

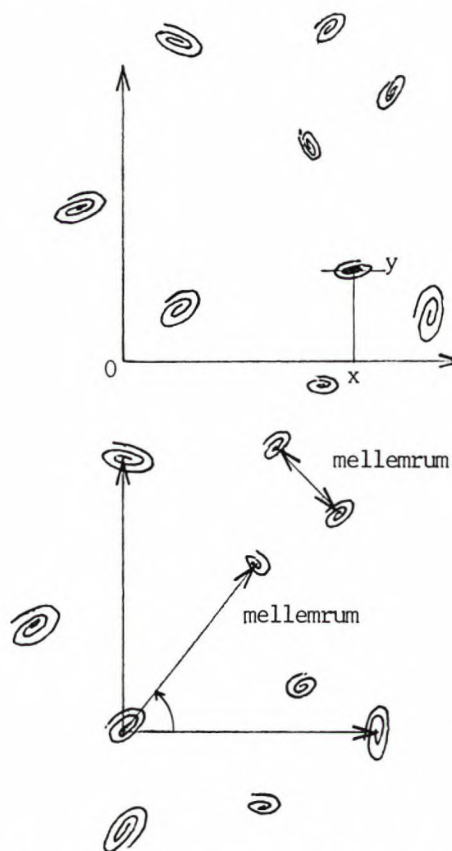
Kan naturlove begrundes?

Om symmetri og dynamik

Kay Akselbo

Naturlovene betragtes vel nærmest som en slags luner af naturen, som vi nok kan udforske, men ikke begrunde. Fx kender vi den Newtonske mekaniks love og ved, hvordan de fungerer, men vi ved ikke, hvorfor de er, som de er, eller om de måske kunne have været helt anderledes.

I det følgende søges det vist, at man under visse forudsætninger om universets grundstruktur kan udlede og dermed begrunde naturlove.



Figur 1. I det absolutte rum, øverst, anvendes det tomme rum som koordinatsystem. På denne baggrund er universet til ethvert tidspunkt fastlagt. Der kan eventuelt findes rum udenfor universet. Tiden går af sig selv.

I det ikke-absolutte rum nederst er universet selv det yderste koordinatsystem. På denne baggrund eksisterer rummet kun som "mellemrum" mellem dets objekter. Der kan derfor ikke findes rum udenfor universet. Tid er bevægelse i rummet - den måles på et ur.

Om tid og rum

I den fundamentale omvæltning i fysikken, som overgangen fra det Newtonske til det Einsteinske system har betydet, er den helt centrale bedrift Einsteins opgivelse af

absolut rum og tid. Newtons selvstændigt eksisterende tredimensionale verdensrum, hvori tiden uforstyrret går af sig selv, udskiftes med den almene relativitetsteoris fire-dimensionale tid-rum, som ikke har selvstændig eksistens uafhængigt af sit indhold, og hvor tid og rum er uløseligt sammenknyttet, idet tiden formelt indgår som en fjerde dimension på lige fod med de tre rumlige.

Det overraskende er nu, at det viser sig at være selve ikke-absolutheden - det uhåndgribelige i tid og rum - som konstituerer håndgribeligheden: Det dynamiske princip, hvoraf naturlove kan udledes.

Det kosmologiske princip

Det er en almindelig antagelse blandt kosmologer, at universets indhold af stof (masse/energi) er fordelt isotropt og homogent, dvs. at universet i stor (kosmologisk) målestok er ens overalt i alle retninger. Denne universelle symmetri kaldes "det kosmologiske princip".

Der er dog ikke tale om et egentligt fysisk princip, som fx energiens konstans - snarere betragtes det som en slags tilfældig termodynamisk konsekvens af universets udvikling - men da observationer synes at støtte denne struktur, har man valgt den som en arbejdshypotese af bekvemmelighedshensyn. Simple symmetriske modeller er de letteste at håndtere.

