det samme stof ikke kan optage den samme plads på samme tid”. Walker redder sin kone (BP) og efterlader hende med sit yngre jeg. Da han vender tilbage til sin nutid har han en hel familie! Filmen er bl.a. interessant fordi den giver et bud på, hvad der sker, når den samme person i yngre og ældre udgave støder sammen. Timecop er til dels inspireret af Terminator, men er knap så vellykket. Temaet med kriminelles udnyttelse af tidsrejser tages senere op i filmen *Looper*.

I *Twelve Monkeys* (1995) skal James Cole, en mand fra fremtiden, opspore den virus, der dræbte det meste af Jordens befolkning i slutningen af 1990'erne. Han finder spor af sygdommen, men kommer ved sin efterforskning til selv at inspirere til katastrofen. Han rapporterer sine resultater til en telefonsvarer, som bliver aflyttet i fremtiden. Gennem hele filmen plages han af mareridt, hvor han genoplever en oplevelse fra sin barndom. Han ser en mand, der løber i en lufthavn og falder i armene på en smuk kvinde. Vi erfarer, at denne mand er ham selv i forklædning, i det øjeblik han dør, og det overværes af hans yngre jeg. Drengen er forudbestemt til at gentage sløjfen (PP). Slutningen er dog åben, idet den ansvarlige forsker, som tager ud på en række flyrejser med den livsfarlige virus, bliver mødt i flyet af den kvinde fra fremtiden, som leder efterforskningen.

I *Primer* (2004) følger man to unge ingeniører, Aaron og Abe, der i deres fritid laver videnskabelige eksperimenter i den enes garage. De vil prøve at 'blokere' tyngdekraften via superledere og det lykkes også at reducere massen af små genstande betydeligt. Da de opdager at et stopur går anderledes i deres apparat, bygger de en større model, som kan rumme et helt menneske. Maskinen placeres i et lagerlokale, så de ikke bliver forstyrret. I deres eksperimenter rejser de tilbage i tiden og sørger for, at deres dobbelgængere ikke forstyrrer dem selv eller andre. Den ene fortæller dog ikke om alle de rejser han foretager og da han både begynder at spekulere i aktier og medvirker til et mord, sætter det venskabet på en hård prøve. Tidsrejserne har flere bivirkninger og i forsøget på at udbedre de skader de har forvoldt, mister de næsten kontakten med virkeligheden. Filmen er interessant ved, at der foreslås en ny teknologi til at opnå tidsrejser, selv om den kun antydes. Den har hele tiden en uhyggelig stemning, og formår at rejse interessante spørgsmål, selv om det er en meget billig produktion. Måske netop derfor har den hurtigt opnået en høj placering indenfor genren.

I *Looper* (2012) foregår handlingen i 2044. Tidsrejser er endnu ikke opfundet (IP), men vil blive det om 30 år (2074). De bliver dog hurtigt forbudte, og benyttes kun af forbryderorganisationer, som vil skaffe sig effektivt af med ligene af uønskede personer, idet sporingsteknikkerne er meget effektive. En forbryderorganisation, ledet af en mand fra fremtiden, har ansat en række 'loopers', der dræber personer fra fremtiden (IP) og skaffer dem effektivt af vejen. På ofrets ryg er fastspændt sølvbarrer som betaling. Tidsrejser er imidlertid så ulovlige i fremtiden, at disse loopers også selv må skaffes af vejen, når de bliver gamle. Når der skal lukkes et 'loop', sendes den ældre looper tilbage for at blive dræbt af sit yngre jeg – men nu med guldbarrer på ryggen – så hans yngre jeg virkelig kan nyde de næste 30 år. Pludselig er der flere og flere loops der bliver lukket kort efter hinanden og en ældre looper flygter. For at fange den undslupne ældre looper, lemlæstes den yngre, hvilket øjeblikkeligt fører til ar på den ældre og hans lemmer forsvinder og han bliver fanget. Endnu en ældre looper undslipper og han begynder at opspore, hvem der med tiden bliver den grusomme forbryderboss, kaldet "Regnmageren", der vil lukke alle loops og som er skyld i hans kones død. Den unge looper må træffe et valg. Skal hans ældre jeg få lov til at løbe frit rundt og dræbe uskyldige mennesker, som vil skade hans fremtid? Eller skal han standses effektivt? Filmen er bl.a. interessant ved, at ændringer foretaget på den unge looper øjeblikkeligt får konsekvenser på den ældre, således at hele den mellemliggende tid løbende opdateres.

Afslutning

Tidsrejser optræder efterhånden i mange forskellige film også i de større produktioner med kendte skuespillere. Der er, som antydnet, masser af spændende paradokser, der kan analyseres meget dybere, end det er gjort her. Hvis tidsrejser forekom, og de omtalte paradokser var reelle, ville de påvirke alt der eksisterer.

Litteratur

- [1] Søren Thomas, Science fiction film i et halvt århundrede. Frydenlund 2002.
- [2] Wikipedia-artikler om de omtalte film.
- [3] Artikler om "Grandfather paradox" og "Predestination paradoxes in popular culture" på den engelske Wikipedia.org
- [4] "Mad Tv – Arnold's Terminator (jesus parody)", www.youtube.com/watch?v=ftgmdRIDkko
- [5] "Terminator – How It Should End" i tegnefilmversion, www.youtube.com/watch?v=bBBw9E2Q_aY. Den findes også i en 'live action' version, sammensat af klip fra filmene. Flere parodier på www.howitshouldhaveended.com.
- [6] 50 Best Time Time Travel Movies, www.totalfilm.com/features/50-best-time-time-travel-movies/



Michael Cramer Andersen
underviser i fysik og astronomi på Christianshavns Gymnasium og er redaktør af Kvant. Hans faglige interesser er kosmologi og videnskabs-historie, og han kan mægtigt godt lide science fiction film med tidsrejser.

Kræftvækst – breddeopgave 52 med didaktisk kommentar

Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, NSM, RUC

Mit formål med artikelserien om breddeopgaver er – udover at gøre opmærksom på RUCs fysikuddannelse – dobbelt: Dels udvælger jeg opgaverne, så de kan have interesse som fysikproblemer i egen ret. Dels udvælger jeg dem med henblik på at kunne knytte didaktiske overvejelser til dem af interesse for fysikundervisere. I første omgang i forhold til universitetsundervisning. Men i anden omgang kunne der måske også trækkes paralleller til andre undervisningsniveauer.

