

Danmark 50 år i rummet

– set fra en astrofysikers perspektiv

Af Niels Lund, DTU Space

Dansk rumforskning startede med et raketskud fra Nordnorge i sommeren 1962. Den første opsendelse blev hurtigt fulgt af andre, og i 1968 kom så Danmarks første danske satellitinstrument i bane om Jorden. Samtidigt udvidedes forskningsfeltet fra Jordens atmosfære til at omfatte hele Universet. I dag indgår også geofysik, jordobservation og rumteknologi med betydelig vægt i forskningsprogrammet for DTU Space.

Den 18. august 1962 gik Danmark ind i rumalderen med et dansk/norsk raketskud fra Andenes i Nordnorge, se figur 1. Formålet med eksperimentet var at studere forholdene i den øvre atmosfære (ionosfæren). Ionosfæres tilstand var af stor praktisk betydning dengang, fordi al radiokontakt mellem Danmark og Grønland foregik via radio ved bølgelængder, som var stærkt påvirkede af forholdene i ionosfæren.

Den videnskabeligt og organisatorisk drivende kraft i Danmark var professor Jørgen Rybner (1902-1973), leder af Ionosfærelaboratoriet på Danmarks Tekniske Højskole, se figur 2. Det dansk-norske raketprogram som blev indledt i 1962 var meget aktivt med 12 opsendelser i de første fire år.



Figur 1. Den første dansk-norske sonderaket affyres fra Andenes i august 1962.

Afgørende for Ionosfærelaboratoriets tekniske succes med ruminstrumentering var civilingeniør Ove E. Petersen, der havde erfaringer fra rumvirksomheder i USA. Allerede til den første raket havde man på Ionosfærelaboratoriet udviklet et effektivt instrument, der både kunne måle tætheden af fri elektroner omkring raketten og samtidig præcist kunne bestemme afstanden til raketten. Dette "Slant Range"-instrument blev i mange år en stor "eksportartikel" for Ionosfærelaboratoriet - det danske udstyr blev nærmest et fast element på videnskabelige raketlaster bygget i Europa i disse år. Indtægterne fra salget af Slant Range-instrumenterne udnyttede Ove Petersen til at opbygge en slagkraftig teknisk afdeling ved Ionosfærelaboratoriet.



Figur 2. Jørgen Rybner (th) med den norske projektleder Odd Dahl, Andenes, 1962.

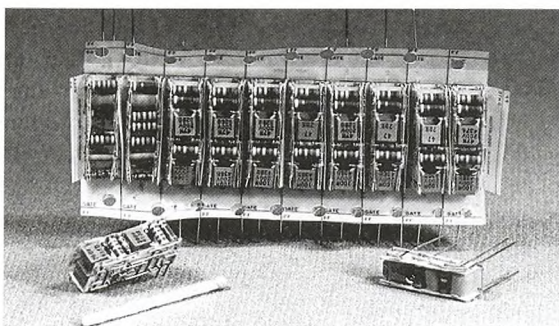
De små sonderaketter accellererer meget voldsomt ved afskydningen. Der blev derfor stillet meget store krav til raketinstrumenterne. Pladsen var meget begrænset, så et kompakt design var nødvendigt. Det var før de integrerede kredses tid, så kredsløbene var sammensat af diskrete komponenter: transistorer, spoler, kondensatorer og modstande. I begyndelsen blev kredsløbene loddet sammen, men senere gik man over til svejsning, som krævede stor omhu i fremstillingen, men sparede plads og vægt, se figur 3.

Også hvad angår mekaniske konstruktioner opbyggede man på Ionosfærelaboratoriet ingeniørmæssig ekspertise og et veludstyret og professionelt værksted. "Værkstedet er Instituttets mest velordnede lokale, det kan jeg lide!", som den verdenskendte russiske forsker

Peter Kapitza sagde under et senere besøg på Rumforskningsinstituttet.

Ny teknologi som glas- og kulfibermaterialer, honeycombpaneler og limede metalstrukturer vandt indpas i konstruktionerne.

