



BEVINGAT

Flygtekniska föreningens tidskrift • Nr 4/2009

Räddningen av Cassini-Huygensprojektet

Vid Flygtekniska Föreningens Thulinmedaljutdelning den 13 maj i Stockholm höll de tre silvermedaljörerna korta sammanfattande föredrag om sina respektive specialområden. (Se Bevingat nr 2-2009)

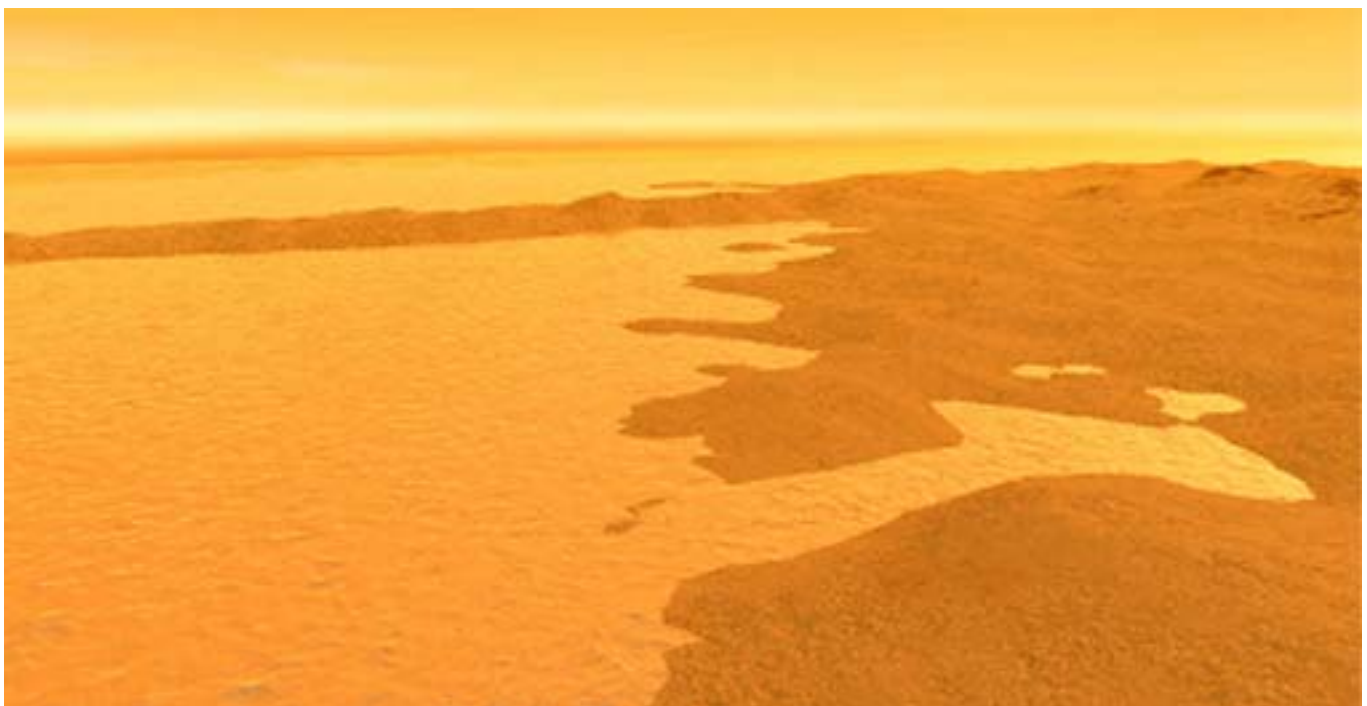
Boris Smeds belönades med Thulinmedaljen i silver för hans insats som räddade projektet med NASA:s rymdsond Cassini och ESA:s medföljande rymdfarkost Huygens till Saturnus måne Titan.

Hos ESA (European Space Agency) var Boris Smeds verksam vid ESOC (European Space Operations Centre) från 1973 till 2009 där han kom att leda utvecklingen av radiosystem för markstationer.