Imidlertid er det ikke svært med lidt bagklogskab at indse, at symmetrien er nødvendig: Hvis man ikke kan anskueliggøre en asymmetri på en symmetrisk baggrund (fx papir), kan det kun være, fordi man principielt ikke kan forestille sig den - dvs. den er uden mening. Asymmetri har altså, begrebsmæssigt som fysisk, kun mening på baggrund af symmetri, og denne må her være universet selv, da der ellers måtte findes en særlig, tom, symmetrisk baggrund for dette, hvilket kun har mening, hvis rummet er absolut og altså kan anvendes som koordinatsystem. Symmetrien er derfor principiel - den er et materielt udtryk for rummets ikke-absoluthed.

Om man nu vil forestille sig det jævnt fordelte stof som galakser eller galaksegrupper - eller måske blot som en slags idealiserede partikler - så kaldes disse enheder konventionelt for fundamentalpartikler, og iagttagere, som tænkes knyttet til dem, kaldes fundamentaliagttagere eller galaktiske iagttagere. Den nævnte struktur medfører, at universets ekspansion må være isotrop; og den enkelte galaktiske iagttager vil altså opfatte sig som værende i universets centrum, idet galakserne flygter radiært. For så vidt kan han bruge universet som lokalt koordinatsystem.

Vi vil da betragte det kosmologiske princip som et dynamisk princip:

Hvis universet principielt er homogent og isotropt fordelt, vil det modsætte sig ethvert forsøg på symmetribrud (man kan ikke med magt gøre rummet absolut). Ved en undersøgelse af denne modstand - de kræfter, der herved involveres - kan vi udlede naturlove.

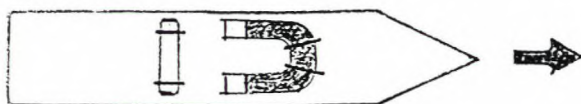
Homogenitet og inert

Som tidligere antydte er der ved fordelingen af universets indhold tale om et gennemsnit. Den komplicerede uregelmæssighed, som universet udviser på enhver skala fra atomer til galaksegrupper, udlignes, efterhånden som større og større områder betragtes, til en homogen fordeling af universet som helhed; men i sit princip er homogeniteten absolut, da den er en konsekvens af rummets ikke-absoluthed, som ifølge sagens natur er absolut.

Dette må forstås således, at man ikke kan flytte eller forskyde noget enkeltobjekt i universet, da det, uanset hvor og i hvilken gruppe (fundamentalpartikel) det befandt sig, ville betyde et brud på homogeniteten. Man ville jo flytte den pågældende gruppes massemidt-punkt i forhold til de andres, hvilket i sidste instans kunne karakteriseres som en forskydning af universet som helhed, hvad der forudsætter absolut rum.

Den lokale uregelmæssighed er derfor i virkeligheden en kamoufleret homogenitet, for hvis noget forekommer os at være flyttet, må noget andet være flyttet i modsat retning på en sådan måde, at den globale fordeling ikke er ændret, dvs. således, at de to deles fælles massemidt-punkt er forblevet ubevægeligt (og deres samlede bevægelsesmængde altså er forblevet nul). Ønsker vi at bevæge dette, må vi på samme måde flytte noget tredje i modsat retning - og så fremdeles.

Men det vil sige, at et sammensat legemes massemidt-punkt kun ændrer bevægelse under indflydelse af ydre kræfter. Vi har således udledt massemidt-punktssætningen, og det ses, at den i sin essens siger, at universets samlede bevægelsesmængde er nul - hvad der vel dårligt nok kan overraske.