Her bringes løsning og kommentar til opgaven fra forrige nummer samt en ny opgave. Opgaven i sidste nummer af KVANT var denne breddeopgave (nr. 52 i rækken her i KVANT):

Breddeopgave 52. Kræftvækst

Tilvæksten af kræftceller per tid er for en kræftsvulst proportional med kræftsvulstens overflade. Hvordan vokser kræftsvulsten med tiden? Begrund svaret.

Løsning

Vi antager ens form af kræftsvulsten, når den er stor og lille. Så vil dens overflade være proportional med $V^{\frac{2}{3}}$, hvis V er dens volumen. Altså gælder:

$$\frac{dV}{dt} = K_1 \cdot V^{\frac{2}{3}}, \quad (1)$$

eller $V^{-\frac{2}{3}} dV = K_1 \cdot dt$, som ved integration giver:

$$V = K_2 \cdot t^3, \quad (2)$$

hvis t regnes fra det tidspunkt, da svulsten var forsvindende lille (Hvad værdierne af konstanterne K_1 og $K_2 = (K_1/3)^3$ er, er et medicinsk problem).

Kommentar

I min undervisning introducerer jeg blandt andet kurserne, som er bygget op omkring breddeopgaverne, ved hjælp af følgende karakteristik af den ikke eksperimentelle side af fysik:

Fysik kan karakteriseres ved fagets begrænsede række af matematisk formulerede teoribygninger. Mekanik, speciel og generel relativitetsteori, hydrodynamik og elasticitetsteori, termodynamik og statistisk mekanik, elektrodynamik, kvantemekanik og kvanteelektrodynamik. I modsætning hertil er matematik ifølge min matematikkollega Mogens Niss som et selvgenererende svampemycelium uden en endelig afgrænsning. Hvorimod fysik altså har en endelig kanon af teoribygninger. Og denne kanon udgør en fælles referenceramme for fysikere opbygget gennem deres uddannelse. Kanonen kan aflæses af lærebøgerne.

Fysik kan også karakteriseres ved de emner fysikere forsker i. Elementarpartikelfysik, kernefysik, atom- og molekylfysik, kondenseret stofs fysik, geofysik, astrofysik, biofysik. Det er en karakterisering vinkelret på teoribygningsskarakteriseringen. Der forskes ikke i særlig høj grad i udviklingen af teoribygningerne. Der er mere tale om, at de forskellige emner studeres med varierende afsæt i den allerede eksisterende kanon. Normalt oplever fysikstuderende denne dimension af fysik i deres specialearbejde. Der oplever de også, at fysikere samtidigt på den ene side har meget til fælles i kraft af deres fælles teoribygningsskanon og på den anden side er meget opsplittede og specialiserede i forhold til deres forskningsemner. Rækken af fysikforskningsemner kan fx aflæses af indholdsfortegnelsen til Physics Abstracts.

Endelig kan fysik karakteriseres ved den måde fysikere tænker på. Start enkelt. Vælg den simplest mulige model og regn først på den. Fanger den essensen? Hvis ikke så komplicer gradvist indtil essensen er fanget. Men komplicer ikke mere end nødvendigt. Det er den typiske måde for fysikere at nærme sig et problem på. Og tænke måden kan få os fysikere til på andre at virke som nogen der bilder sig ind, at de i princippet forstår alle mulige ting, som de ikke i praksis har fod på. Men faktisk har fysikeres måde gennem matematisk modellering at nærme sig problemer på undertiden vist sig produktiv i både kemi, datalogi, molekylærbiologi, geologi, geografi, økonomi, finansiering, trafikregulering og mange slags ingeniørfag. Og tænke måden har jo rødder langt tilbage i historien. I fx Platons hulemetafor er pointen den samme som i fysikertænkning. Stands ikke op ved at iagttage skyggerne af personerne på væggen modsat huleåbningen, som du sidder med ryggen til. Skyggerne er blot fremtrædelser. Essensen er personerne. Og det er personerne du skal nå frem til en erkendelse af gennem dine iagttagelser af skyggerne. At fysik i nyere tid er kommet til at stå som faget, der i udpræget grad inkarnerer essensorienteringen ses fx af

Karl Marx's forord til hans hovedværk Kapitalen. Han siger blandt andet heri, at nogen har fremført, at hans analyse af det kapitalistiske samfund ikke rækker til at beskrive datidens Tyskland og alene er en beskrivelse af datidens England. Og til dem siger han, at han opererer som fysikeren (Galilei), der undersøger det frie fald ved at måle på faldet af en sten og ikke et blad. Og herved finder frem til essensen i det frie fald, som også er styrende for bladets fald uanset luftmodstandens modifikationer. På samme måde er studiet af datidens England det, der kan føre frem til forståelsen af de drivende kræfter bag også Tysklands udviklinger.

Den ikke eksperimentelle side af fysik kan altså både karakteriseres ved fysikkens række af teoribygninger, fysikforskningens emneområder og fysikeres måde at tænke på. Da kurserne bygget op omkring breddeopgaverne på RUC primært har til formål at lære de studerende at tænke som fysikere, sekundært at lære dem noget fysik, giver det mening ind imellem at stille eksamensopgaver i matematisk modellering, som opgaven om kræftvækst her. Det er en fysikeropgave, selvom det ikke er en fysikopgave.

Breddeopgave 53. Kulde og temperatur

Inden næste nummer af KVANT udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningen til denne opgave fra breddekurset på RUC (fra vintereksamen 2011, nr. 53 i rækken her i KVANT):

Når det blæser, fryser man mere i kulden, end når det er vindstille. Hvorfor påvirker blæsten ikke uden-dørstermometerets visning? Begrund svaret.

Løsning og kommentar bringes i næste nummer.