I årene efter 1962 havde Ionosfærelaboratoriet etableret sig som det anerkendte centrum for den danske rumforskning. Men potentialet for videnskabelig forskning fra rummet var langt bredere end Ionosfærelaboratoriet var skabt til at dække. På initiativ af professor Bernard Peters (1910-1993) - dengang ansat ved Niels Bohr Institutet - blev der i 1963 oprettet en forskningsgruppe med fire medarbejdere på laboratoriet - blandt disse forfatteren til denne artikel. Den ny gruppe skulle udvikle instrumenter til studiet af den kosmiske stråling.



Figur 3. Svejste elektronikmoduler til sonderaketter, 1965.

I første omgang udviklede vi et instrument beregnet til flyvning i ballon. Her holdt digitalteknologien for alvor sit indtog på laboratoriet, både selve instrumentet og datatransmissionen blev digitaliseret. Første flyvning kom i 1968.

Efter forslag fra professor Hans Lottrup-Knudsen blev det i 1966 besluttet at udskille rumaktiviteterne på Ionosfærelaboratoriet til et nyoprettet "Dansk Rumforskningsinstitut" (DRI), mens de jordbaserede aktiviteter (i Grønland) forblev på det gamle laboratorium.

Professor Rybner var på det tidspunkt gået af, og Rumkomiteens formand, Haldor Topsøe, opfordrede professor Peters til at lede det nye institut, se figur 4. I 1968 blev DRI formelt udskilt fra Danmarks Tekniske Højskole. Peters ønskede, at det nye institut skulle koncentrere sig helt om grundforskning, og efter kort tid forlod Ove E. Petersen instituttet og tiltrådte en stilling som direktør for Elektronikcentralen.

I oktober 1968 opsendtes ESRO-I (Aurora), der blev den første satellit med danskbyggede instrumenter. Ionosfærelaboratoriet var ansvarlig for elektronikken til tre af satellittens ni eksperimenter – et faktum, som viser den respekt, der stod om laboratoriets tekniske kunnen. Kiruna Geofysiske Observatorium stod for detektordelen af et af eksperimenterne. Formålet med satellitten var at kortlægge partikelstrålingen i polaregionerne. De tre instrumenter målte retnings- og energifordelingen af elektroner og protoner i strålingsbælterne.

Som direktør for Rumforskningsinstituttet lagde Peters stor vægt på at hvert nyt projekt sigtede præcist mod at besvare et vigtigt spørgsmål. "Gå aldrig i gang

med et projekt, som er en fiasko, selv hvis det lykkes", sagde han. Peters havde i 1948 selv været med til at opdage, at kosmisk stråling består af mange forskellige grundstoffer, ikke blot af protoner og elektroner. Han håbede nu gennem nøjagtige målinger af grundstofsammensætningen at kunne løse gåden om strålingens oprindelse. Dette spørgsmål havde plaget forskerne lige siden Victor Hess opdagede strålingen i 1912 (Se box).

I 1969 stod vi på Ionosfærelaboratoriet med nye ideer og ny teknologi, som gav os håb om stærkt forbedrede målinger af strålingens sammensætning. Resultaterne fra vores ballonflyvninger var meget lovende, og en stærk fransk gruppe foreslog, at vi sammen skulle indgive et forslag til et stort instrument på en kommende NASA satellit, High Energy Astronomy Observatory (HEAO). Der kom vi i konkurrence med betydelige amerikanske grupper, men takket være et nyt aspekt vi havde indført i vores dataanalyse, lykkedes det at få det dansk-franske eksperiment udvalgt. Vi havde fundet en metode, som tillod at udlede ikke blot grundstoffordelingen, men også fordelingen af isotoper fra målingerne. Vi havde vist, at vi kunne udnytte Jorden og dens magnetfelt som et massespektrometer, og dermed studere også massefordelingen af partiklerne, se figur 6.



Figur 4. Bernard Peters, 1969.