I det följande beskriver **Boris Smeds** hur han bidrog till att **Cassini** fick en ny bana så att projektet **Huygens-Cassini**, som kostade 300 miljoner Euro, blev en stor succé.



Boris Smeds tackar för medaljen



Tack vare att den här bilden kom till Jorden har jag tilldelats Thulinmedaljen i silver från FTF. Bilden visar en del av Titan. Den togs av en kamera ombord på satelliten Huygens under nedfärden mot Saturnus måne Titan.

Cassini-Huygens-projektet var ett samarbete mellan ESA (European Space Agency) och NASA. NASAs del var modersatelliten Cassini för utforskning av Saturnus och ESAs del var månlandaren Huygens för utforskning av månen Titan och dess atmosfär

På bilden av Cassini-Huygens ser man i den övre delen den stora vita antennen för kommunikation med Jorden och på vänstra sidan skymtar man landaren Huygens.

Kort efter att Cassini-Huygens startat sin långa färd mot Saturnus blev jag tillfrågad om jag kunde testa radiolänken mellan Huygens och Cassini. En komplett systemtest av radiokommunikationen skulle visa att allting fungerade normalt efter uppskjutningen. Under färden till Saturnus skedde annars alla tester av Huygens alla vetenskapliga experiment via en kabel mellan Huygens och Cassini.

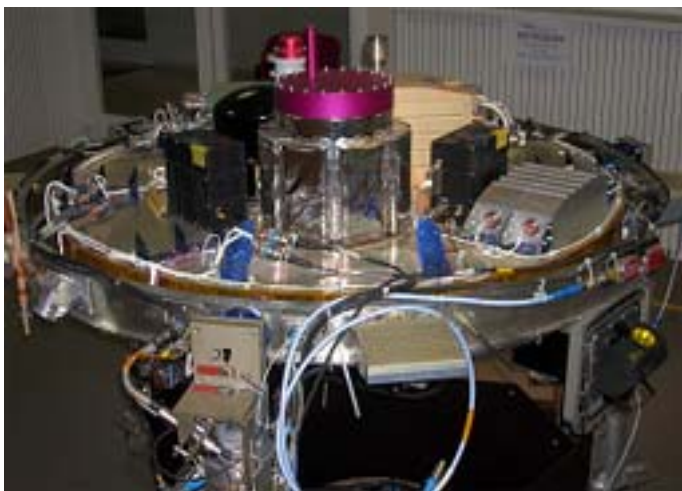
Här kommer nu en del tekniska detaljer om radiolänken: Huygens sänder under nedfärden mot Titan med 10 W sändareffekt på 2 kanaler kring 2 GHz med 2 antenner som förresten är svensktillverkade av **Saab-Ericsson Space**. Datahastigheten är blygsamma 8 kb/s och är försedd med felkorrigerande kodning. Efter mellanlagring i Cassini skickas data senare vidare till Jorden och ESAs kontrollcentrum i Darmstadt.

Mer detaljerat är parametrarna för radiolänken från Huygens följande:

Datahastigheten är 8192 b/s inklusive Reed Solomon kodord

Faltningskoden är $R=1/2$ $k=7$ vilket ger en symbolhastighet av 16384 s/s.

Modulationen är PSK på en sinusformad underbärvåg på 131072 Hz som i sin tur fasmoduleras på bärvågen. Det hela resulterar i att ett datapaket genereras varje sekund



Huygens-prototypen i Darmstadt som användes för inledande tester



Cassini-Huygens klar för start i oktober 1997 för en sju år lång resa till Saturnus och Titan

I Cassini sker mottagningen med redundanta mottagare, en för var frekvenskanal.

Där sker demodulation, bitsynkronisering, Viterbi-dekodning och framesynkronisation. Datapaketen skickas sedan till Cassinis minne för mellanlagring. När alla data lagrats, kan Cassini rikta sin antenn mot Jorden och sända datapaketet till NASAs markstationer och via JPL (Jet Propulsion Laboratories) i Pasadena vidare till ESAs kontrollcentrum ESOC i Darmstadt där slutligen Reed Solomon avkodning sker och de vetenskapliga resultaten blir tillgängliga för utvärdering.