PFEIFFER  **VACUUM**

PFEIFFER-adixen-TRINOS

samt vore partnere

VAT-COMVAT-GAMMA-HSR

TAKKER FOR 1 ÅR OG
ØNSKER ALLE VORE KUNDER

**Glædelig Jul
&
Godt nytår**

På gensyn i 2013

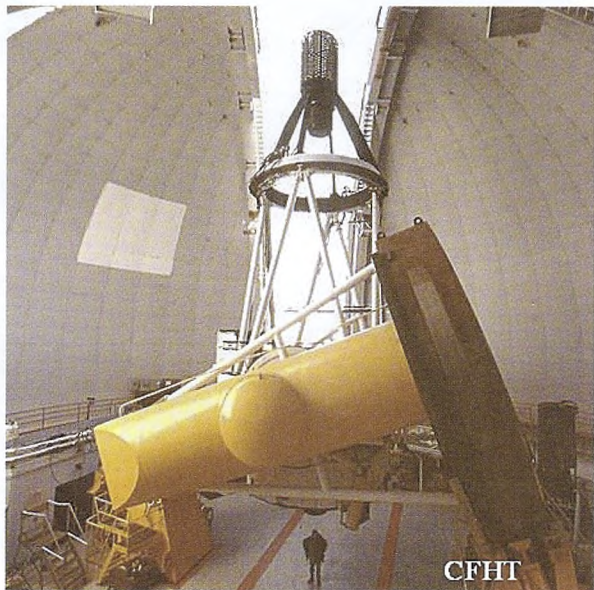
Tlf. 4352 3800 Fax 4352 3850
Erik.Fjeldgaard@pfeiffer-vacuum.dk
www.pfeiffer-vacuum.com

KVANT-nyheder

Af Sven Munk, KVANT

Lys fra supernova længe undervejs

ASTRONOMI. Astronomer har de seneste år benyttet automatiske metoder til at gennemse himmelstrøg for interessante objekter. På grundlag af data indhøstet i årene 2003-2009 med Canada-France-Hawaii-Telescope (CFHT Legacy Survey) lykkedes det at lokalisere nogle superkraftige supernovaer. Det betyder 10-100 gange kraftigere end 'normale' supernovaer.



En af de fundne supernovaer, mener forskerne, er 12 mdr. år gammel. Den havde på tidspunktet for eksplosionen en masse på 100-250 gange Solens masse. På grundlag af en ret sparsom statistik anser forskerne, at hyppigheden af sådanne superlystærke supernovaer var større i Universets barndom end det, der gælder nu.

Kilder: Superluminous supernovae at redshifts of 2.05 and 3.90; Jeff Cooke et al.; *Nature*, 2012; Centre for Astrophysics and Supercomputing, Swinburne University of Technology og CFHT Legacy Survey.

Fra sollys til brint

ELEKTROLYSE. Det har længe været et ønske, at man kan opsamle og gemme solens energi. En af de lidt mere futuristiske ideer er lade sollyset frembringe brint. Nu er der lavet et metalfrit hybrid-materiale, som danner brint, når sollyset rammer det.

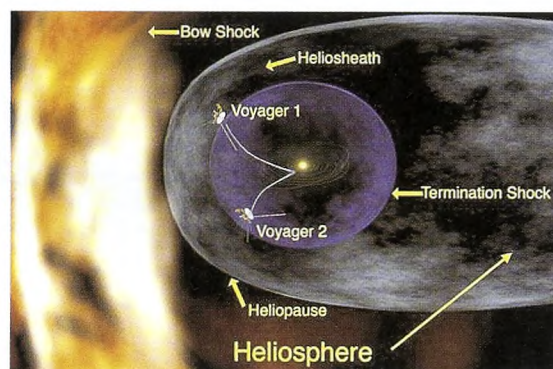
Selve processen hvormed sollys konverteres til brint betegnes *fotokemisk elektrolyse*. I det konkrete tilfælde kan det beskrives sådan: Når lys rammer en halvleder flyttes ladninger til materialets overflade. Herefter omformes den elektriske energi til kemisk energi, der så vil spalte vandmolekyler i ilt og brint.

For at undgå vandets korrosive virkning belægges overfladen med et tyndt lag polymer kulstofnitrid.

Kilder: Metal-Free Photocatalytic Graphitic Carbon Nitride on p-Type Chalcopyrite as a Composite Photocathode for Light-Induced Hydrogen Evolution. Florent Yang et al.; *Chemistry Sustainability Energy Materials*, 2012.

Solsystemets yderste grænse?

ASTRONOMI. Efter at rumsonden Voyager 1 i 35 år har været på vej væk fra Solen, regnede man med, at den snart ville forlade Solsystemet. Solvindens styrke er blevet stadig svagere, så det var forventet, at styrken snart ville blive så svag, at solvinden ville forsvinde i den interstellare gas. Dette grænseområde betegner forskerne heliopausen. Før sonden når hertil, må den passere et område, der betegnes heliosheath. Her er afbremningen af solvinden foranlediget af den interstellare gas mærkbar. Voyager 1 nåede frem dertil i 2010, hvor afstanden til Solen var 113,5 astronomiske enheder.



Billedet viser den teoretiske model, som forskerne arbejder med. Hvis man nu forestiller sig, at Solsystemet bevæger sig gennem den interstellare gas som et skib gennem vand, så burde der opstå en tværgående bevægelse i gassen (benævnt Bow Shock). Siden 2011 har forskerne ved at dreje rumsonden søgt at finde en sådan tværgående bevægelse, men hidtil uden held. Derfor antager forskerne, at den teoretiske model nok skal forbedres.

Kilder: No meridional plasma flow in the Heliosheath transition region, R.B. Decker et al.; *Nature*, 2012.

Roterer hele Universet?

KOSMOLOGI. Inden for moderne kosmologi er det en fundamentale hypotese, at Universet er homogent og isotropt og ser ens ud i alle retninger. Sidste år kradsede den amerikanske astronom Michael Longo i denne opfattelse. Efter at have undersøgt omkring 15.000 galakser måtte han konkludere, at galakser synes at have foretrukne omdrejningsretninger – de er med andre ord ikke tilfældige. Efterfølgende har astronomen Lior Shamir undersøgt 126.501 og ligeledes fundet at omdrejningsakserne ikke er tilfældigt fordelt. Undersøgelsens rumlige udstrækning er 3,9 mia. lysår.

Nu er diskussionen om betydningen af disse observationer så startet. Et bud er, at det muligvis skyldes, at hele Universet roterer. Andre forskere peger på, at der er en relativt stor usikkerhed i de indsamlede data og først efter en analyse af 1 mia. galakser, er det muligt at afgøre, om galakserne har foretrukne omdrejningsretninger.

Kilder: Handedness asymmetry of spiral galaxies with $z < 0.3$ shows cosmic parity violation and a dipole axis. Lior Shamir, *Physics Letters B*, 2012; Lawrence Technological University.

Golfstrømmen dekomponerer metanhydrat

GEOFYSIK. Metanhydrat er en fast forbindelse af metan og vand, som kun er stabil, hvis temperaturen er lav og trykket stort. På verdensplan, skønner forskere, er der 10^{13} ton af dette stof i havene. Det frosne metanhydrat (se billede) befinder sig langs kontinentalgrænserne på stor dybde og med tykkelser på op til nogle hundrede meter.