Figur 5. Opsendelse af kosmisk strålings-instrument fra Texas, 1974.

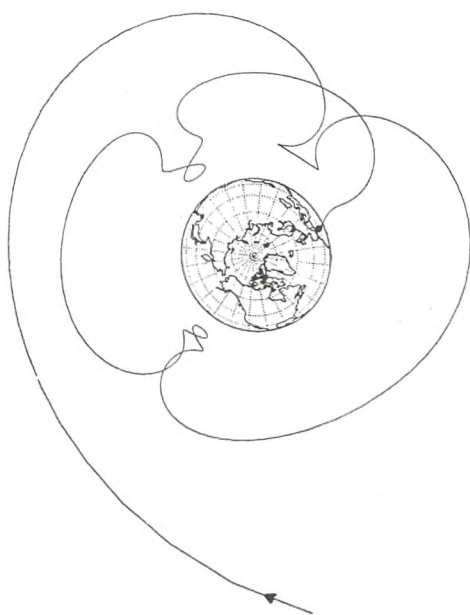


Figur 6. Dansk-fransk kosmisk strålings-instrument monteres i HEAO satellitten, Californien 1978.

Kosmisk Stråling

Kosmisk stråling blev opdaget for hundrede år siden af østrigeren Victor Hess. Det er en meget energirig partikelstråling fra rummet, faktisk den eneste materielle stofprøve fra Verden udenfor Solsystemet, som vi har adgang til at studere direkte.

Den kosmiske stråling består af ca 1 % elektroner og 99 % atomkerner, helt blottet for elektroner. Alle partiklerne er således elektrisk ladede, og deres vej gennem rummet er komplekse spiralbaner styret af rummets magnetfelter. Vi kan derfor ikke direkte 'se' hvor de kommer fra. Strålingens oprindelse er et mysterium. I 1934 blev det foreslået at strålingen kom fra eksploderende stjerner, supernovaer. Det var stadig den almindelige forestilling i 1979. Vores forhåbning til HEAO var, at grundstofsammensætningen i strålingen kunne hjælpe os med at finde de typer af stjerner, hvorfra strålingen kommer.



Figur 7. Beregnede partikelbaner i Jordens magnetfelt, 1980.

I løbet af HEAO-missionen registreredes 20 millioner atomkerner fra lithum til zink. (Instrumentet var ikke følsomt for de letteste grundstoffer, brint og helium). Men overraskende nok lignede blandingen faktisk den blanding vi finder i Solsystemet – Solsystemets grundstoffer er et sammensurium af stoffer fra mange forskellige stjerner. Der var ingen markant overvægt af supernovamateriale her. Naturen er ikke altid samarbejdsvillig!

En af hovedårsagerne til at vi fik vores instrument med på HEAO var, at vi havde opfundet en metode til at analysere isotoperne ved at udnytte Jordens magnetfelt. Partiklerne i den kosmiske stråling slår nogle gevaldige herresving, når de passerer igennem Jordens magnetfelt. Det ser meget kompliceret ud, men vi havde opdaget, at nogle af sløjferne kunne fortælle noget om partiklernes masser – isotopmasserne. Vores metode udnyttede, at en del af de partikler vi observerede på en bestemt geografisk position, havde gennemløbet sløjfer med et karakteristisk dyk ca. 100 længdegrader længere østpå, se figur 7. Vi kunne beregne, at visse partikelenergi ikke kunne nå frem til f.eks. Frankrig, fordi de ramte Jordens atmosfære over Kina. I vores energidata kunne vi påvise dette dyk – og det falder forskellige steder afhængigt af isotopmassen.

Vores data fra HEAO viste, at ikke blot grundstofferne, men også isotopsammensætningen i den kosmiske stråling fulgte mønsteret fra Solsystemet for de fleste grundstoffer. Ilt var næsten ren ilt-16, jern var næsten rent jern-56, osv. Kun neon skilte sig markant ud ved, at en tung neonisotop, neon-22, forekom langt hyppigere i den kosmiske stråling end i Solsystemet.