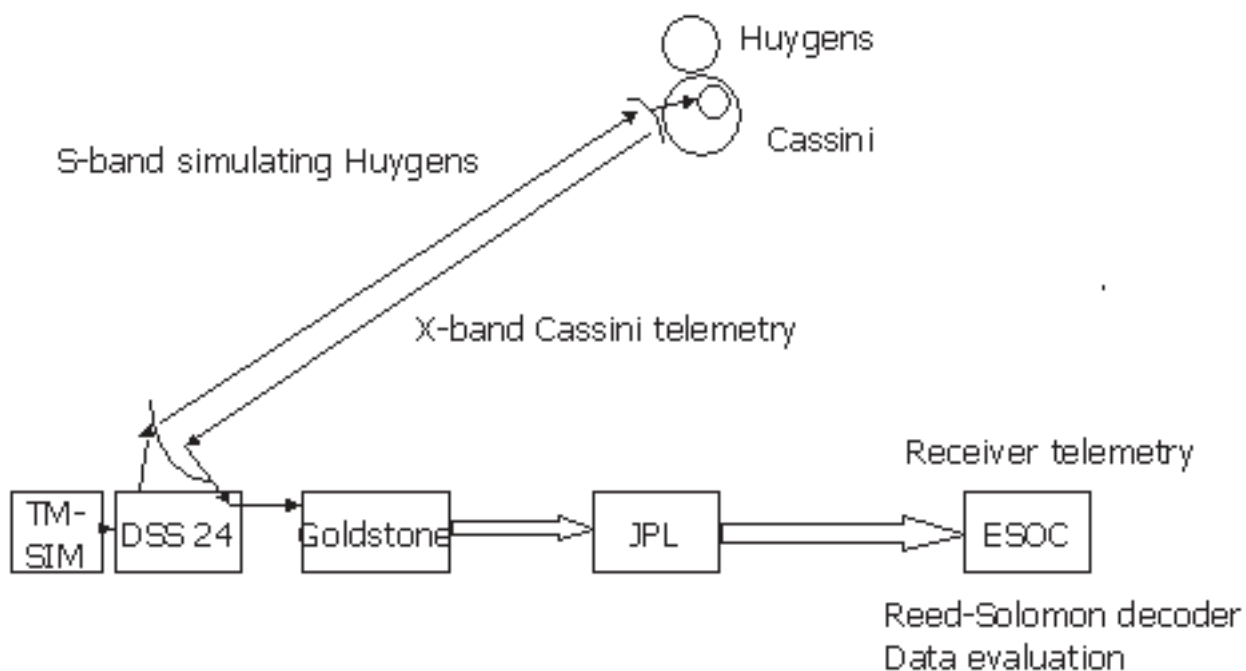
Hur kan man bäst testa radiolänken?

I Darmstadt hade jag tillgång till Huygens- prototypen som referenssystem.

Med hjälp av den kunde jag testa hur man kan mäta kvalitén på radiolänken.

Det hade varit mycket opraktiskt att försöka flytta hela Huygensprototypen till en markstation för en systemtest, så jag kom på att det gick att koppla om befintliga system i NASAs markstation i Goldstone Kalifornien för att testa radiolänken.

System test set-up



Den här skissen visar grovt hur testen kunde genomföras.

Telemetridata från markstationen simulerar Huygens data och skickar signalerna till Cassini. Mottagaren på Cassini tar emot signalen med datapaket och skickar sedan tillbaka datapaketerna på en annan frekvens till Jorden och vidare till ESAs kontrollcentrum ESOC i Darmstadt där utvärdering sker.

Eftersom antennen på Cassini var riktad mot Jorden under testen kunde data skickas tillbaka direkt. Det tog ändå 49 minuter fram och tillbaka.