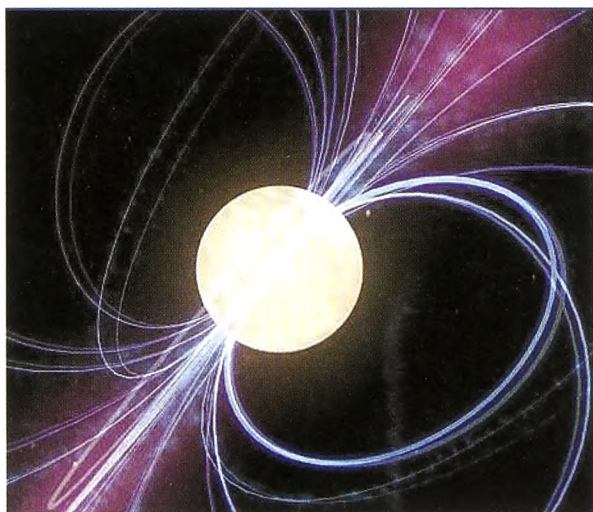
Nær østkysten i USA kan metanhydrat-ansamlinger på mere end 10.000 km² måske være på vej til at tøjle op. Optøning af metanhydrat indebærer, at metan frigøres og som gas stiger op til atmosfæren. Det er seismiske undersøgelser, som har ført til denne opfattelse. Især ved mindre vanddybder er stabiliteten af metanhydrat truet. Ved analyse af forholdene ud for North Carolina (USA) kommer forskerne frem til, at $2,5 \cdot 10^9$ ton hydrat ikke med sikkerhed kan betegnes som værende stabilt.

Bliver golfstrømmen varmere eller den bevæger sig ad anden vej, kan virkningen blive mere metan i atmosfæren. Da denne gas har en drivhuseffekt, som er 23 gange så stor som kuldioxid, er det ikke noget tillokkende perspektiv.

Kilder: Recent changes to the Gulf Stream causing widespread gas hydrate destabilization, B. Phrampus, M. Hornbach, *Nature*, 2012.

Jagt på gravitationsbølger

ASTROFYSIK. Selv med store detektoranlæg er det endnu ikke lykkedes at opfange de gravitationsbølger (svingninger i rumtiden), som burde være en konsekvens af Einsteins almene relativitetsteori. I stedet for at bygge endnu mere følsomme detektorer er der for nylig peget på en radikal anderledes metode. Nøglebegreberne er her pulsarer, sorte huller og radioteleskoper. Pulsarer er neutronstjerner med masse som solen, men med en diameter på ca. 20 km. De roterer hurtigt og udsender stærkt koncentrerede radiostråler på samme måde, som et fyrtårn udsender lys.



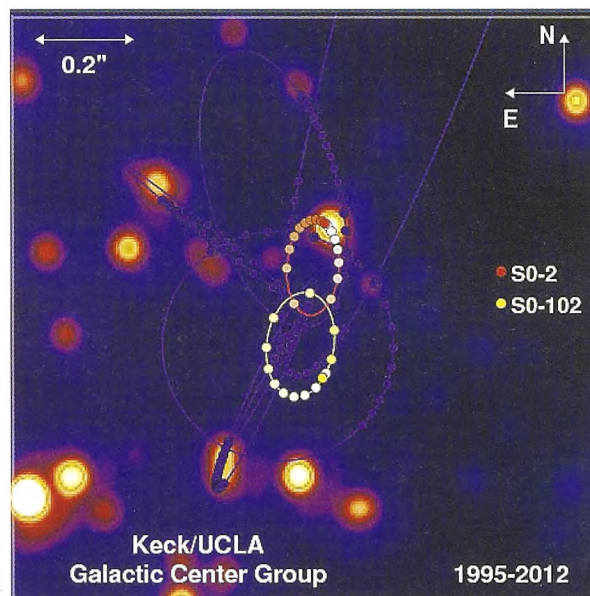
De pulsarer forskerne fokuserer på, er dem med periodetider, som måles i millisekunder. Et internationalt projekt "Pulsar Timing Arrays" har indtil videre fundet omkring 40

sådanne pulsarer, som desuden har ekstremt stabil periodetid (kan sammenlignes med atomure). Radiosignalerne opfanges med radioteleskoper. Skulle der forekomme fluktuationer i ankomsttidspunkterne kan det være tegn på, at radiobølgerne har bevæget sig gennem et område med gravitationsbølger. Som kilde til sådanne bølger peger forskerne på supermassive sorte huller, som optræder i par.

Kilder: Does a 'stochastic' background of gravitational waves exist in the pulsar timing band?, V. Ravi et al., *Astrophysical Journal*, 2012.

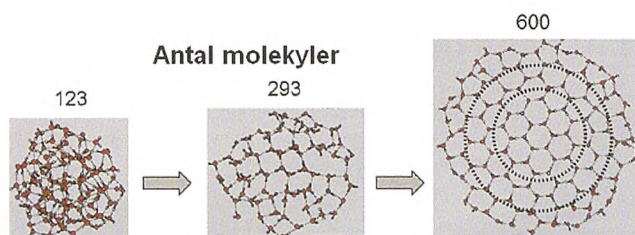
Stjerne kredser om sort hul

ASTROFYSIK. 11,5 år bruger stjernen SO-102 på at kredse om det supermassive sorte hul i vor galakse, viser målinger med Keck-teleskopet.



Analyse af iskrystaller

FASTSTOFFYSIK. Forskerne stillede spørgsmålet: Hvor mange vandmolekyler skal der til for at bringe en klump is fra en amorf tilstand (få molekyler) til en krystallinsk (mange molekyler). Selv om der formentlig ikke er noget entydigt svar på dette, fordi 'fremstillingsprocessen' må påvirke resultatet, så er det præsenterede svar: Med 475 molekyler var krystallisationsprocessen afsluttet (se billede).



Den benyttede målemetode kan måske være interessant i andre sammenhænge, hvor man arbejder med mikroskopiske stofmængder (nanoteknologi). Ved at sende IR-stråling (bølgelængde omkring 3 μ m) kunne man følge forandringerne i absorptionsspektret efterhånden som antallet af molekyler i prøven voksede.

Kilder: A Fully Size-Resolved Perspective on the Crystallization of Water Clusters, C. C. Pradzynski et al., *Science*, 2012.

Aktuelle bøger

Af Jens Olaf Pepke Pedersen og Michael Cramer Andersen

Vaca Muerta-meteoritten – og dens forveksling med sølv

Af: *Holger Pedersen*, "Road-map to the Indian's Treasure: On the Chilean meteorite Vaca Muerta and its early mistake for silver", Books on Demand 2012, 314 sider, ca. 240 kr på amazon.de.

