

AKTUELL FORSKNING

# SLOAN KARTLÄGGER HIMLEN

Uppdraget: att skapa en tredimensionell karta över stora delar av universum.

Hans Thorgren berättar om jätteprojektet Sloan Digital Sky Survey.



## Sloan-kartläggningens huvudteleskop i New Mexico, USA.

Efter ett decennium av planering startade år 2000 Sloan Digital Sky Survey, SDSS, astronomihistoriens kanske mest ambitiösa projekt hittills. I vart fall om man ser till mängden data som kommer att samlas in under projektets livstid.

Projektet har ekonomiskt möjliggjorts genom Alfred P. Sloan Foundation tillsammans med nationella fonder i USA och i andra länder. Ett mycket stort antal universitet medverkar på ett eller annat sätt, vilket också skapar stora möjligheter till internationell forskningssamverkan. Det verkar löna sig.

Så har redan mer än 6 000 artiklar och ett hundratal doktorsavhandlingar som bygger på SDSS-data publicerats, och fler kommer i rask takt.

SDSS har hittills skapat de mest detaljerade tredimensionella kartor över universum som någonsin gjorts med flerfärgsbilder av en tredjedel av himmelssfären och spektra av mer än tre miljoner astronomiska objekt. Och projektet rullar på än idag.

### Från Vintergatan till avlägsna kvasarer

De forskningsmål som formulerades från början och de delmål som formats under projektets gång är synnerligen ambitiösa.

Världens yrkesastronomer skall förses med vetenskapliga data utan motstycke kvantitativt och av hög kvalitet. I stort sett alla ”heta” astronomiska områden skall få sitt. Kosmologernas strävan efter förståelse av universums struktur på de allra största skalor möts genom att SDSS tänker skapa den största tredimensionella karta över universum som någonsin ritats. Denna skall täcka en volym hundra gånger större än någon tidigare. Galaxforskningen förses med data som kan bidra till svar på frågor om galaxernas ursprung och utveckling. Problemen kring galaxernas och de första stjärnornas uppkomst ur partikelsoppen efter Stora smällen är ännu inte avgjorda. Särskilt fokus riktas mot vår egen galax, Vintergatan, och dess utveckling. Men även mer närliggande områden som solsystem, vårt eget och andra, studeras.

SDSS greppar över allt från galaxer och kvasarer med mycket höga rödförskjutningar, alltså stora avstånd i tid och rum, till exoplaneter och asteroider i vår närhet. Ytterligare en klart uttalad förhoppning är att insamlade data skall hitta spår efter den så gäckande mörka materian.

### Teleskop i USA och Chile

SDSS huvudteleskop ligger vid Apache Point Observatory i New Mexico, USA, beläget på 2 788 meters höjd. Det är ett så kallat modifierat Ritchey–Chrétien-teleskop med 2,5 meters  $f/5$ -spegel. En 1,08 meters sekundärspegel samt två korrektorlinser ger ett distorsionsfritt synfält på tre grader på himlen. För att även få med data från södra

stjärnhimlen kommer projektets fjärde fas – med start 2014 – att även utnyttja Irénée du Pont-teleskopet vid Las Campanas-observatoriet i Chile.

Kamerateknikens utveckling går blixtnabbt, och den ccd-kamera som används har 30 chips ( $2\,048 \times 2\,048$  pixlar). Totalt 120 miljoner pixlar! Dessa är arrangerade i sex kolumner och fem rader, och varje rad är täckt av filter för olika våglängdsband från ultraviolett till infrarött. Man når objekt med magnitud kring 20–22. För att reducera brus är kameran kyld med flytande kväve till minus 80 grader.