Fra tidligere undersøgelser var det klart, at den kosmiske stråling forholdsmeæssigt indeholder omtrent 10 gange flere tunge grundstoffer (tungere end brint og helium) end Solsystemet. Det kunne godt passe med en oprindelse fra supernovaer. Men HEAO-resultaterne viser klart, at hverken grundstof- eller isotopsammensætningen i øvrigt passer med supernovahypotesen. Sammenhængen med supernovaer er i hvert fald ikke entydig. Neon-22 overskuddet tyder på en sammenhæng med en speciel stjernetype, Wolf-Rayet stjerner, med meget stærke stjernevinde. Denne konklusion er i dag bekræftet ved nye undersøgelser.

Bygningen af HEAO-elektronik og -detektorer blev afsluttet allerede i 1978, og vi måtte overveje, hvad der skulle følge efter. Det var klart for os, at HEAO ville blive en slutsten i vores studier af kosmisk stråling. Det ville ikke være muligt for et institut af vores størrelse at gå i gang med et mere avanceret (større) projekt i den retning – vi så ikke nogen mulighed for – med et smart trick – at lave et bedre instrument uden væsentligt at forøge størrelsen. HEAO havde holdt os beskæftiget i mere end ti år, vi ønskede nu finde et mindre projekt, stadig af central interesse – men noget vi kunne gennemføre på mindre end ti år.

De "kosmiske gammaglimt" tiltrak sig vores opmærksomhed. Hvad var det? Hvordan kunne vi komme på sporet af kilderne?

Gamma-glimt I

I 1973 offentliggjorde amerikanske forskere en meget fascinerende opdagelse. VELA-spionsatellitterne, der skulle overvåge sovjetiske atombombesprængninger havde ikke set glimt af gammastråling fra Jorden – men mange glimt fra Verdensrummet!

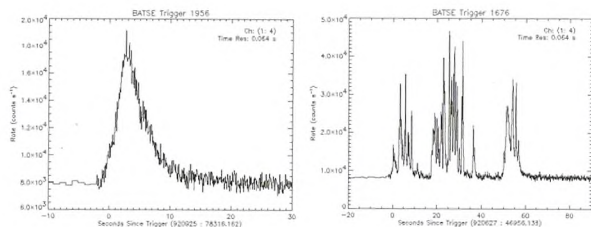
Disse begivenheder kaldtes Kosmiske Gamma Glimt (Cosmic Gamma Ray Bursts, GRB). De enkelte VELA-instrumenter var ikke retningsfølsomme, men ved at sammenholde data fra flere VELA-satellitter kunne retningen bestemmes groft – med en usikkerhed på omkring 10 grader.

VELA kunne fastslå, at glimtene ikke kom fra Jorden eller Solen – eller fra Mælkevejens plan! Opdagelsen startede en jagt, der skulle vare 30 år, for at finde oprindelsen til disse glimt.

Kosmiske gammaglimt er korte, meget intense glimt af røntgen- og gamma-stråling. Varigheden er fra få millisekunder til minutter. Under udbruddet overstråler kilden alle andre kilder til gammastråling på himlen – inklusive Solen!

Alene intensiteten adskiller dem således fra alle andre kendte kilder til gammastråling. Tidsforløbene for de enkelte glimt er ganske uforudsigeligt; de varierer fra jævnt stigende og faldende forløb til en tilsyneladende tilfældigt glitren, se figur 8.

Glimtenes lysstyrke antydede, at kilderne ikke kunne være langt borte. Men allerede de første, grove VELA-data udelukkede Solen og planeterne og positionerne viste heller ikke nogen væsentlig koncentration mod Galaksens plan. Figur 11. Dette sidste var virkelig mærkeligt – andre stærke røntgen- og gammakilder var alle koncentreret mod Galaksens plan.