For mange hundrede eller måske flere tusinde år siden kolliderede en stor meteor med Jordens atmosfære og brød i hundredevis af små stykker, som faldt ned over et område på ca. $11 \times 2 \text{ km}^2$ i den chilenske Atacama-ørken. Meteoritten, som har fået det mindre charmerende navn Vaca Muerta – den døde ko – har vist sig at være af den særligt sjældne og gådefulde mesosiderittype, der består af metal og sten. De første beretninger om meteoritten dukkede op omkring 1861 og fragmenterne er siden blevet fundet og genfundet flere gange. Udsat for vind og vejr i ørkenen gennem århundreder består flere af stumperne nærmest af rent metal og mange af dem er blevet bearbejdet og fjernet af minearbejdere, formodentlig fordi de fejlagtigt har antaget, at de bestod af sølv.

Astrofysikeren Holger Pedersen har sammen med danske og chilenske kollegaer i perioden mellem 1987 og 2009 gennemført flere rejser til området og gennem årene kortlagt nedfaldssteder og en samlet meteoritmasse på næsten fire ton. Samtidig er forskerne stødt på talrige efterladenskaber fra minearbejderne i form af blandt andet værktøj, køkkengrej og konserverdåser. I sin bog gennemgår Holger Pedersen resultaterne af de mange undersøgelser ligesom han har samlet et omfattende materiale om de tidlige undersøgelser af meteoritten.

Fundet har også været kendt af lokale indianere fra chango-stammen, som dog er gået stille med deres viden, men Holger Pedersen argumenterer for, at meteoritten kan være årsagen til et vedholdende rygte om en rig sølvmine, som lå gemt i ørkenen. Meteoritten har således sandsynligvis været kendt af chango-indianeren Rafale Aracena, der i 1842 blev henrettet for et mord, som han selv havde tilstået at have begået et par år forinden. Under retssagen forsøger Aracena at blive frifundet mod til gengæld at vise vej til den sagnoms-pundne sølvmine, og da det ikke lykkes, testamenterer han alligevel minen til sin forsvarer under sagen.

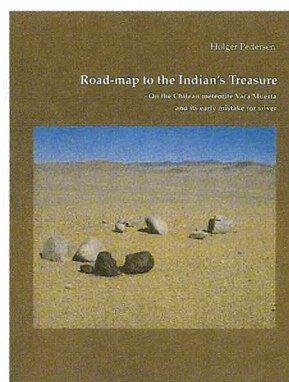
Gennem studier på Chiles nationale arkiv i Santiago har Holger Pedersen fundet de originale dokumenter fra retssagen, og sammen med en række andre kilder kan han nu gennemgå hele sagen og dermed også afslutte rygterne om den gemte sølvskat i Atacama-ørkenen.

Bogen er rigt illustreret med både gamle og nye fotografier, dokumenter og kortmateriale og vidner om

et omfattende arbejde både i arkiverne og i ørkenen. De udførlige (og gennemillustrerede!) fodnoter og bilag udgør således omkring halvdelen af bogen og giver et fint indblik i minearbejdernes forhold og det chilenske retsvæsen i 1800-tallet, selvom et rimeligt kendskab til spansk er nødvendigt for at få det fulde udbytte af de mange spanske dokumenter, der citeres i bogen. Der ligger mange års arbejde bag bogen, og de talrige detaljer er samtidig både bogens styrke og svaghed, idet læseren efter min mening har svært ved at følge den ellers spændende historie. Bogen kunne derfor have vundet ved en strammere redigering og henvender sig i den foreliggende form nok mest til interesserede i lige netop Vaca Muerte-meteoritten eller forholdene i området i midten af 1800-tallet.

Bogen er udgivet på "Books on Demand" i Tyskland, og prisen er meget varierende (240-380 kr), men lige nu billigst på Amazons tyske hjemmeside.

Jens Olaf Pepke Pedersen



Dansk nordlysforsker frem i lyset

Af: *Kira Moss og Peter Stauning*, "Sophus Tromholt – Skæbnen og Nordlyset er jo lige uransagelige", Forlaget Epsilon 2012, 208 sider, 295 kr.

På trods af flere banebrydende resultater er den danske nordlysforsker Sophus Tromholt (1851-1896) i dag stort set ukendt. Det rådes der imidlertid nu bod på i en ny og fornemt illustreret bog af Kira Moss og Peter Stauning.

Sophus Tromholt blev født i Slesvig i 1851 og fik en uddannelse som skolelærer i København. Han var et mangesidet menneske, med blandt andet en stor interesse for formidling, men hans liv kom især til at handle om nordlysets gåde. Efter sin læreruddannelse fik han i en alder af 21 år i 1872 sin første stilling som privatlærer på gården Svanholmsminde udenfor

Aalborg, og her førte han vinteren igennem systematiske nordlysobservationer. Det førte til hans første videnskabelige publikation "Nordlichter in den Monaten December und Januar beobachtet zu Svanholmsminde", som blev udgivet i "Wochenschrift für Astronomie, Meteorologie und Geographie".

Efter et par år som lærer på Borgerskolen i Horsens vælger Tromholt af ukendte årsager i 1875 at flytte til Norge, hvor han bliver til 1887. Han bosætter sig i Bergen, hvor han igen arbejder som skolelærer. Den uhyre flittige Tromholt skriver et hav af populærfaglige artikler og flere skolebøger, samtidig med at han giver privatundervisning og holder foredrag. Som eksempel holder han alene i 1878 omkring 20 foredrag, heraf mange i den lokale skipperforening om meteorologi og elektricitet, ligesom han i en periode har et ugentligt foredrag for damer om fysik. Han deltager også i sociale aktiviteter og komponerer et musikstykke – Bergenserinde-Polka. Samtidig passer han sine nordlysobservationer, hvilket betyder at han på klare aftener må holde øje med himlen hvert kvarter, og når der er nordlys foretager han registreringer hvert femte minut. Efterhånden tager nordlysforskningen imidlertid hele hans tid og han opgiver al social kontakt.

Han organiserer en række kampagner gennem flere vintre for at indsamle koordinerede nordlysobservationer over hele Skandinavien og analyserer i tusindvis af observationer. I vinteren 1882-83 arrangerer han på egen hånd en ekspedition til Nordnorge for at foretage nordlysobservationer, han fører en omfattende korrespondance med forskere i en række lande og udgiver en række videnskabelige publikationer om nordlys, hvor han på mange måder var forud for sin tid.