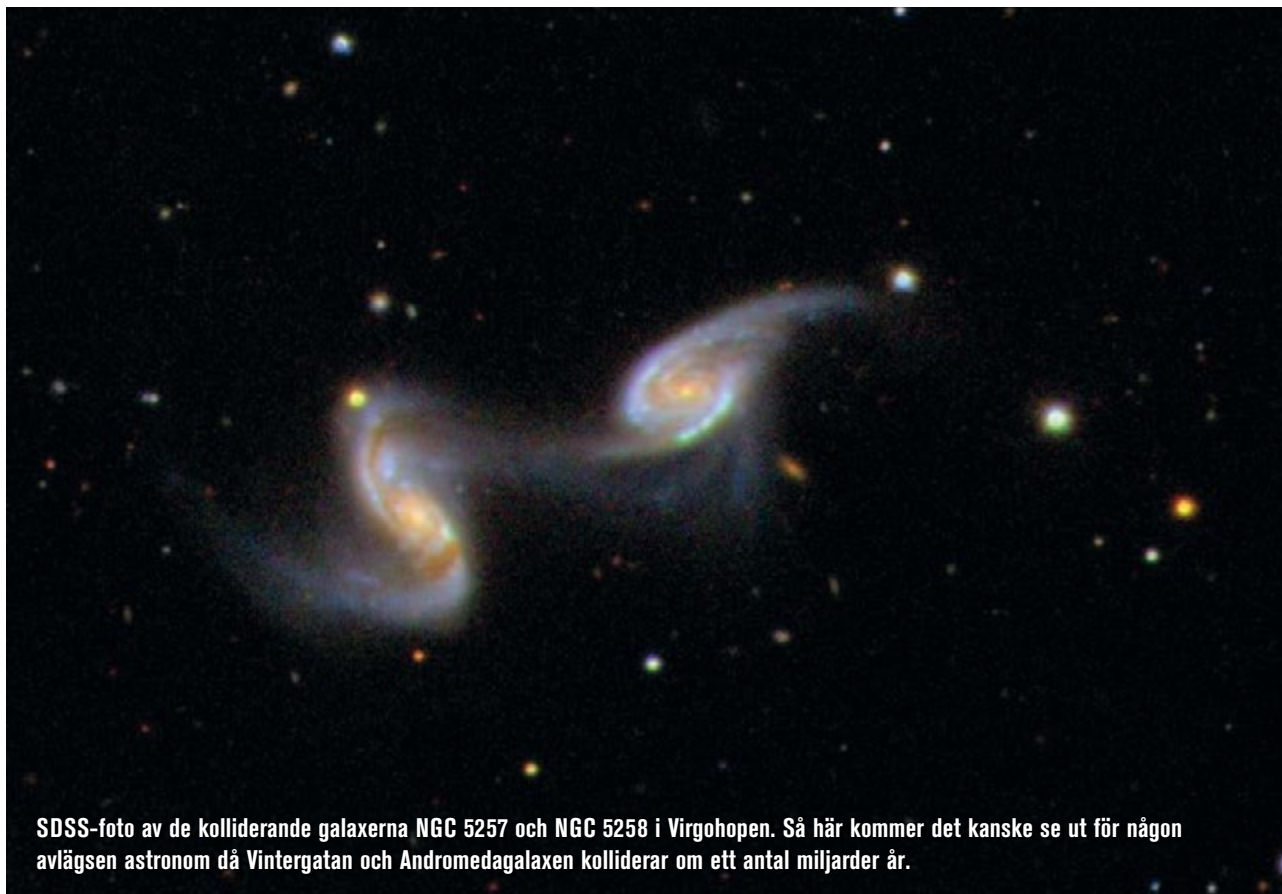
### Spännande delprojekt

Vilka observationsprojekt sysslar teleskopen då med? Inom projektet SEGUE I-II, (Sloan Extension for Galactic Understanding and Exploration) har teleskopen registerat spektra för närmare 300 000 stjärnor och kunat bestämma radialhastigheter (hur fort stjärnan rör sig längs siktlinjen) med 10 km/s precision. Mätningarna ger även ålder och kemisk sammansättning hos stjärnorna och berättar därmed om fördelningen i olika områden av vår galax.