Mitt testförslag accepterades efter många diskussioner av både NASA och ESA tack vare sin enkelhet och låga kostnad.

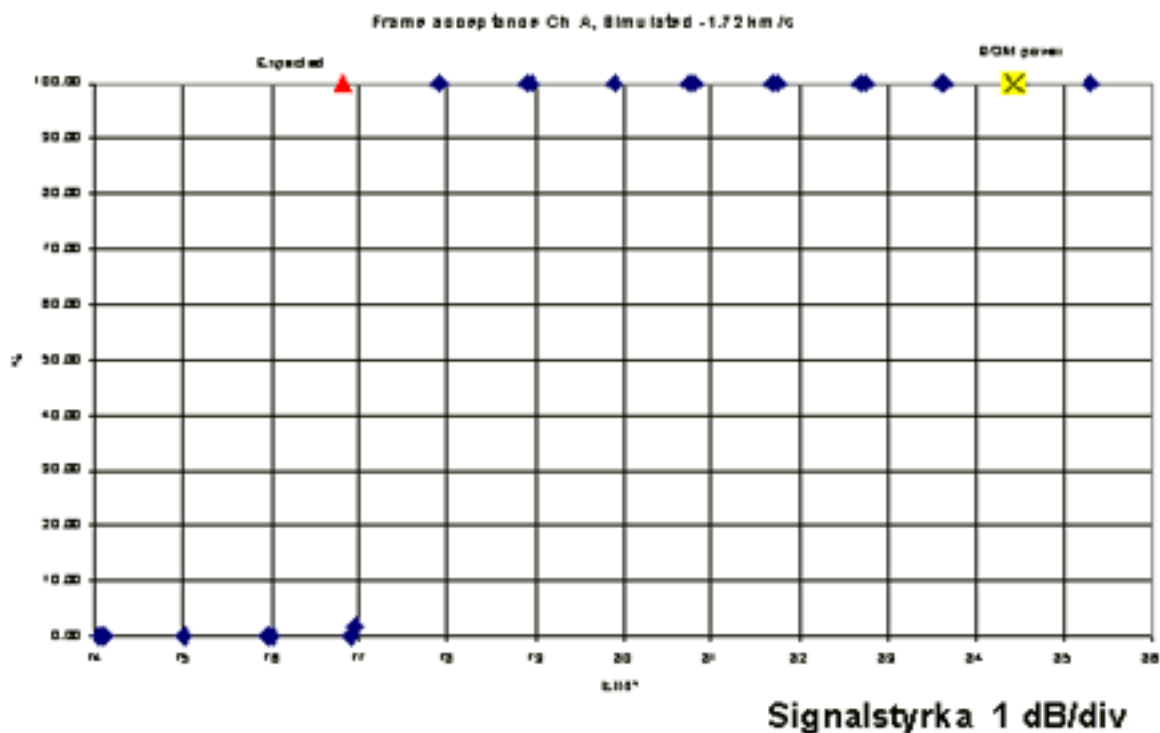


34-meters antennen i Goldstone med upp till 20 kW sändareffekt

I februari 2000 fick jag två åttatimmars pass vid NASAs anläggning i Goldstone Kalifornien till mitt förfogande för att testa radiokommunikationen. Sändaren var placerad i ett källarrum under den ståligena antennen (DSS24), som mäter 34 m i diameter.

Hur går det om man ändrar Dopplerskiftet?

Ändrad simulerad hastighet till -1.72 km/s



Diagrammet visar procentuella antalet datapaket som kommer fram som funktion av effekten på den utsända signalen. Denna gång simulerad med en lägre relativ hastighet mellan Huygens och Cassini

Fortsatta tester hemma i Darmstadt med prototypen visade att mottagaren var felprogrammerad. Man hade kopierat designen från ett tidigare projekt som hade annan datahastighet och något hade gått snett i konverteringen. När en sändare rör sig med en viss hastighet relativt en mottagare ändras inte enbart bärvågsfrekvensen utan även den mottagna datahastigheten. Denna effekt kallas Dopplereffekten. Felet upptäcktes inte före uppskjutningen då Dopplerskiftet bara testades på bärvågen och inte på datahastigheten.

