

Delphini-1 (den lille kasse øverst i billedet) slippes fri fra Den Internationale Rumstation den 31. januar og sendes i kredsløb omkring Jorden. Foto: NASA og NanoRacks.

Om forfatterne:



Victoria Antoci er adjunkt ved Stellar Astrophysics Centre (SAC), Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet og arbejder med studiet af stjerners indre. I de senere år har hun fortrinsvis arbejdet som ledende forsker og tilrettelægger af Aarhus Universitets nanosatellitprogram og er dybt engageret i udviklingen af en rumstrategi på Universitetet. [antoci@phys.au.dk](mailto:antoci@phys.au.dk)



Hans Kjeldsen er professor ved Stellar Astrophysics Centre (SAC), Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet og arbejder med stjerner og →

# DELPHINI-1

## – Aarhus Universitets første satellit

**Delphini-1 er en studenterbygget satellit, og de studerende skal også stå for kontrollen, mens den er i kredsløb i godt et år.**

**D**et var et afgørende øjeblik, da en Falcon 9 raket buldrede af sted mod rummet fra Florida den 5. december 2018 med den lille satellit Delphini-1 som en del af lasten. Det næste afgørende øjeblik kom den 31. januar i år, hvor astronauterne ombord på den Den Internationale Rumstation ISS trykkede på en knap, og sendte Delphini-1 ud i sin egen bane omkring Jorden.

Delphini-1 er en såkaldt 1U Cube-Sat – en terning; bare 10 centimeter på hver led, og den vejer godt

et kilo. Ombord har den solcellepaneler, batteri, radiosender og -modtager, et kamera og en computer. Delphini-1 er en fuldt fungerende satellit. Formålet med opsendelsen er at træne de studerende i at håndtere og kontrollere noget så specielt og kompliceret som deres egen satellit. Kommer der videnskabelige resultater ud af dette første forsøg, er det rigtig fint – men det er øvelsen, der tæller. Som navnet antyder, planlægger satellitgruppen ved Aarhus Universitet flere af slagsen, og de næste Aarhus-satellitter får så til gengæld opgaver,

som knytter sig til det astronomiske og tekniske forskningsarbejde på universitetet.

Delphini-1 er blot en af de mange rumrelaterede aktiviteter, som er i gang i Danmark. Brugen af data fra rummissioner er bestemt ikke noget nyt. Rumdata er en integreret del af forskning og uddannelse på flere af landets universiteter, og rumbranchen i det private erhvervsliv er i rivende udvikling. På Universiteterne arbejder forskere og studerende med rumdata af Jordens overflade, vejr- og klimadata samt data fra



Så er det lige ved. Studerende og medarbejdere venter på opsendelsen den 5. december 2018 fra Cape Canaveral i Florida. Foto: Andreas N. Rasmussen

rumteleskoper, som blandt andet bruges til studiet af Solen, af stjernerne og i jagten på exoplaneter. Rumdata kombineres med målinger foretaget fra Jordens overflade, og den typiske forsker eller studerende, som deltager i rummissioner, har målinger og data og udvikling af metoder til dataanalyse som det primære mål. De fleste steder stiler man ikke i første række efter at udvikle rumhardware. I universiteternes rumrelaterede projekter bruges som oftest data fra specifikke rumprojekter og bestemte måleapparater, satellitter og rumsonder, og medarbejdere har været med til at planlægge kommende rumprojekter.

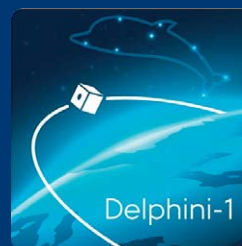
### Nanosatellitter åbner for nye muligheder

I de seneste år er det blevet meget mere udbredt, at selv mindre institutioner kan stå for udviklingen af satellitter og rumudstyr. Blandt andet har flere universiteter og virksomheder udviklet små satellitter – for eksempel såkaldte nanosatellitter, som har en størrelse på omkring 10 cm. Brugen af nanosatellitter, også til mere avancerede rumaktiviteter, gør det både billigere og organisatorisk hurtigere og nemmere at være med, og dermed åbnes der nye muligheder for forskning og uddannelse.

Lige fra starten har Delphini-1 projektet været tænkt som et ud-

### Hvorfor Delphini?

I det officielle segl for Aarhus Universitet indgår blandt andet to springende delfiner. Desuden hedder et af de mindste, men mest vellignende stjernebilleder på himlen Delphinus. Det er de klareste stjerner fra stjernebilledet, som indgår i bomærket for Delphini-1. Ordet Delphini kan på latin både betyde "fra delfinerne"; altså fra Aarhus Universitet, og "delfiner" i flertal, med håbet om, at der med tiden bliver en hel flok!