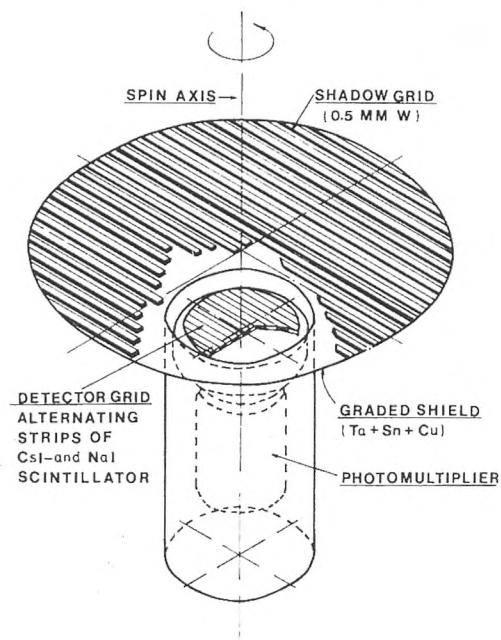
Figur 8. Tidsforløbene af de kosmiske gamma-glimt er yderst forskellige

Det var et grundlæggende problem for forståelsen af gamma-glimt, at de tidlige instrumenter ikke kunne sige noget om retningen af de ankommende fotoner. Tidsforløbet og spektret kunne studeres i detalje, retningen var kun dårligt bestemt. De bedste retningsbestemmelser fik man ved måling af tidsforsinkelsen mellem detektion af glimt på flere rumsonder forskellige steder i Solsystemet. Det var en metode, som indebar lange ventetider, og der var mange muligheder for fejl i retningsbestemmelserne. Teoretikerne havde gyldne dage – hurtigt havde vi flere teorier, end vi havde observerede glimt!

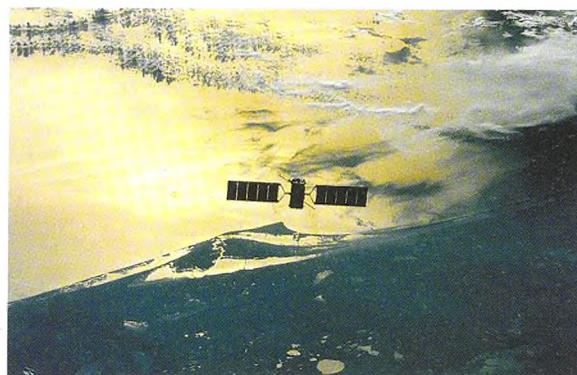
I 1977 begyndte vi på Rumforskningsinstituttet at lege med tanken om et instrument, der i sig selv kunne bestemme retningen til gammaglimt-kilden. Vi var inspireret af et japansk balloninstrument, der byggede på

en kendt ide til positionsbestemmelse af røntgenkilder. Det japanske instrument benyttede roterende dobbeltgittere til at tidsmodulere røntgensignalet. Men fordi gamma-glimt selv udviser hurtige tidsvariationer brugte japanerne tre detektorer: to med dobbeltgitter og én uden gitter, den sidste benyttedes som reference for de to andre.

Vi indså, at vi kunne modificere konstruktionen, så vi med blot én detektor kunne opnå det samme som japanerne – og oven i købet vinde i følsomhed, fordi vi kun brugte ét skyggegitter, mens den klassiske konstruktion brugte et dobbeltgitter.



Figur 9. WATCH instrumentet i snit. Øverst skyggegitteret, derunder den stribe scintillatormosaik. Nederst fotorøret, der registrerer lysglimtene fra scintillatoren. Ballonversion af WATCH, 1979.



Figur 10. EURECA satellitten over Kennedy Spacecenter i Florida, 1992. Billedet er taget fra rumfærgen Atlantis kort efter at EURECA var blevet frigivet.