Som den første fik han således foretaget gode målinger af nordlysets højde, beskrevet nordlysovalen og underbygget sammenhængen mellem solpletter og nordlysaktiviteten. Hans målinger af nordlysets højde, som han fik offentliggjort i tidsskriftet *Nature* i viste nordlyshøjder på omkring 100 km, og det stod i stærk modstrid med målinger som den daværende direktør for DMI, Adam Paulsen, havde foretaget i Grønland. Paulsens målinger viste langt lavere højder på omkring 10 km og en enkelt observation var endda hele nede på 610 meter, og de skulle senere vise sig at være forkerte, men det tog mere end 30 år, før den norske professor Carl Størmer fik lavet fotografiske optagelser af nordlys, som endeligt afgjorde, at Tromholt havde ret.

Adam Paulsen fremsatte derfor en voldsom kritik af Tromholts højdemålinger, og han havde heller ikke meget til overs for Tromholts øvrige resultater. Tromholt tog til genmæle mod kritikken, men med sin beskedne baggrund som skolelærer tabte han kampen om den fremherskende videnskabelige opfattelse, og selv mange årtier senere kunne man i 1911-udgaven af *Encyclopedia Britannica* kun læse om Paulsens forkerte målinger, mens Tromholt ikke engang blev nævnt.

Sophus Tromholt selv tilbragte sine sidste år i Tyskland, plaget af dårligt helbred og økonomiske problemer. Han døde i 1896 på et sanatorium i Thüringen.

Bogen om Tromholt har i øvrigt sin egen historie, eftersom den ene af forfatterne, cand.mag. Kira Moss, havde oplevet et stort nordlys i Grønland og senere stødte på en kort omtale af Sophus Tromholt. Efter at hun i omkring 15 år havde indsamlet materiale om Tromholt, mødte hun Peter Stauning, der er tidligere seniorforsker ved DMI og i flere år har arbejdet med historisk nordlysforskning. Den fælles interesse for Tromholt har nu ført til denne flotte bog, som både er spændende skrevet og forhåbentlig også vil føre til at Tromholt får den anerkendelse, som han har fortjent.

Jens Olaf Pepke Pedersen

Flot ESO jubilæumsbog og film

Af: *Govert Schilling* og *Lars Lindberg Christensen*, "Europe to the Stars – ESO's First 50 Years of Exploring the Southern Sky", WILEY-VCH 2012, 264 sider plus indlagt dvd (64+25 min.), 34,90 euro, ca. 255 kr. www.eso.org/public/outreach/50years.html.

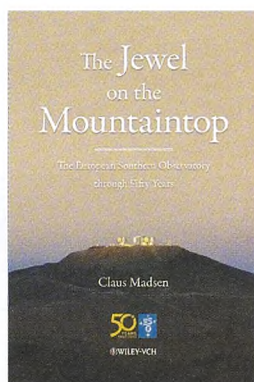
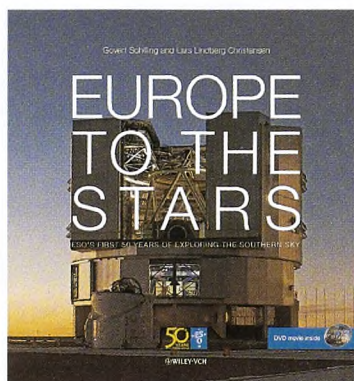
Denne flot illustrerede bog fortæller om Det europæiske Sydobservatoriums 50-årige historie. Vi hører om ESOs fødsel og udvikling frem til i dag og historien krydres med små interviews med rækken af generaldirektører, som hver især har sat deres præg på professionel europæisk astronomi. I et kapitel beskrives teleskop-parken på La Silla, som blev opbygget i 1970'erne og 1980'erne og i et andet kapitel beskrives de fire 8,2m-teleskoper, som udgør Very Large Telescope – ESOs største succes hidtil.

Udviklingen er fortsat med opbygningen ALMA Observatoriet som er en park af 66 radioantenner der via interferometri, fx kan observere områder med stjernedannelse i større detaljer end hidtil. ALMA ligger i en højtliggende ørken hvor luften er så tynd, at operatørerne undertiden skal bære iltflasker. I et meget interessant kapitel forklares nogle af de teknikker, der benyttes i ESO-teleskopernes detektorer. Her udnyttes teknikker fra optikkens frontforskning, hvilket fx gør det muligt, at detektere exoplaneter så små som Jorden. Vi får også et indblik i livet i ørkenen og et kig ind i fremtiden. ESOs kommende superteleskop er nemlig på tegnebrættet. Det Europæiske Extremely Large Telescope, E-ELT, skal have et hovedspejl på næsten 40 meter, opbygget af næsten 800 sekskantede segmenter, som skal kontrolleres aktivt. Det vil indsamle 100 mio. gange mere lys end det menneskelige øje og se 15 gange skarpere end de bedste teleskoper i dag. Prisen bliver omkring 1 mia. euro og det forventes færdigt i starten af 2020'erne. Med E-ELT vil det bl.a. være muligt, at studere jordlignende exoplaneter og måske afsløre tegn på biologisk aktivitet?

Filmen på den indlagte dvd fortæller nogle af de samme historier som bogen. Men her bliver historien fortalt af ESO's husastronom, Dr. J, som er kendt fra ESOs podcasts. Han vandrer bl.a. rundt ved selve teleskoperne og fortæller om de tekniske detaljer. Sammen med den pædagogiske grafik kan flere af kapitlerne bruges direkte i astronomi- og fysikundervisningen.

Udover at fortælle om ESOs historie og konstruktionen af teleskoperne bliver der også vist eksempler på nogle af de forskningsresultater, som teleskoperne har leveret. De originale observationer er ofte helt uforståelige for andre end forskerne selv og resultaterne formidles derfor hyppigt ved hjælp af kunstneriske computeranimationer. Filmen og bogen giver et fint overblik over ESOs teleskoper og historie. Hele bogen kan faktisk hentes elektronisk på ovenstående hjemmeside.

Michael Cramer Andersen



Spændende astronomihistorie

Af: Claus Madsen, "The Jewel on the mountaintop – The European Southern Observatory through Fifty Years", WILEY-VCH 2012, 560 sider, 49,90 euro, ca. 365 kr. www.eso.org/public/outreach/50years.html.

"Juvelen på bjergtoppen" er et omfattende værk, der beskriver mange aspekter af ESOs historie, fra organisationens fødsel og næsten frem til i dag (2007). Vejen frem til den succes *Det Europæiske Syd Observatorium* er i dag, har været fyldt med udfordringer af næsten enhver art – bl.a. teknologiske, økonomiske, organisatoriske og politiske. Men der har hele tiden været en tro på, og vilje til, at projektet skulle lykkes.