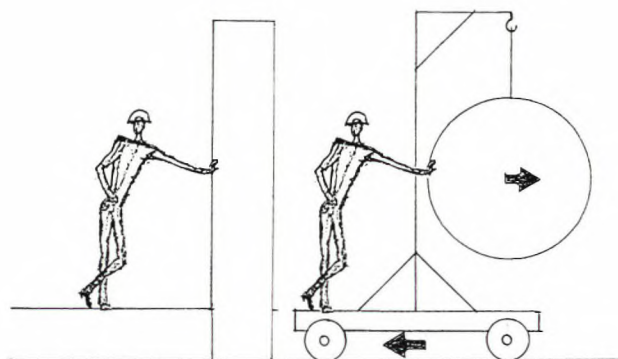
Figur 2. Aktion og reaktion: Newton satte et stykke jern og en magnet fast på et bræt og lagde dem på en vandflade. Ville skibet nu sejle i pilens retning fordi magneten trak i jernet? Da der intet skete sluttede han at indre kræfter ophæver hinanden. Det er kun de ydre kræfter der kan ændre et legemes bevægelse. Men han kunne ikke forklare hvorfor.

Ydermere må indre kræfter ophæve hinanden, da der ellers måtte være noget tilovers, der kunne virke som "ydre" kraft; dvs. aktion er lig med reaktion.

Vi deler nu et objekt i to med masserne m og M og flytter M . Dette kan kun gøres ved at flytte m i modsat retning - dvs. "kraften" til at flytte M får vi ved at støde fra på m , og der er altså tale om samme kraft på m og

M . Da det fælles massemidt-punkt ikke flyttes, vil de accelerationer, vi herved giver de to objekter, være omvendt proportionale med deres masser (nemlig efter definitionen af massemidt-punkt), og vi har altså udledt Newtons 2. lov; kraft = masse gange acceleration.

Inertmassen er altså dét, som er homogent fordelt, og inert er et udtryk for homogeniteten - det vil igen sige for rummets ikke-absoluthed. Når man læner sig mod en mur, føler man en reaktion. Inerti er den reaktion, man føler, når man læner sig mod universet.



Figur 3. Når man læner sig mod en mur føler man en reaktion. Inerti er den reaktion man føler, når man læner sig mod universet.

Ifølge "Machs princip" (Ernst Mach 1838-1916) er det eneste, der betyder noget i mekanikken, stoffet, og lokale inertikræfter skyldes universets fjerne masser og overføres som en fjernvirkning af stof på stof. Men, som det her synes, er det ikke så meget stoffet som sådant, som dets fordeling, der betyder noget.

Ligesom man ikke kan flytte noget, kan man naturligvis heller ikke fjerne noget uden at bryde homogeniteten, og det er grundlaget for termodynamikkens første hovedsætning - loven om massens (energiens) konstans. Den nærbeslægtethed, der herved kommer til syne mellem denne og Newtons 2. lov i deres udspring, gør sig også gældende i deres videre konsekvenser: I sin egen-skab af "mekanikkens årsagssætning" er Newtons 2. lov grundlaget for den mekaniske determinisme, og denne har naturligvis ingen relevans, medmindre man kan regne med, at universets indhold til enhver tid er forhånden.

Isotropi og gravitation.

Lad de fornævnte masser m og M efter flytningen have den indbyrdes afstand r . Set fra én af dem er det ellers isotrope univers nu - på grund af den andens tilstedeværelse - alt andet end isotropt, og de må derfor have tendens til igen at søge sammen i det nærmeste punkt, hvori det vil være det, dvs. i deres fælles massemidt-punkt, som for dem er universets midtpunkt, se figur 4.

Tendens til bevægelse er ensbetydende med acceleration. Dennes størrelse må være proportional med den forhåndenværende anisotropi, og spørgsmålet er så, hvor-



Læksøger på heliumbasis

Hvilke krav stilles der?

- ★ Hurtig
- ★ Nem og entydig betjening
- ★ Oliefri indsugning
- ★ Robust
- ★ Enkelt service
- ★ Prisbillig

Anvendelse:

- ★ Kvalitetskontrol
- ★ Forskning og udvikling
- ★ Analyseudstyr
- ★ Høj -og ultrahøjvakuum

Leybold ApS
Roskildevej 342A
2630 Tåstrup
Tlf.: 43996444
Fax: 43996544



dan denne måles.