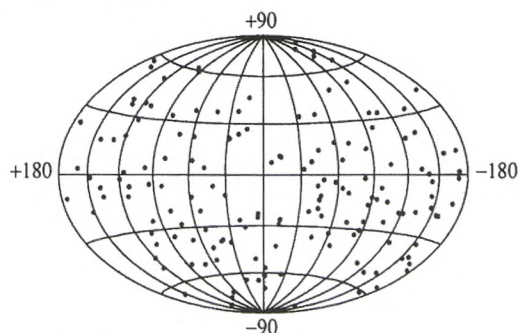
Vi demonstrerede vores "WATCH"-instrument ved ballonflyvninger fra Spitzbergen i 1979 og 1980. På den baggrund lykkedes det os i 1982 at sikre os plads på en planlagt ESA satellit, EURECA. EURECA var et projekt til studiet af krystaller og planter opførsel under vægtløse forhold. Så planen var, at EURECA

skulle sendes op med en rumfærge i 1987 og hentes ned ved en ny rumfærgeflyvning efter 6 måneder i rummet.

Vi var godt i gang med at bygge vores WATCH instrument til EURECA, da Challenger rumfærgen eksploderede. Alle rumfærgeflyvninger blev indstillet, og ingen vidste om EURECA nogen sinde ville blive sendt op. Men i sommeren 1986 dukkede et spændende alternativ op. Et fransk-russisk satellitprojekt, "Granat", kom i bekneb for en "all-sky monitor", et instrument der kunne overskue hele himlen, og som kunne hjælpe hovedinstrumenterne til hurtigt at observere nye røntgenkilder. Det var lige, hvad vi kunne med WATCH, og vi blev tilbudt plads til fire WATCH enheder på Granat-satellitten.

WATCH var det første instrument fra DRI med en mikroprocessor (8086) og omfattende on-board software. Specielt Granat-missionen var en udfordring, fordi vi kom med 'på afbud', og de andre instrumenter allerede havde udfyldt al datapladsen på satellittens taperecorder. Granat gik i en meget excentrisk bane og havde kun jordkontakt hver fjerde dag. Vi skulle derfor gemme fire døgn's data i instrumenterne, der hver havde en RAM-hukommelse på 512 kbyte – inklusive plads til software naturligvis. Det betød en gennemsnitlig datarate på 37 bits/s!

En ny mekanisk udfordring var det roterende skyggitter. Det skulle holdes jævnt roterende (60 RPM) under hele missionen. Bevægelige dele i rummet havde ofte givet problemer på tidligere flyvninger – lejerne havde en uvane med at sætte sig fast efter lang tid i rummets vakuum. Men her fik vi god hjælp fra ESAs teknologiafdeliger.



Figur 11. Gamma-glimt fordeler sig jævnt henover hele himlen. Her vist som observeret med Konus instrumenterne på de russiske Venera-11 til -14 sonder, 1979-83.

Granat blev sendt op med en Proton-raket i december 1989. Efter lange overvejelser besluttede NASA sig for at overholde aftalen med ESA, og EURECA blev opsendt med rumfærgen Atlantis i juli 1992 og atter hentet tilbage til Jorden i juni 1993. Og WATCH virkede! Vi så gammaglimt, og vi fik gode positioner. Men vi fandt aldrig nogen optiske eller radio kilder. Åbenbart var selv WATCH positionerne ikke gode nok?

Vi fik dog mange andre gode resultater. Vi opdagede nye røntgenkilder, som de store instrumenter på Granat kunne studere i detalje, og vi fandt en meget usædvanlig sort-hul kilde i vores egen Mælkevej, som lige siden opdagelsen har underholdt astronomerne med en utrættelig blafren og blinken.

Gamma-glimt II

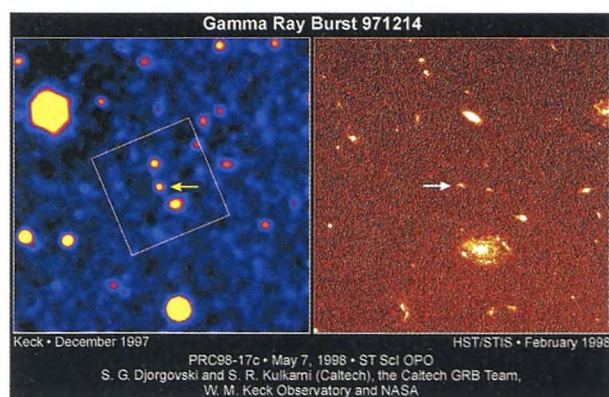
Dansk Rumforskningsinstitut var naturligvis ikke ene om at ville løse gammaglimtenes gåde.

