

JAN BERG

Vad Kant också kunde Den förkritiske Kant som kosmolog

Kants förkritiska period, det vill säga tiden före koncipieringen av *Kritik der reinen Vernunft* (vars första upplaga utkom 1781), domineras helt av den mekanistiska världsbilden med dess deterministiska atomism. Denna atomism ligger till grund för den förkritiske Kants hypoteser om världens uppkomst och utveckling. Den mekanistiska världsbilden utgjorde den filosofiska bakgrunden till Newtons mekanik. För att korrekt värdera Kants insats inom kosmologin är det därför lämpligt att först kortfattat beskrivade de väsentliga dragen i Newtons kosmologi.

1. Newtons kosmologi

Enligt Newton innehåller det materiella universum oändligt många atomer, som är i stort sett jämnt fördelade i det oändliga absoluta rummet. Materiens genomsnittliga täthet är därför ändlig. Det innebär, att gränsvärdet för kvoten mellan universums massa och volym, när volymen går mot oändligheten, har ett värde större än noll.

Vore det materiella universum ändligt, skulle det på grund av sin egen gravitation ha dragit sig samman kring sitt masscentrum. År 1692 – alltså fem år efter publiceringen av sin *Principia* – skrev Newton till fysikern Richard Bentley, medutgivare av den andra upplagan av *Principia* (1713): ”Men om materien vore jämnt fördelad i ett oändligt rum, skulle den aldrig dra sig samman till en enda massa, utan endast delar av den skulle förena sig till *en* massa och andra delar till en annan, så att ett oändligt antal massanhopningar skulle bildas, som på stora avstånd från varandra vore utspridda i det oändliga rummet.” I den latinska utgåvan av sin *Opticks* (1706) hävdade Newton dessutom, att alla rörelser i universum småningom skulle avtaga.

Newton såg nu själv i princip följande svårighet. Universums samlade massa M , som är lika med produkten av tätheten p och volymen V och alltså proportionell mot produkten av p och kuben av universums radie r , divergerar mot oändligheten, när r obegränsat växer. Därför divergerar även universums gravitationspotential, som är det negativa värdet av gravitationskonstanten multiplicerad med massan genom radien. Därav följer, att gravitationskraften inte är väldefinierad för Newtons materiella universum.

Detta problem ledde den berömde samtida astronomen Edmond Halley till hypotesen, att stjärnorna inte har fixerade positioner i rymden. Halley hade nämligen vid jämförelsen av sina egna mätresultat med de stjärnpositioner som upptecknats av de grekiska astronomerna Hípparchos och Ptolemaíos fastställt divergenser, som överträffade alla tänkbara mätfel. Halleys formulering av sin dynamiska stellarhypotes var en verkligt omvälvande händelse i kosmologin.

Newton ansåg, att varje försök att med hjälp av matematisk-fysikaliska principer härleda strukturen hos kosmos ur antagandet om en likformig fördelning av materien i rummet skulle strida mot hans teori för mekaniken. I problemet med den divergerande gravitationskraften såg han ett argument för nödvändigheten av Skaparens ständiga ingripande i världsmaskineriet. På grund av gravitationens divergens måste det materiella universum störta samman. Därför måste Skaparen med jämna mellanrum ingripa och på nytt ställa in randvariablerna ort och hastighet hos himlakropparna. Först därefter kan världen löpa vidare i sina banor för en begränsad tid. Newton föreställde sig därvid, att kometerna vore Skaparens medel att förändra himlakropparnas rörelser och därigenom upprätthålla universums struktur. Dessa ingrepp av Skaparen är inte empiriskt observerbara, eftersom hela det materiella universum samtidigt förändras. Den store fysikern Newton försökte alltså undkomma svårigheten genom att införa en fysikaliskt principiellt meningslös ad-hoc-hypotes!