### Delphini-1 teamet

Delphini-1 projektet er et tværfagligt samarbejde imellem flere afdelinger på Aarhus Universitet, og de omkring 35 studerende er udvalgt fra disse afdelinger. Bag projektet står følgende forskere:

Institut for Fysik og Astronomi:  
Adjunkt Victoria Antoci, Professor Hans Kjeldsen, Forskningsassistent Eric Weiss.

Institut for Ingeniørvidenskab: Lektor Rune Hylsberg Jacobsen, Postdoc Néstor J. Hernández Marcano, Postdoc Fadil Inceoglu

Institut for Geoscience: Lektor Christoffer Karoff, Lektor Bo H. Jacobsen

Delphini-1 har modtaget støtte fra Aarhus Universitets Forskningsfond, Danmarks Grundforskningsfond og de tre involverede institutter. Opsendelsen er stillet gratis til rådighed af European Space Agency; ESA via Styrelsen for Forskning og Uddannelse.

Desuden er godt 35 studerende fra Aarhus Universitet blev udvalgt til at arbejde med Delphini-1 som en del af deres studie.

dannelsesprojekt, hvortil studerende fra de tre afdelinger på Aarhus Universitet har været tæt knyttet både med praktisk arbejde og med teoretiske baggrundsstudier. Der blev udbudt et kursusforløb, hvor man skulle begrunde sit ønske om

at være med, og hvor der var en udvælgelsesproces, og i alt har mere end 35 studerende været med. Alle de studerende har lært om de grundlæggende principper i satellitbaner, i dataindsamling og i dataoverførsel og ved styring af

exoplaneter. Han har gennem en årrække arbejdet med udvikling af de videnskabelige programmer bag en række rummissioner og er initiativtageren til udviklingen af rumstrategien ved Aarhus Universitet.  
hans@phys.au.dk



Néstor J. Hernández Marcano er forsker indenfor nanosatellitkommunikation ved Institut for Ingeniørvidenskab på Aarhus Universitet. Han er en af de ledende ingeniører i Delphini-1-missionen og også tæt involveret som samarbejdspartner i Universitetets satellitprogram.  
nh@eng.au.dk



Ole J. Knudsen er kommunikationsmedarbejder ved Stellar Astrophysics Centre (SAC), Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet. Han formidler naturvidenskab som foredragsholder, forfatter, medvirkende i radio og på TV og rådgiver for pressen.  
ojk@phys.au.dk



Antennen samles på taget af Turing-bygningen på Aarhus Universitet. Fotos: OJK/AU.

satellitter. Til det praktiske arbejde blev startgruppen delt i to, hvor et hold samlede antennesystemet og installerede kontroludstyret, og det andet hold samlede selve satellitten i et såkaldt renrum på universitetet. Der har været en helt fantastisk entusiasme og glæde ved kurset. Flere af de studerende har hængt på som frivillige, også efter at selve kursusperioden var godt overstået, og de eftertragtede studiepoint er opnået.

For de studerende har det været en chance for at arbejde med noget helt anderledes, end man plejer, og motivationen for at være med har ikke været mindre af, at mange virksomheder både i Danmark og i udlandet står i kø for at ansætte forskere, som har haft berøring med rumforskning. Det er et område i stærk vækst og med gode fremtidsmuligheder for unge med rumerfaring. Nogle af de studerende er allerede nu i gang med eller på vej til at blive praktikanter hos Den Europæiske Rumfartsstyrelse ESA.

### Historien bag Delphini-1

Delphini-1 er udsprunget af et samarbejde på tværs af faggrænser på Aarhus Universitet og med

industrien i Danmark og i udlandet. Målet er at sikre en langt bredere og bedre udnyttelse af de muligheder som rumteknologi og rumforskning giver forskere og studerende ved universitetet. Det overordnede program har fået navnet AUSAT, og her arbejdes der på at udvikle specifikke nanosatellitter, som skal anvendes af forskere og studerende ved Aarhus Universitet. Disse satellitter skal sikre bedre data inden for afgrænsede områder, hvor en lille satellit med et fokuseret instrument kan forbedre målenøjagtigheden, datamængden eller tilgængeligheden mærkbart i forhold til eksisterende målinger eller muligheder. Det er tanken, at Aarhus Universitets rummissioner helt eller delvist skal ledes af forskere og studerende ved universitetet, således at data direkte og hurtigt kan nedtages og analyseres af medarbejdere ved de relevante forskergrupper. Når man har rådighed over sin egen satellit, skal man ikke som ellers "stå i kø" sammen med en række andre partnere for at få observationstid – man kan selv disponere over det hele.