Vi kender resultatet på forhånd, da det jo skal kunne fortolkes som gravitationsfeltet; så ved nu også at forsøge at ræsonnere os frem til det rigtige resultat kan vi få en førstehånds fornemmelse af, hvad universet rent kontant "mener" med anisotropi.



Figur 4. Universet søger at rette op på en lokal anisotropi ved at give partiklerne en tendens til at søge mod massemidtpunktet. Denne tendens er gravitationen.

Det synes da klart, at set fra den ene masse, m , må anisotropien være desto større, jo større den anden masse, M , er og desuden jo nærmere M er, dvs. jo større M synes at være. Denne tilsyneladende størrelse - dvs. den rumvinkel, som M ses under - er omvendt proportional med kvadratet på afstanden mellem masserne, r^2 . Vi får da som udtryk for anisotropien og dermed for accelerationen af m :

$$a = M/r^2,$$

som ifølge sagens natur er uafhængig af m , dvs. alle

legemer falder lige hurtigt. Kraften på m bliver da iflg. Newtons anden lov:

$$F = mM/r^2$$

bortset fra en adaptiv konstant; og vi har således udledt Newtons tyngdelov.

Gravitationsfeltet er altså et anisotropifelt, og tyngdemassen er - som inertimassen - dét, som er fordelt. De to masser er ikke identiske ved et lue af naturen. Der er kun én slags.

Så den Newtonske mekanik - selve prototypen på naturlove i absolut rum - viser sig altså at være et udtryk for ikke-absoluthed. Hvad nu selve grundlaget for alt dette - nemlig universets globale isotropi - angår, så medfører denne jo, at der ikke kan være nogen global gravitation, dvs. universet har ingen "selvgravitation", som kunne nedbremse dets ekspansion. Denne må derfor være en jævn, radiær bevægelse.

Indfører vi nu en parameter R som et udtryk for universets "størrelse" eller afstanden mellem to vilkårlige fundamentalpartikler, kan vi altså beskrive ekspansionen ved: $R = ct$, hvor c er en proportionalitetskonstant, og t er tiden.

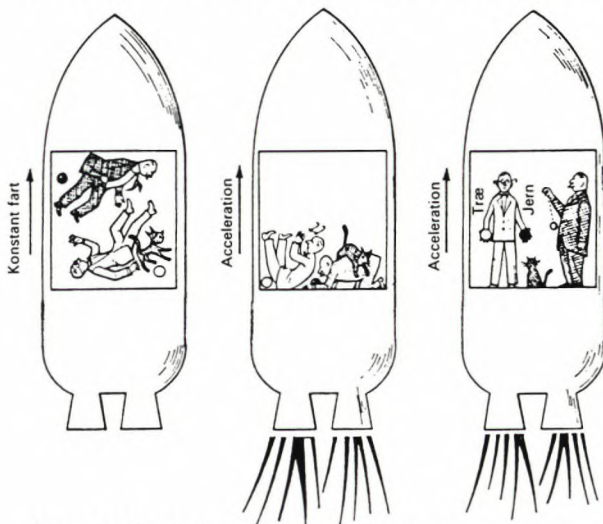
Fra Newton til Einstein

Efter i det foregående at have undersøgt den principielle

isotropis indflydelse på den Newtonske kosmologi skal vi se på dens virkninger i den kosmologi, der fremgår af Einsteins almene relativitetsteori. De tre hovedkomplekser er her Ækvivalensprincippet, Friedmanns ligning og den Schwarzschildske metrik omkring en centralmasse.

Ækvivalensprincippet

Således som inerti- og gravitationskræfter er udledt i det foregående, giver ækvivalensprincippet sig selv: Når inerti- og tyngdemasse er identiske, falder alle legemer lige hurtigt i et naturligt tyngdefelt (fordi tyngdekraften er proportional med massen og den fremkaldte faldacceleration omvendt proportional med den samme masse), og det er derfor ikke muligt at skelne mellem et sådant og det fiktive gravitationsfelt i et lukket accelereret system, hvori legemer jo simpelthen "falder" lige hurtigt, fordi de (set udefra) indhentes af systemet. Følgelig er det heller ikke muligt at konstatere nogen absolut bevægelse. Det ryk, vi føler, når elevatoren sætter sig igang opad, kunne lige så godt skyldes et pludseligt opstået gravitationsfelt.