APOGEE (APO Galactic Evolution Experiment) använder en högupplösande spektrograf för infrarött ljus. Därmed kunde man ”se” genom det stoft som i synligt ljus hindrar insyn till Vintergatans centrala områden. Spektra har tagits för 100 000 röda jättestjärnor belägna i både centralförtätningen, skivan och halon. En jämförelse av grundämneshalter för stjärnor i samma utvecklingsfas men belägna på vitt skilda ställen kan berätta mycket om galaxens utveckling. Tillsammans med uppföljningen APOGEE-2, som skall pågå 2014–2020, hoppas man kunna belysa en rad frågor om galaxen. Hur ser historien för stjärnbildning och kemisk anrikning i Vintergatan ut? Hur rör sig stjärnorna i olika områden av Vintergatan? Hur ser stjärnornas åldersfördelning ut? Har stjärnor med planeter några särskilda egenskaper? Samarbete sker här med NASA:s rymdteleskop Kepler som söker efter exoplaneter.

Det stora projektet BOSS (Baryon Oscillation Spectroscopic Survey) har i flera steg samlat data för att rita en karta över universum. Smått otroliga 140 000 kvasarer – ljusstarka galaxkärnor med supertunga svarta hål som kraftkälla – samt intergalaktisk vätegas har används för att mäta universums expansionshastighet när det bara var en så där tre miljarder år gammalt. Resultaten pekar mot att universum växte med 1 % var 44:e miljonte år för 10,8 miljarder år sedan.

År 2014 började SDSS’ fjärde fas som fortsätter fram till 2020. De flesta av de tidigare delprojekten fortsätter men nya tillkommer, bland dem MaNGA, som kommer att undersöka 10 000 närbelägna galaxers inre struktur. Vilken utveckling! Det var inte så länge sedan vi inte ens visste var i vår egen galax vi befann oss. Nu kan vi snart rita 3D-kartor över andra galaxer.



SDSS-foto av de kolliderande galaxerna NGC 5257 och NGC 5258 i Virgohopen. Så här kommer det kanske se ut för någon avlägsen astronom då Vintergatan och Andromedagalaxen kolliderar om ett antal miljarder år.

### Inne i en ny fas

Den 5 januari 2015 släpptes den senaste datamängden som utgjorde kulmen på SDSS fas III. Nu pågår fas IV från 2014 fram till 2020.

Tills nu från starten ges följande imponerande statistik: Totalt täckt yta 14 555 grader, cirka en tredjedel av himmelssfären. Foton har insamlats för 260 miljoner stjärnor och 208 miljoner galaxer. Mer än 4 miljoner spektra har tagits varav nästan en halv miljon för avlägsna kvasarer. Grundämneshalter för mer än 15 grundämnen är beräknade i stjärnor som tillhör Vintergatan.

Nu har både kosmologer, astrofysiker och intresserade amatörer mycket att ta tag i.

### Svensk forskning med SDSS

SDSS-data är alla åtkomliga på Internet. Här kan man hämta rådata, bilder, spektra, data för stjärnparametrar m.m., men även ett antal handledningar anpassade både för forskare, lärare och skolungdom.

En konsekvens av detta är att flera svenska forskare har använt sig av SDSS-data. Jesper Sollerman är professor i astronomi vid Stockholms universitet.

– Jag var med i den andra fasen av SDSS, då vi använde en del av teleskoptiden för att leta efter supernovor, åren 2005–2007. Vi hittade tusentals, och det har lett till dussintalet artiklar om olika aspekter i supernovaforskningen. Just

nu slutför min doktorand Francesco Taddia en studie om vätefria supernovor (så kallade Typ Ib och Ic) och undersöker deras tidigaste faser. SDSS observerade nämligen himlen var fjärde natt och kunde därför hitta supernovor strax efter explosionen. Det finns fortfarande mycket kvar att utforska i den stora datamängd vi hämtade hem de åren, och allt finns nu att ladda ner på nätet, berättar han.

Doktoranden Beatriz Villarroel vid Uppsala universitet studerar istället galaxer.

– Jag har använt SDSS för att studera aktiva galaxer. Dessa har extremt ljusstarka kärnor som bildas kring vad vi tror är supermassiva svarta hål, och genom att kolla på stora mängder av galaxer från SDSS kan vi få en bild av hur de utvecklas med tiden. De kosmiska tidsskalorna är på tok för långa för att följa utvecklingen hos en enskild galax, men statistik kan hjälpa oss att förstå hur galaxpopulationer utvecklas. Målet är att ta reda på hur en aktiv galaxkärna ser ut, bildas och utvecklas över tid. Egentligen vet vi mycket lite om dem.