Delphini-1 er ikke designet på Aarhus Universitet, men bygget

og samlet i tæt samarbejde med virksomheden GomSpace i Aalborg. Sammen med GomSpace er der opbygget en UHF-jordstation, som skal anvendes til transmission af data, og på universitetet er der indrettet et kontrolrum, hvorfra satellitten kan styres, og hvor de data, som hentes ned, kan visualiseres.

### Kamera og antenne

Delphini-1 har foruden computer, solpaneler og batterier en række spoler med ledninger, som skal anvendes til at dreje satellitten i rummet. Når der sendes strøm gennem spolerne, skabes der omkring satellitten et lille magnetfelt, og ved vekselvirkning med Jordens magnetfelt kan satellitten drejes og ændre sin orientering i den faste bane. De vigtigste instrumenter ombord i Delphini-1 er et digitalt kamera, som kan tage billeder af Jorden og af rummet, og en antenne som kan bruges til at kommunikere med Jorden. Antennen anvender det såkaldte UHF-frekvensområde og fra sin bane godt 400 km over Jorden vil Delphini-1 kunne sende målinger og billeder til Jorden, nærmere bestemt til en af universitetets bygninger på Katrinebjerg i Aarhus.

## Teknisk om satellitten Delphini-1

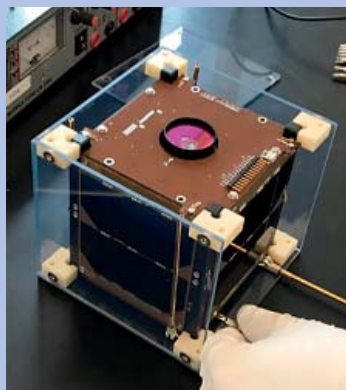
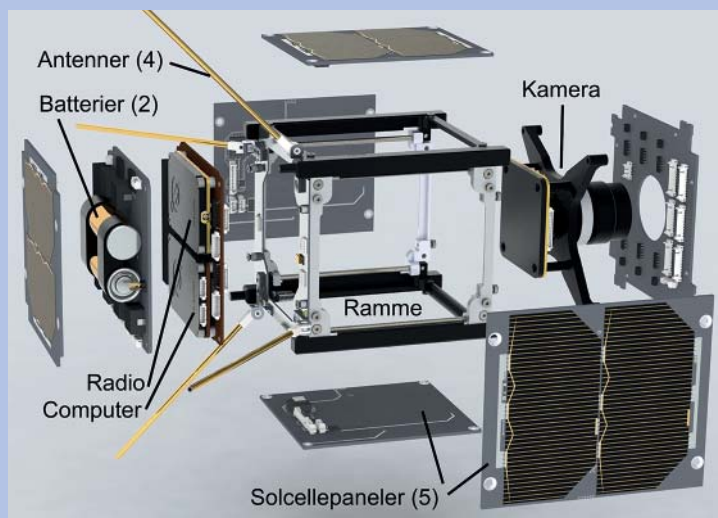


Foto: Victoria Antoci.

↑ For at holde Delphini-1 fri for støv, er den pakket ind i en tæt acrylbox. Kameralinsen kan ses i midten.

Indmaden i Delphini-1. →



Grafik: GornSpace og Ole J. Knudsen.

Den lille 10 x 10 x 10 cm NanoCam C1U satellit er bygget over et aluminiumsskelet med plads til "hylde", hvor de elektroniske dele er monteret. Udvendig er satellitten på de 5 sider beklædt med solpaneler, som giver op til 30 W energi, og på den

sjette side sidder kameralinsen. Om bord er strømforsyning, computer, radioer til styring og til telemetri i UHF-området og ADCS-systemet, som holder satellitten stabil i sin bane.

Linsen til kameraet er en hyldevare

med en brændvidde på 35 mm, og en sensor, som kan give en opløsning i et farvebillede på omkring 30 m pr pixel på jordoverfladen. Billedlageret kan indeholde op til 2GB, og billederne lagres i de almindelige jpg, bmp eller RAW-formater.



Foto: V. Antoci.

↑ Der testes komponenter. Studentergruppen i fuld gang med afprøvningen. Billedet er taget med et kamera magen til det, som er ombord i Delphini-1.

Alle dele til Delphini-1 ankom som et samlesæt, og satellitten blev samlet i et såkaldt renrum, hvor mængden af støv er meget lav. Det sikrer, at der ikke er urenheder på eller i satellitten. →



Foto: Ole J. Knudsen.

Herfra videretransmitteres data til kontrolrummet på Institut for Fysik og Astronomi.