2. Kants kosmologi

Även om Kant i sin naturfilosofi övertog den matematisk-fysikaliska delen av Newtons mekanik, krävde han, att universums uppkomst, nuvarande tillstånd och vidare utveckling måste kunna härledas ur den Newtonska mekanikens principer. I kosmologin såg Kant den nödvändiga naturfilosofiska kompletteringen av den vetenskapliga världs-

bilden, vars matematiska formulering förelåg i Newtons *Principia*. Enligt Kants uppfattning anger Newtons axiom endast de allmänna villkoren för den kausala strukturen hos materiens rörelser och lämnar de speciella fysikaliska betingelser under vilka dessa lagar verkar öppna. Kant strävade efter att konkret bestämma Newtons lagar genom att använda dem på det existerande universum. I motsats mot Newton utgick Kant från förutsättningen, att det materiella universums struktur måste förklaras med hjälp av den Newtonska mekanikens dynamiska principer. Kant ville integrera en motsägelsefri fysikalisk teori för universum i den mekanistiska världsbilden. I det avseendet anslöt han sig till den grekiska atomismens världsbild, så som den framställdes av Lucretius, vars *De rerum natura* tillhörde den förkritiske Kants favoritlektyr.

I sin skrift *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels* (1755) använde Kant sin nykoncipierade atomteori på kosmologiska frågeställningar och utvidgade användningen av gravitationskraften – och därmed Newtons mekanik – till hela universum. Därigenom kom han på idén om galaxer, som alla är strukturerade enligt Newtonska principer.

De vetenskapliga källor som Kant utnyttjade i sin kosmologi var förutom Newtons mekanik James Bradleys upptäckt av fixstjärnornas parallaktiska egenrörelser, Pierre de Maupertuis' undersökningar om himlakropparnas form, särskilt jordens avplattning, och slutligen ett tidigare försök att formulera en kosmologi på grundval av Newtons mekanik, som hade gjorts av Thomas Wright i skriften *An Original Theory or New hypothesis of the Universe* (1750).

Kant anger själv en idé i Wrights bok som utgångspunkt för sina kosmologiska undersökningar. Han hade dock inte läst originalet, utan endast en recension i en i Hamburg utgiven tidskrift från år 1751. Efter att ha läst denna recension kunde Kant yttra sig erkännande om Wright med följande ord: "Han betraktade inte fixstjärnorna som ett oordnat och utan avsikt kringstrött vimmel, utan fann en systematisk sammanfattning i en helhet och ett allmänt samband mellan dessa stjärnor och de delar av rymden som de upptager." Detta citat återger i koncentrerad form grundidén i Kants förnyelse av kosmologin i förhållande till Newton.

Hade Kant läst Wrights bok i original, så hade han dock måst ta avstånd från många detaljer i den, ty Wright argumenterade i princip

med hjälp av teologiska betraktelser, som var Kant helt främmande inom kosmologin. I en tidigare skrift hade Wright nämligen antagit, att solen och de andra stjärnorna bildar en sfärisk omgivning kring ett centrum, som befolkas av Gud själv och diverse änglar. I sin *Original Theory*, vars skivliknande modell av Vintergatan påverkade Kant, generaliserade Wright sitt ursprungliga antagande till en hypotes om existensen av en mångfald av stjärnsystem, som vart och ett hade sitt eget gudomliga centrum. På grund av denna homogenitet hos universum uppstod dock ett brydsamt moraliskt problem för Wright, eftersom den rättmätiga bestraffningen av syndare därigenom icke skulle kunna administreras centralt.

I motsats mot Newton förutsatte Kant, att universums lokala masstäthet kraftigt varierar på så sätt, att ett gravitationscentrum för de kosmiska massorna bestäms. Men Kant påpekade samtidigt, att detta inte betyder, att det oändliga, absoluta rummet självt har ett centrum. (Vid konceptionen av sin *Theorie des Himmels* hade Kant ännu inte utarbetat det i sin senare skrift *Monadologia physica* införda relativistiska rumsbegreppet.)

Kant hade uppenbarligen en sfärisk-symmetrisk föreställning om fördelningen av tätheten i det oändliga materiella universum, varvid den variabla masstätheten p närmar sig ett försvinnande medelvärde. Han säger nämligen, att materiepartiklarna "med avståndet förlorar sig i en total utspridning", om "vi kunde överskrida en bestämd sfär".

Låt oss försöka precisera Kants tankegång. För att medelvärdet av masstätheten $p =$ gränsvärdet för M genom V , när universums volym V går mot oändligheten, skall försvinna asymptotiskt enligt proportionaliteten $p \sim k$ genom r upphöjt till $3n$, där k är en konstant, kan vi sätta n större än eller lika med två tredjedelar. Detta innebär, att den kosmiska masstätheten åtminstone avtar med kvadraten på avståndet. För den totala kosmiska massan M , som är proportionell mot pr^3 , som i sin tur är proportionell mot k gånger r upphöjt till $3(1-n)$, erhåller vi således även en asymptotiskt försvinnande gravitationskraft, när n går mot oändligheten. Kant kunde alltså övervinna den svårighet som förlätt Newton till absurda teologiska konstruktioner.