Hur löstes problemet?

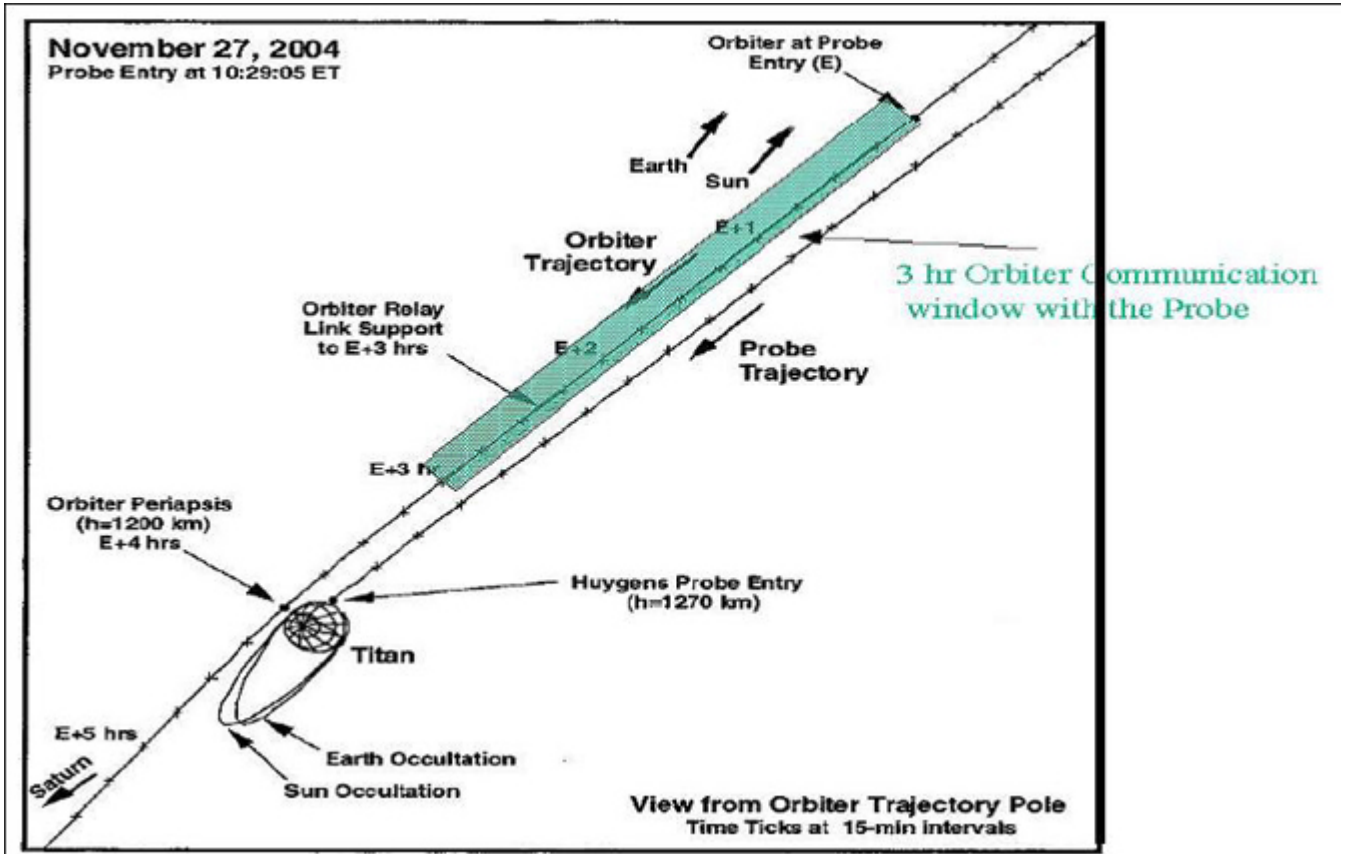
Det var 4 år kvar till landningen.