Fra dette kontrolrum skal hele missionen kontrolleres, og herfra skal de studerende arbejde med kontakten med Delphini-1, når den passerer over Aarhus' horisont, og med de målinger, som bliver

hentet ned fra rummet. Der er i høj grad tale om et pilotprojekt, hvor studerende og forskere får erfaringer med de praktiske aktiviteter i forbindelse med udvikling og drift af et rumprojekt. I kontrolrummet vil der i fremtiden også komme besøg af skoleklasser og andre interesserede, når der skal fortælles om satellitten, og eleverne skal

opleve, hvordan der arbejdes med målingerne.

Da satellitten blev sendt ud i sin egen bane om jorden i kredsløb var første skridt, at antennerne foldede sig ud og solcellerne begyndte at lade batterierne op. Kontakten med kontrolstationen kan kun foregå 3-4 gange i døgnet, når satellitten

I Kontrolrummet styres satellitten, der nedtages data, og der er plads til besøgende undervisningsgrupper. Foto: Lars Kruse/AU foto.



passerer tilstrækkeligt tæt på Danmark. I skrivende stund (6. februar) har forskerne netop haft den første kontakt med Delphini-1, efter den blev sendt i kredsløb fra ISS.

I den kommende tid vil alle funktionerne i satellitten blive gennemtestet, og efter et par uger vil den være klar til brug. Først da kan det længe ventede arbejde for alvor gå i gang for studerende og forskere med at bruge Delphini-1 til kommunikation, tage billeder og undersøge, hvor meget data og af hvilken kvalitet der kan hentes ned fra satellitten.

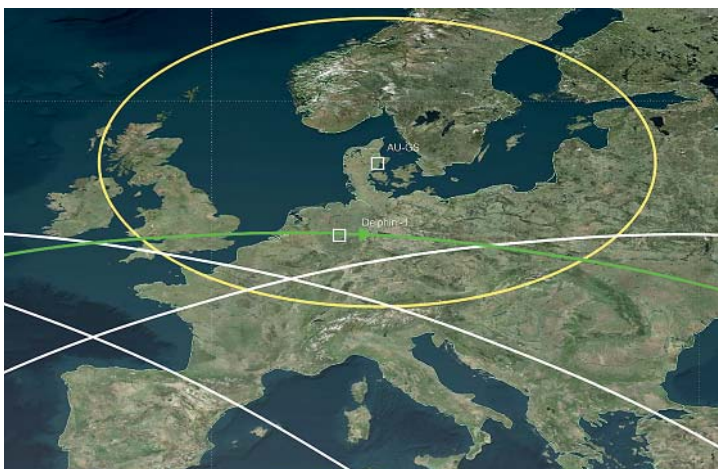
Delphini-1 vil være i kredsløb i godt et år, før den brænder op i atmosfæren.

### Fremtiden: Delphini-2

Arbejdet med at designe den næste satellit – Delphini-2 – er allerede i gang. Det bliver også et projekt med stærk deltagelse fra studerende. Den satellit designes som en noget større nanosatellit med en forventet opsendelse i 2021-2022. Satellitten har fokus på astrofysik. Foruden staben ved Aarhus Universitet deltager University of Leuven, Belgien og University of Sydney, Australien i Delphini-2-projektet. Det hele koordineres med de forskningsaktivite-

ter ved Aarhus Universitet, som sker i relation til to store rumprojekter; TESS (NASA) og PLATO (ESA). Begge disse projekter har til formål at studere stjerner og søge efter exoplaneter. Delphini-2 skal blandt andet skaffe supplerende data, som TESS og PLATO-missionerne ikke kan give, og som ikke kan fås fra de teleskoper, astronomerne har adgang til på Jordens overflade i blandt andet Chile og på de Kanariske Øer. Især er det meget vigtigt for begge formål at kunne observere de samme stjerner over meget lang tid; gerne i ugevis, og det har man sjældent mulighed for i de store satellitprojekter, hvor der er mange samarbejdspartnere. Med sin helt egen satellit bestemmer man helt selv, hvad den skal bruges til og hvornår!

Også arbejdet på andre rumprojekter er i gang. For eksempel vil en hel klynge eller konstellation af små satellitter – MegaMan – åbne mange nye muligheder, både i relation til kommunikation, datadistribution og overvågning. Derudover arbejder gruppen på Aarhus Universitet med udvikling af projekter, hvor der skal foretages specialiserede observationer af Jordens overflade med henblik på geologiske og klimatiske studier, og med studier af udbredelse af og udviklingen i dyreliv og plantevækst. ■



Delphini-1 kredser i næsten samme bane som ISS; omkring 400 km over Jorden. Satellitten skal være indenfor det gule område, hvis den skal kunne sende og modtage signaler fra jordstationen (AU-GS) i Aarhus. Det vil den være flere gange i døgnet, men kun nogle få minutter ad gangen, og kun ved nogle af omløbene. Ved den grønne passage er forholdene bedst. Illustration.: Néstor J. Hernández Marcano og Ole J. Knudsen.