En russisk gruppe fra Joffe-Institutet i Leningrad havde allerede i 1978 vigtige resultater fra et nyt instrument, KONUS, på to Venus-sonder. Deres instrument var mere følsomt end tidligere instrumenter, og de kunne bestemme retninger om bord med nogle graders usikkerhed. Men sådan "straks-positioner", selv om de var grove, var alligevel et stort fremskridt. Desuden havde russerne to uafhængige instrumenter, så de kunne kontrollere deres systematiske fejl.

Men KONUS bekræftede, hvad allerede VELA havde antydnet: kilderne er spredt jævnt over himlen! Og der var stadig ikke nogen usædvanlige optiske eller radio-kilder der sprang i øjnene på de positioner KONUS angav.

Forvirringen øgedes, da et superstærkt gammaglimt kom fra Mælkevejens nærmeste nabo, den Store Magellanske Sky – og denne gang var der bid: på positionen fandt man resterne af en gammel supernova – men hvor var logikken i, at det stærkeste glimt kom fra en kilde langt uden for vores Mælkevej? Og KONUS viste også, at den nye kilder glimtede flere gange – det var aldrig før set med andre gammaglimt???

Også i USA var man ivrig efter at finde gammaglimtenes oprindelse. Nogle år efter Granat opsendte NASA satellitten "Gamma Ray Observatory" med "BATSE" eksperimentet om bord. BATSE udnyttede den samme teknik som russerne havde brugt i Konus, en simpel teknik, som gav hurtige positioner, men med betydelig usikkerhed. Men i forhold til alle tidligere instrumenter var BATSE kæmpestort og kom derfor til at sætte en standard for gamma-glimt forskningen i mange år. Men heller ikke BATSE evnede at løse gamma-glimt gåden.



Figur 12. Det er "eftergløden" fra et gammaglimt, der afslører den meget fjerne og lyssvage værtsgalakse. På grund af de mange forgrundsgalakser kræver det en meget nøjagtig positionsbestemmelse af det oprindelige gammaglimt at opspore værtsgalaksen. Her kan eftergløden i røntgenområdet ofte være en stor hjælp, da den normalt står langt tydeligere frem på røntgenhimen. Keck teleskopets synsfelt (til venstre) er kun ca 1 % af arealet af en typisk WATCH error box, og Hubble synsfeltet (til højre) er mindre end 0,1 %.

Gamma-glimt III

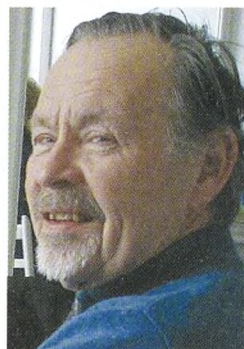
Endelig, efter 30 års jagt lykkedes det i 1997 for den Italiensk-Hollandske SAX-satellit at knække gåden om gammaglimtenes oprindelse. SAX satellitten benyttede et nyere og nøjagtigere røntgenkamera end WATCH, og endnu vigtigere, SAX-operatørene kunne dreje satellitten og efter få timer observere den omtrentlige glimtposition med en egentlig røntgenkikkert. For første gang observeredes det, vi nu kalder gammaglimtets "efterglød". Dermed kunne der angives en præcis position, og endelig kunne de optiske astronomer fra Jorden se ganske svage optiske glimt og dermed påvise, at glimtene kommer fra meget fjerne galakser, se figur 12.

Det forklarer hvorfor glimtene er jævnt spredt over himlen, men det var i begyndelsen svært for flertallet af astronomerne at acceptere, fordi det forudsatte en ny og ukendt mekanisme til at kanalisere en stor del af eksplosionsenergien fra en supernovaeeksplosion ind i en fokuseret stråle – rettet netop mod os! Gamma-glimt forskningen er bestemt endnu ikke ved vejs ende!