– Det finns ännu ingen databas som har lika många galaxer som SDSS och med lika bra upplösning på fotometri och spektra, så ja, att använda SDSS är ett självklart val för mig, säger hon.

### SDSS som utbildningsprojekt

Vid sidan av den rent vetenskapliga delen av SDSS-projektet har projektledningen tagit ett ovanligt och intressant

# Kurser i astronomi

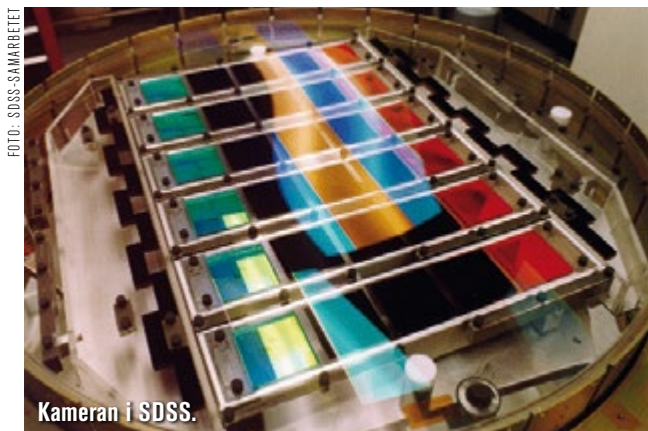


FOTO: SDSS-SAMARBETET

Kameran i SDSS.



FOTO: SDSS-SAMARBETET

Ett SDSS-spektrum avslöjar en kvasar med rödförskjutning på 4,16 - dvs ljus som tagit mer än 12 miljarder år att nå oss.

grepp. Man passar nämligen på att använda sitt material för utbildning av blivande yrkesastronomer, studenter, skolungdom, amatörastronomer och den intresserade allmänheten.

SDSS' hemsida innehåller många länkar som lär ut astronomiska grunder, observationsteknik, hur man hämtar data ur arkiven, hur man tolkar spektra samt mycket mer. Eftersom det förhoppningsvis finns många lärare i naturkunskap eller fysik och universitetslärare i läsekretsen rekommenderas den stora tillgången på pedagogiskt material som här serveras. De nya läroplanerna för grund- och gymnasieskolan innehåller många moment av rent astronomisk karaktär som skall genomgåas med början redan på lågstadiet. Tänk bara vilka underlag för grupparbeten eller projektarbeten i fysik som SDSS skapar. Våra amatörastronomiska föreningar kan lätt hitta material att sätta i händerna på medlemmarna vid sina möten då molnen skymmer.

Bara tanken på alla de spännande och kanske mycket avslöjande data som döljer sig i dessa ofantliga datamängder kan ge den astronomiskt nyfikne en kick. Även om så alla yrkesastronomer i världen ägnade sig åt SDSS skulle de inte hinna analysera mer än en ynka bråkdel av erbjudna data. ★

HANS THORGREN är amatörastronom med bas i Västerås, men studerar också till en mastersexamen i astronomi vid Uppsala universitet. Han har också skrivit böckerna Den spännande astronomin (2012) och Den kodknäckande astronomen (2013), båda utgivna av Thelin läromedel.

NASA/GALILEO-PROJEKTET

Under HT15 går kurserna  
Astronomisk rymdforskning  
**NY** Matematikens guide till  
Ganymedes  
**NY** Mission to Mars

Välkommen att läsa astronomi hos oss!

Exoplaneter

Astronomi –  
Astrologi

Astronomisk  
rymdforskning

Den astronomiska  
världsbildens utveckling

Livsbedingungen  
i universum

Interstellär  
kommunikation

Navigeringskonstens  
historia

Universums  
byggnad

Astronomi i  
konstens historia

Etnoastronomi

Universums  
utveckling

*Kontakta:*

Maria Sundin

maria.sundin@physics.gu.se

Institutionen för fysik

Göteborgs universitet

412 96 Göteborg

<http://physics.gu.se/~tfams/Astro/Orient.html>



GÖTEBORGS UNIVERSITET