Enligt Kants förutsättningar växer masstätheten och gravitationskraften med det minskande avståndet till det materiella universums gravitationscentrum och går mot noll, när radien växer i det oändliga. Härav drog Kant slutsatsen, att stjärnorna och stjärnsystemen hade

uppstått i närheten av det kosmiska gravitationscentrum. Denna skapelseprocess följdes av en snabb expansion bort från centrum. Härvid gav kollapsen av äldre stjärnor upphov till nya stjärnsystem. Därför bildas ständigt stjärnsystem i en oändlig process allt längre bort från det materiella universums gravitationscentrum.

Enligt Kant avslutas aldrig skapelseprocessen i världen. Världsrymdens oändlighet och dess däri inneslutna tunga massa garanterar således, att gravitationskollapserna ger den kosmiska massan nya impulser och därigenom förorsakar ständigt nya cykler av stjärnbildning.

3. Kants kosmogoni

I naturvetenskapliga sammanhang innebär kosmogoni läran om världens uppkomst. I sin *Theorie des Himmels* formulerade Kant en intressant hypotes om planetsystemets uppkomst i en ursprunglig kosmisk atomgas. Han hade uppmärksammat, att alla planeter i solsystemet rör sig i samma riktning runt solen i nästan sammanfallande plan. Han antog därför, att anhopningarna av materia bildades i urgasen på grund av gravitationskraften: å ena sidan en stor centralkropp och å andra sidan mindre himlakroppar, som till att börja med attraherades av centralkroppen för att sedan genom repulsionskraften åter stötas ut i en cirkelrörelse runt centrum.

Vid sin förklaring av solsystemets uppkomst utgick Kant från begreppet om en oordnad massa av kosmisk stoft, som hålls samman av gravitationen. De enskilda partiklarnas rörelse var oregelbunden; de hade ingen konstant rörelseriktning. Systemet som helhet hade dock ett ändligt vridmoment. Partiklarna rörde sig i skilda banor kring vissa gravitationscentra i enlighet med Newtons gravitationslag. Genom kollisioner förlorade partiklarna energi och sjönk mot ett lokalt gravitationscentrum. Det starkaste gravitationscentrum bildade den ursprungliga solen, de andra bildade de blivande planeterna. Under denna process uppstod ur det oordnade rörelseschemat en likformig rotation, så att alla planeterna kretsade i samma riktning kring solen och vred sig i samma riktning kring sin egen axel.

Ur sin hypotes härledde Kant några empiriska utsagor, som senare har bekräftats. Han hävdade exempelvis, att Saturnus' ring består av partiklar; detta verifierades senare genom fotometriska och spektroskopiska undersökningar. Enligt hans uppfattning hade Saturnus' ring löst

sig från planetens ekvator på grund av centrifugalkraften. Vidare uppfattade Kant zodiakalljuset (det från solen utgående, kägelformade ljusskimret längs djurkretsen) som en reflex av solljuset i en interplanetär rest av urgasens stoft. Detta motsvarar även den moderna uppfattningen. Kant hävdade, att solsystemet utgör en del av ett stort stjärnsystem, som bildar en galax, och att de så kallade nebulosorna i verkligheten är galaktiska system utanför vår galax. Denna för sin tid mycket djärva hypotes kunde först i vårt århundrade slutgiltigt bekräftas.

Enligt en bland svenska lärdomshistoriker företrädd uppfattning skulle Kant ha fått uppslaget till sin teori om planetsystemets uppkomst från Emanuel Swedenborg. Swedenborg utgick i sina kosmologiska visioner väsentligen från begreppen energi och strålning. Han förklarar i *De Cultu et Amore Dei* (1745) planetsystemets uppkomst med hjälp av det strålningstryck som i en tidig fas emanerade från solen. Planeternas rotation och banrörelse återförs på den motsägelsefulla föreställningen om en rörlig ”matematisk punkt”, som uppstått genom en ur mekanikens lagar ej härledbar ”rörelse i oändligheten” och som ger upphov till fysikaliska partiklar, vilka kan ”multipliceras” med varandra. Det är svårt att föreställa sig, att Kant – som ville grunda sin teori om planetsystemets uppkomst uteslutande på Newtons mekanik – skulle ha låtit sig inspireras av Swedenborgs poetiska fantasier, som möjligen kunde kvantifieras med hjälp av mycket senare, indeterministiska mikrofysikaliska teorier. Kants diskussion av frågan om existensen av levande varelser på andra himlakroppar behöver heller inte tyda på någon påverkan från Swedenborg, eftersom sådana spekulationer låg i tiden.