Historien starter i midten af 1950'erne, hvor en gruppe fremsynede europæiske astronomer erkendte, at Europa ikke ville kunne måle sig med fx amerikansk astronomi, med mindre de samarbejdede økonomisk og teknologisk. Der var flere grunde til at vælge en lokalitet på den sydlige halvkugle, dels var den ikke særlig godt udforsket og dels var der flere gode lokaliteter med fremragende observationsbetingelser. En bjergtop, *La Silla* i Chile, blev erhvervet og fra 1966 og frem blev en perlerække af teleskoper bygget på bjergtoppen. Efter amerikansk forbillede blev der bl.a. bygget et Schmidt-teleskop til kortlægning, mens hovedteleskopet skulle være et 3.6m-spejlteleskop til detaljerede observationer. Konstruktionen af 3.6m-hovedteleskopet blev påbegyndt i 1965, men gav mange udfordringer og varede mere end ti år. Alene spejlet tog syv år at fremstille i god nok kvalitet. Ansvar for design af den mekaniske konstruktion skiftede hænder flere gange, men blev færdiggjort med hjælp fra CERNs mekaniske værksteder, og teleskopet blev indviet i 1976.

Da ESOs medarbejdere var spredt over mange lande blev det i 1975 besluttet, at samle organisationen. I det nye hovedkvarter, indviet 1981, i Garching lidt nord for München samledes administration, forskning og noget af instrumentudviklingen, som ellers blev lagt ud til universiteter og virksomheder. Med *New Technology Telescope* (NTT), indviet 1989, blev to revolutionerende teknikker afprøvet: aktiv og adaptiv optik. NTTs opløsningsevne var en kæmpesucces og banede vejen for *Very Large Telescope* (VLT), ESOs flagskib, der igen udfordrede hele organisationen, men blev etableret fra 1998-2000. Med VLT indtog Europa for første gang i næsten 100 år den førende rolle indenfor observationel astronomi. I bogens sidste kapitler beskrives bl.a. ALMA, VISTA og E-ELT teleskoperne og ESOs formidlingsaktiviteter. Bogen er rig på spændende historier og kan især anbefales til dem der interesserer sig for astronomi- og teknologihistorie. Forfatteren er astronom og har været ved ESO i mere end 30 år.

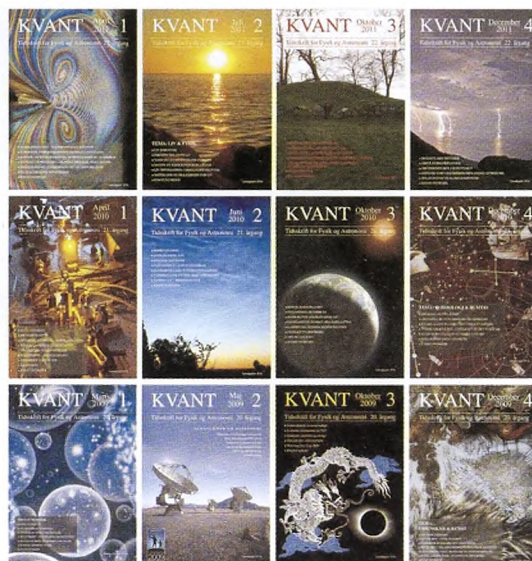
Michael Cramer Andersen

KVANT samlesæt – start din samling her!

Pakke med 3 årgange: 250 kr. (plus forsendelse).

Indeholder årgang 2009-2011 (bortset fra nr. 1, 2009 og nr. 2, 2010), herunder fire temanumre om:

- Liv og fysik
- Kosmologi og rumtid
- Videnskab og kunst
- Astronomi (astronomiår 2009)



Temanummer om Partikelfysik ved Large Hadron Collider, fra sept. 2008, kan købes som klassesæt. Pris pr. blad: 10 kr. plus forsendelse.



Send din bestilling til: kvant@kvant.dk.

Wieth-Knudsen Observatoriet

Af Michael Quaade

Wieth-Knudsen Observatoriet er et af Danmarks mange observatorier med offentlig adgang. Det ligger i Tisvilde tæt på Tisvilde hegn, så himlen er forholdsvis mørk. Den mørke himmel og den store kikkert med en diameter på 40cm giver en god gengivelse, selv af lyssvage objekter. På en god aften kan også uerfarne kikkertbrugere få øje på fx spiralarmene i Messier 51 galaksen.

Observatoriet er opkaldt efter Dr. Niels Palle Wieth-Knudsen (1909–1993), som byggede det i 1959 og brugte det helt frem til sin død. Den første kikkert havde Wieth-Knudsen bygget helt fra grunden. Kikkertens spejl på 11cm havde han selv slebet. I 1999 blev observatoriet overdraget til Astronomisk Selskab af Wieth-Knudsens enke, Inger Wieth-Knudsen (1914–2004). Lige siden har foreningen brugt det, primært til offentlige observationsaftener.



Figur 1. Wieth-Knudsen Observatoriet. Foto: Michael Quaade.



Figur 2. 40cm Meade LX200GPS kikkerten i kuppelrummet. Foto: Michael Quaade.

Hver måned er der åbent hus to gange. Man kan besøge observatoriet *den anden og den sidste lørdag* i måneden. I vinterhalvåret oktober–marts er der åbent fra kl. 21 og et par timer frem. Om sommeren, når det bliver senere mørkt, rykkes åbningstiden tilsvarende. Disse arrangementer er gratis og man behøver ikke at melde sig til i forvejen. På observatoriets webside wko.dk kan man se detaljer om åbningstider, kontaktpersoner og program for, hvad man kan se de enkelte aftener. Naturligvis kan man ikke se noget hvis det er overskyet. Som regel er der åbent alligevel, så man kan se billeder af, hvad der kunne have været at se og høre om observatoriet og stjernehimlen.

Ud over de gratis åbent hus arrangementer afholder vi tit observationsbesøg for skoleklasser og andre grupper. Det aftales med kontaktpersonerne. Erfaringen viser, at det normalt er bedst at aftale fx tre aftener og så vælge den første af dem med godt vejr.

Observatoriet rummer et kuppelrum på knap 3 meters diameter. Det er udstyret med en avanceret 40cm Meade LX200 GPS kikkert. Kikkerten har elektronisk styring, så det automatisk kan indstilles mod det ønskede objekt på himlen. De indbyggede databaser indeholder positioner for omkring 145.000 objekter. Man kan også tage billeder gennem kikkerten. Her ses et par eksempler.