I dag hedder Dansk Rumforskningsinstitut "DTU Space" og er gennem en fusion med to institutter, "Måling og Instrumentering" og "Mikrobølger og Telemåling" ved Danmarks Tekniske Universitet vendt

tilbage til udgangspunktet lige ved siden af det gamle Ionosfærelaboratorium. "Måling og Instrumentering" er anerkendt Verden over for sine stjerne-kameraer, og "Mikrobølger og Telemåling" for sine studier af havis og iskapper ved hjælp af radarteknologi.

Siden starten i 1962 har instituttet bidraget til 17 satellitprojekter; hertil kommer de ca. 50 missioner hvortil "Måling og Instrumentering" har leveret stjerne-kameraer. Forskningsfeltet er i dag meget bredt, og spænder fra studiet af Jorden og dens omgivelser, over Solsystemet og vores Mælkevej til Universets fjerneste egne og tidligste stadier. Rumforskning er ikke længere et lille, specielt hjørne i forskningslandskabet, men en integreret del af den moderne videnskab.



Niels Lund er emeritus lektor på DTU Space. Han har siden 1962 arbejdet med instrumenter til rumforsøg. Har især interesseret sig for oprindelsen af den kosmiske stråling og af de kosmiske gamma-glimt.

Danske bidrag til satellitprojekter 1968-2012

Nr.	Satellit	Hovedansv.	DK bidrag	Forskningsområde	Levetid
1	ESRO-I	ESRO	3×partikelexp.	Magnetosfærefysik	1968-1970
2	HEOS A2	ESRO	VLF-bølgeexp.	Magnetosfærefysik	1972-1974
3	GEOS 1-2	ESA	Partikelexp. VLF-bølgeexp.	Magnetosfærefysik	1977-1980
4	HEAO 3	NASA	Isotopexp.	Kosmisk Stråling	1979-1980
5	Giotto	ESA	Partikelanalyse	Halleys Komet	1985-1986
6	Viking	Sverige	Bølgeexp.	Magnetosfærefysik	1986-1987
7	Hipparcos	ESA	Analyseprogr.	Astrometri	1989-1993
8	Granat	Sovjet	4×WATCH	Gammaastronomi	1989-1994
9	EURECA	ESA	1×WATCH	Gammaastronomi	1992-1993
10	ISO	ESA	Jordudstyr	Infrarødastronomi	1995-1998
11	Ørsted	Danmark	Stjernekompas Magnetometer Partikelexp.	Geofysik	1999-...
12	SAC-C	Argentina	Stjernekompas Magnetometer	Geofysik	2000-2005
13	Cluster	ESA	Partikelexp.	Magnetosfærefysik	2000-...
14	INTEGRAL	ESA	Røntgenkamera	Gammaastronomi	2002-...
15	Planck	ESA	Spejlsystem	Mikrobølgeastronomi	2008-...
16	NUSTAR	NASA	Røntgenkikkert	Gammaastronomi	2012-...
<i>På bedding:</i>					
17	SWARM	ESA	Analyseprog.	Geofysik	2013(?)
18	Rumstation	ESA	ASIM exp.	Atmosfærefysik	2014(?)

Samt ikke at forglemme: DTU stjerne-kameraer har siden 1999 været med på mere end 50 satellitter!

Tabel 1. Oversigt over væsentlige satellit-projekter (instrumenter), som DTU Space har bidraget til. Listen indeholder langt fra *alle* danske bidrag til rumprojekter – DTU har bidraget meget til ESAs jordobservationsprogram, flyvemedicinsk klinik til fysiologistudier på bemandede missioner, KUs marsgruppe (Jens Martin Knudsen/Morten Bo Madsen m.fl.) til flere NASA Mars missioner, Jørgen Christensen Dalsgårds gruppe i Århus til studiet af solsvingninger baseret på SOHO data osv osv.