Kants kosmologiska skrift trycktes visserligen 1755, men förläggaren gjorde kort därefter konkurs, hela upplagan av Kants arbete togs i beslag och kunde inte distribueras. En sammanfattning infogades 1763 i en annan skrift av Kant, men först 1791 kom en ny, fullständig upplaga. Under tiden hade den tyske filosofen Johann Heinrich Lambert (1728–1777) formulerat en liknande nebularhypotes i sina *Cosmologische Briefe* (1761). En annan version, som förmodligen är oavhängig av såväl Kant som Lambert, publicerades i *Exposition du système du monde* (1796) av Pierre Simon Laplace.

I sitt nionde kosmologiska brev ger Lambert en förklaring av Vintergatans synliga gestalt. Han tänkte sig, att Vintergatan består av

ett stort antal stjärnsystem, som bildar en flat ring kring ett tomrum. Han postulerade existensen av en osynlig himlakropp, som mitt i detta tomrum verkar som ett gravitationscentrum med en oerhörd massa och täthet. Denna idé utvecklades sedan vidare av Laplace, som insåg, att den enorma tätheten ligger till grund för osynligheten hos en "svart" himlakropp av den art som Lambert hade föreställt sig. Som en konsekvens av Newtons gravitationsteori och hans korpuskulateori för ljuset noterade Laplace, att ljus inte kunde slippa ut ur ett astronomiskt objekt med tillräckligt stor massa och tillräckligt liten radie. Denna tidiga föraning om existensen av svarta kosmiska hål fann dock ytterst få anhängare även efter Einsteins formulering av den allmänna relativitetsteorin och Schwarzschilds härledning av den relativistiska formeln för gravitationsfältet kring en sfärisk massa.

Enligt en i vetenskapshistorien inkorporerad tolkning av den Kantiska kosmologin kunde Kant inte förklara, hur solens rotation har uppstått. I enlighet med Newtons andra lag identifieras den dynamiska kraften med impulsändringen (massan multiplicerad med första derivatan av hastighetsvektorn). Därav följer lagen om impulsens konstans: I ett slutet system är summan av impulserna konstant. Partiklarna i ett sådant system kan visserligen byta ut sina impulser genom kollision eller andra processer, men den totala impulsen måste förbli densamma. Den totala impulsen kan endast ändras genom utbyte av energi eller kraft med omgivningen. Kant förutsatte, att det härskade helt oordnade rörelser i solsystemets urgas. Summan av dessa okoordinerade rörelser är alltså noll. Ur dessa oordnade rörelser uppstod småningom en ordnad mängd rörelser på så sätt, att impulssumman erhöll ett icke-försvinnande värde. Existensen av den därtill erforderliga, utifrån verkande kraften kunde Kant – enligt denna tolkning av hans kosmologi – inte motivera.

Laplace kringgick denna svårighet väsentligen genom postulatet, att det totala vridmomentet i solsystemets urgas hade ett ickeförsvinnande värde från början. Han var medveten om, att vridmomentet hos solen, planeterna och deras satelliter alla har samma riktning. Han postulerade därför en ursprunglig rotation i ett hett gasmoln, ur vilket solsystemet utvecklades. Därvid växte rotationshastigheten, för att vridmomentet skulle kunna bibehållas. Därigenom löste sig gasringar från gasmolnets ekvator och bildade sfäriska himlakroppar, av vilka några i sin tur stötte ut nya gasringar, av vilka de flesta (dock inte alla i fallet

Saturnus) kondenserades till satelliter. Kärnan i urgasen bildade solen. På så sätt uppstod den så kallade Kant-Laplaceska nebularhypotesen.

Den förste som använde uttrycket "den Kant-Laplaceska kosmogonin" var Schopenhauer (i *Parerga und Paralipomena*, 1851), som kuriöst nog var elev till en motståndare mot Kants filosofi. I ett tal i Königsberg 1854 firade Helmholtz Kant som upphovsmannen till den Laplaceska nebularhypotesen. Som vi har sett, är det vetenskapshistoriska sammanhanget litet mera komplicerat.