Figur 3. Månen optaget med 40cm kikkerten. Foto: Michael Quaade.



Figur 4. Ringtågen Messier 57 i stjernebilledet Lyren. Billedet er en kombination af 10 optagelser på 30 sekunder med 40cm kikkerten. Foto: Johannes Jensen.



Figur 5. Dobbeltstjernen Albireo i stjernebilledet Svanen optaget med 40cm kikkerten. Foto: Michael Quaade.



Figur 6. Den åbne stjernehop Messier 13 i stjernebilledet Hercules optaget med 40cm kikkerten. Foto: Michael Quaade.

Der er også noget at se på om dagen. Observatoriet har en dobbelt solkikkert, der kan vise Solen på to forskellige måder. Solkikkerter er forsynet med filtre, der fjerner langt det meste af Solens lys, så man kan se på Solen uden at skade øjnene.

Den ene kikkert er en 15cm Lunt LS152HA med et indbygget H_{α} filter. Det slipper kun lys i et snævert bølgelængdeinterval omkring H_{α} spektrallinien fra brint igennem. Det lys opfatter vores øjne som rødt, så Solen fremtræder med en smuk dybrød farve. Ved H_{α} linien absorberer brinten i Solens atmosfære lyset fra den dybere liggende soloverflade, som derfor ikke ses så tydeligt. Til gengæld lyser atmosfæren selv ved samme bølgelængde. På den måde kan man se masser af detaljer i solatmosfæren og som regel protuberanser – større eller mindre udbrud, hvor lysende materiale strømmer langt ud fra Solen.

Den anden kikkert er en 20cm Meade Schmidt-Cassegrain med et mere almindeligt Mylar filter, der

dæmper alle lysets bølgelængder lige meget så kun en hundredetusindedel slipper igennem. Den viser Solens overflade med bl.a. solpletter.



Figur 7. Observatoriets dobbelte solkikkert. Den hvide Lunt LS152HA med H_{α} filter og den blå Meade SCT med Mylar filter side om side på Track the Stars TTS-160 monteringen. Foto: Niels Haagh.

Observatoriet er også med i mange arrangementer i lokalområdet. Vi viser Solen frem ved Kildemarkedet i Tisvilde og er med i Gribskov Kommunes Blåt flagarrangementer, hvor vi stiller op på stranden og ser på Solen. I forbindelse med Folkeuniversitetskurser på Tisvilde Skole ser vi på de objekter, kurset handler om i observatoriets kikkerter.

Se mere på observatoriets webside wko.dk, hvor der er mange flere oplysninger om observatoriet.



Figur 8. Observatoriet har et endnu ikke driftklart 3.76m radioteleskop, som er doneret af TDC. Foto: Michael Quaade.

Litteratur

- [1] Wieth-Knudsen Observatoriets webside, wko.dk

Bohr jubilæumsår 2013

2013 markerer 100-året for, at Niels Bohr fremsatte sin atommodel. Dette fejres igennem året på forskellig vis og vi nævner her nogle af begivenhederne. Kvant vil naturligvis også markere jubilæet.

Foredrag

Selskabet for Naturlærens Udbredelse tager i deres foredragsrække udgangspunkt i 100-året for Niels Bohrs atommodel. Læs mere om foredragene på www.naturvidenskab.net.

Undervisning

Fysiklærerforeningen afholder d. 28. januar en temadag om Niels Bohr og Bohrs atommodel i undervisningen i folkeskolen og gymnasiet. Der vil også blive udarbejdet undervisningsmateriale

Fysikolympiaden er en international konkurrence for gymnasieelever i løsning af fysikopgaver. I midten af juli 2013 afholdes den 44. Fysikolympiade i Danmark. Værterne er Niels Bohr Institutet i København og Danmarks Tekniske Universitet i Lyngby. Læs mere om fysikolympiaden på ipho2013.dk, hvor man bl.a. kan se en præsentationsvideo.



Bogudgivelser

Forlaget Epsilon.dk udgiver i samarbejde med Niels Bohr Arkivet antologien *Bohr på ny*. Bogen er redigeret af Lone Bruun, Helge Kragh og Finn Aaserud. Antologien viser helt nye aspekter af personen Niels Bohr.

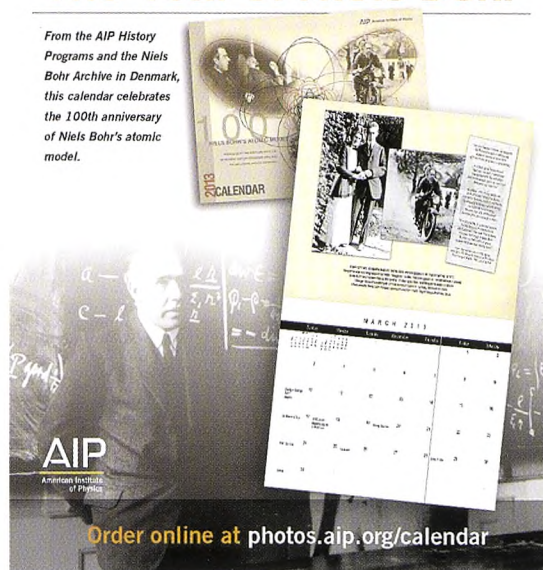
Den serie på tre artikler i *Philosophical Magazine*, hvor Bohr først præsenterede sin atommodel, vil blive genudgivet på Oxford University Press under titlen, *Love, Literature,*

and the Quantum Atom: Niels Bohr's 1913 Trilogy Revisited, sammen med to nye historiske artikler af Finn Aaserud og John Heilbron, der er rigt illustrerede og baseret på bl.a. den lukkede korrespondance mellem Bohr og hans forlovede Margrethe Nørlund.

Bohr-kalender

Niels Bohr Arkivet har i samarbejde med American Institute of Physics udgivet en *Bohr-kalender for 2013*, som kan hænge på væggen. Den kan bestilles på photos.aip.org/calendar.

2013 Wall Calendar: The Year of Niels Bohr



Konferencer

Niels Bohr Arkivet afholder konferencen *One hundred years of the Bohr atom, 1913-2013* d. 12.-14. juni 2013. Læs mere om dette arrangement på www.nba.nbi.dk.

Derudover planlægges en stor international konference om den mulige relevans i dagens storpolitiske situation af Bohrs idé om en "åben verden" mellem nationerne samt to større konferencer hhv. om fysik og videnskabelig kreativitet, omkring Bohrs fødselsdag den 7. oktober.