Det fanns ingen möjlighet att programmera om mottagaren ombord på Cassini som flög vidare på sin bana mot Saturnus. Ett stort team av experter fann lösningen:

Cassini skulle föras in i en ny bana som skulle ge ett lägre Dopplerskift.

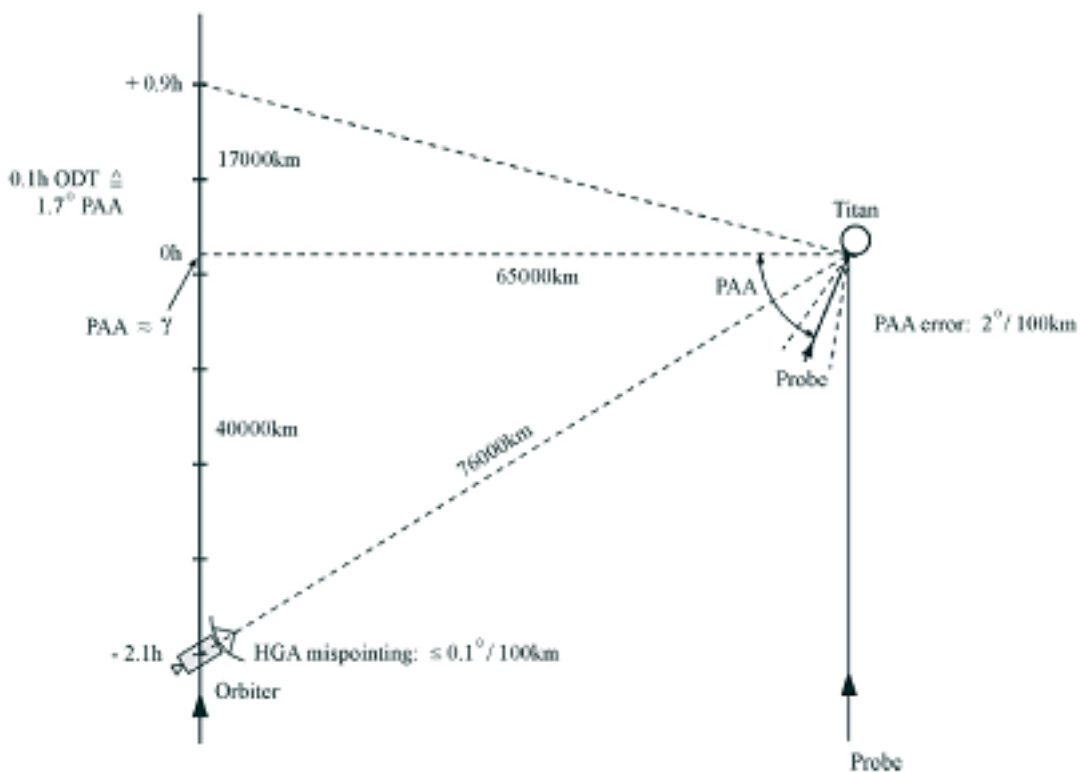
Dessutom kunde instrumenten i Huygens slås på lite tidigare så att sändaren blev lite varmare, och då ändrades datahastigheten till det bättre.

Några veckor före landningen skulle Huygens ha skickats iväg mot Titan för att få några timmars försprång under landningen. Banan för Cassini skulle ha ändrats så att Cassini flög tätt förbi Titan och vidare i en ny bana runt Saturnus. Under Huygens landning kunde då Cassini ha tagit emot signalerna från Huygens. Eftersom Huygens bromsar upp för att landa på Titan blir den relativa hastigheten mellan Cassini och Huygens 5.6 km/s. *Med den banan skulle alla data ha gott förlorade.*



Ursprunglig bana för Cassini

I stället för att Cassini går nästan rakt bakom Huygens under landningen ändrades banan så att Cassini flyger vid sidan av Huygens under landningen. På så vis blir den relativa hastigheten så låg att mottagaren i Cassini kan ta emot data felfritt.