I själva verket är historien ännu mera komplicerad. Vid tolkningen av den Kantiska kosmogonin måste man beakta, att solsystemet enligt Kant tillsammans med andra stjärnsystem befinner sig i botten av en kosmisk hierarki av allt större system, som alla är ordnade genom en inbäddningsrelation. I utillståndet bildades solens urmoln tillsammans med millioner andra urmoln, varvid alla urmoln hade olika vridmoment enligt en slumpmässig fördelning. Kant kunde alltså mycket väl ge skäl för solsystemets ändliga totala vridmoment.

I sin skrift *Ob die Erde veralte?* (1754) analyserade Kant de yttre krafternas inverkan på jordytan. I sitt senare arbete *Über die Vulkane im Monde* (1785) grundlade han en jämförande geologi. Hans målsättning var att med hjälp av utforskningen av månytans struktur dra slutsatser om jordens fysiska utveckling. I denna skrift formulerade han dessutom en teori om uppbromsningen av jordens rotation genom ebb och flod. Detta problem togs åter upp först år 1848 av fysikern Julius Robert Mayer i hans *Dynamik des Himmels*. I dag existerar möjligheten att med hjälp av atomur exakt besvara den av Kant initierade frågeställningen.

I sin skrift om månens vulkaner gav Kant även en förklaring till solens hetta och planeternas inre värme. I sin kosmogoni hade han hävdad, att värme alstras vid materiens förtätning och att denna värmealstring är proportionell mot massan och tätheten hos den himlakropp som bildas. Solens höga temperatur följer enligt Kant ur det faktum att solens massa är tusenfalt större än de största planeternas massa. Kants hypotes om, att den höga temperaturen i solens inre orsakats av en gravitationskollaps, bekräftades mer än hundra år senare genom den av Helmholtz och J J Thomson grundlagda mekaniska värmeteorin för solenergin. Enligt Kants uppfattning förlöpte denna koncentrationsprocess under en tidsrymd av storleksordningen tio millioner år, en uppskattning som står i överensstämmelse med

moderna astronomiska beräkningar. Kant insåg även, att solens värmeförråd småningom måste tömmas på grund av utstrålningen. Han ansåg dock, att gravitationsenergi frigörs när stjärnsystem störtar samman, så att nya stjärnor kan bildas.

Kants kosmogoni baserar på samma grundförutsättning som hans kosmologi, så att alla stjärnsystems uppkomst styrs av samma mekaniska lagar. Varje stjärnsystem är inbäddat i ett större system, med vilket det är förbundet genom gravitativ växelverkan och utbyte av strålning. Delsystemets utveckling inverkar på hela universums utveckling. Genom inbäddningen av varje stjärnsystem i ett större förhindras enligt Kant, att alla rörelser och all strålning i kosmos avstannar. Eftersom ett systems kosmiska omgivning ständigt ändras, utvecklar sig stjärnsystemen i en spiralformad serie av cykler.

Kant uppskattade tidsintervallet mellan ett stjärnsystems uppkomst och dess gravitationskollaps till – som han själv säger – ”mängder av hundratals miljoner år”. Denna uppskattning motsvarar den moderna kosmologins periodindelning, där man räknar med tidsenheter på en miljard eller tio miljarder år. En jämförelse med Newton visar på nytt Kants högre vetenskapliga nivå inom kosmologin. I sina sena verk om kosmologi försökte Newton nämligen tränga in den historiska existensen av kosmos i den bibliska tidsramens fem tusen år. När Buffon 1749 i sin *Histoire naturelle* antog jorden vara nittio tusen år gammal, uppfattades detta av den i Newtons världsbild förankrade publiken som en ytterst provocerande djärvhet. Kant förde således in helt nya, realistiska storleksordningar i kosmologin.

Vid studiet av Kants senare, kritiska filosofi är det fördelaktigt att behålla den nyktra, realistiska framställningen i hans förkritiska verk i minnet. Kants kritiska filosofi utgick från en radikal omvälvning i hans verklighetsuppfattning. Det översiktligt planerade landskapet och de breda, raka vägarna i hans förkritiska fas leder plötsligt in i en kunskapsteoretiskt vilt förgrenad djungel, i vilken det onåbara tinget i sig utgör den enda förbindelsen med den förkritiska yttervärlden.