Här är den nya banan som gjorde att projektet lyckades

Historien om Tele-X



Obearbetad närbild av ytan på Saturnus måne Titan.

Den nya banan gjorde att projektet lyckades. Forskarna som hade experimenten ombord kunde få ned sina mätdata från Titans atmosfär och yta, och till exempel visa världen sådana här närbilder av Titans yta:

Slutet gott, allting gott.

Boris Smeds

Tekn. lic. Tekn. dr. h.c.
verksam vid ESA, European Space Operations Centre från 1973 till 2009. Numera pensionär.

I år är det 20 år sedan som Tele-X-satelliten sändes upp från Kourou med en Ariane-raket till sin geostationära bana.

Tele-X introducerade då ett nytt koncept för satellitkommunikation: hög sändareffekt i satelliten med små parabolerna på marken för både TV och datakommunikation.

Rymdbolaget initierade och ledde det industripolitiska projektet som blev en följd av att det långdragna utredandet i Nordsat-projektet aldrig kom till beslut. Medan Nordiska rådets politiker förde diskussioner om att nordiska public service-program skulle sändas via Nordsats TV-transpondrar för att nå tittare i hela Norden förverkligades Tele-X. (Se Bevingat nr 3-97)

När Tele-X kom upp i rymden 1989 fanns möjligheten att sända tre sådana TV-program. Den möjligheten utnyttjades inte samtidigt som kommersiella aktörer stod i kö för att få använda satelliten, vilket politikerna till en början förbjöd. Så småningom under 1990 tillät regeringen att TV 4 skulle få sända via Tele-X., som därmed blev starten för ett framgångsrikt programbolag medan Tele-X blev begynnelsen för en expansiv satellitoperatör i Solna, SES Sirius. (www.ses-sirius.se). Sirius 4, som är den senaste efterföljaren till Tele-X, sändes upp 2007 och har plats för 120 HDTV-kanaler. (Se Bevingat nr 4-2007)

Vetenskaplig avhandling om Tele-X

Nina Wormbs är civilingenjör och filosofie doktor. Hon forskar och undervisar vid avdelningen för teknik- och vetenskaps-historia på KTH där hon doktorerade på sin avhandling om TeleX år 2003. Den avhandlingen ligger till grund för boken "Vem älskade Tele-X?" med undertiteln *Konflikter om satelliter i Norden 1974-1989*.

Nina Wormbs har mycket grundligt utforskat de omfattande och intrikata händelseförloppen kring Nordsat och Tele-X under perioden 1974-1989.



I denna historiska återblick beskriver och analyserar hon både de tekniska och kulturella processerna samt konflikterna kring satellitprojekten Nordsat och Tele-X. I båda projekten var det uppenbart att den nya tekniken både kunde betraktas som en möjlighet som måste gripas och ett starkt hot mot den rådande ordningen.

DNS kulturskribent Thord Eriksson skriver om Wormbs bok - Så välskrivet att den framstår som ren underhållning för den som är intresserad av sin samtid i allmänhet och i synnerhet av frågor som rör massmedier.

Nina Wormbs
Vem älskade Tele-X? Konflikter om satelliter i Norden 1974-1989, Gidlunds förlag

Lars Anderson

f.d. Projektledare för Nordsat och Tele-X vid Rymdbolaget

BEVINGAT utkommer med 4 nr/år och publiceras på FTF:s hemsida: www.flygtekniskaforeningen.org

Redaktör och ansvarig utgivare

Lars Anderson
Kammakargatan 52
111 60 Stockholm, 08-791 84 91, 0768 234 123

Lokalredaktörer

Mattias Mårtensson, Göteborg, 031-794 85 45
Bengt Bengtsson, Malmö, 046-29 19 08
Ulf Olsson, Trollhättan, 0520-94000