Figur 5. Når raketten accelererer indhenter den sine vægtløse passagerer. De føler at alt falder ned med samme acceleration, nemlig raketten, og at de derfor lige så godt kunne stå på jorden.

Ækvivalensen mellem det fiktive og det naturlige gravitationsfelt er grundlaget for Einsteins almene relativitetsteori. Denne forudsætter de to massers identitet og ville ikke kunne fungere uden denne, men den er ikke nærmere forklaret.

Friedmanns ligninger

Løser man Einsteins feltligninger² med det almindelige kosmologiske princip som betingelse, fås, hvad man kunne kalde kosmologiens fundamentalligning, dvs. Friedmanns ligning - differentilligningen for det ekspanderende univers. Denne er den relativistiske parallel til "mekanikkens energisætning", som jo siger, at summen af en partikels kinetiske og potentielle energi er konstant. I Friedmanns ligning overtager universet så at sige partiklens rolle.

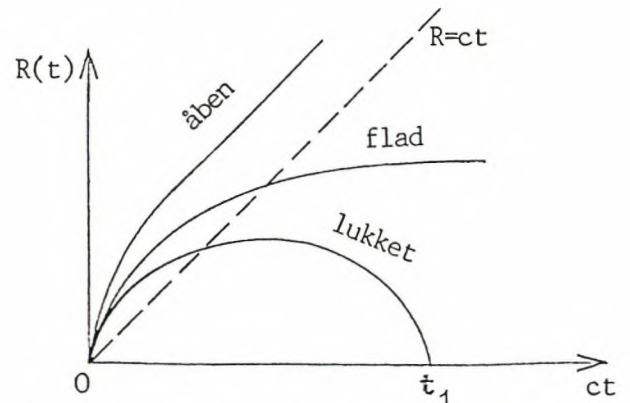
Betragtes fx en partikel i Jordens felt, har man i afstanden r :

$\frac{1}{2}mv^2 - GmM/r = \text{konstant}$ idet potentialet er negativt for tiltrækning. Her er G Newtons gravitationskonstant, M er jordmassen og m partiklens masse.

Betragtes i stedet et kugleformet udsnit af universet, som udvider sig isotropt sammen med dette og altså har konstant masseindhold, M , har vi tilsvarende i afstanden R fra centrum

$$\frac{1}{2} \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 - GM = \text{konstant},$$

i det kuglens radius jo er proportional med den før omtalte "skalaparameter".



Figur 6. Kurverne i Friedmanns tre standardmodeller for rummets ekspansion viser universets "størrelse", $R(t)$ som funktion af tiden, t . Men når det indses at universets isotropi er principiel (et univers er isotropt), ændres Friedmanns ligning så dens eneste løsning bliver den punkterede rette linie. Det vil sige at ekspansionen er en jævn bevægelse.

Samme udtryk fås ved løsning af feltligningerne, idet konstanten nu viser sig at være $-\frac{1}{2}kc^2$, hvor c er lyshastigheden, og k er en indikator for rumkrumningens fortegn. Vi har altså Friedmanns ligning:

$$\left(\frac{dR}{dt} \right)^2 = \frac{2GM}{R} - kc^2,$$

hvis integration da giver R som funktion af tiden, dvs. formelen for rummets isotrope ekspansion. Nærmere betegnet fås Friedmanns tre standardmodeller for henholdsvis det "åbne", det "lukkede" og det "flade" univers, alt efter som k sættes lig med -1 , $+1$ eller 0 .

Isotropien er, som omtalt, indført "med hånden" som en betingelse ved løsning af feltligningerne. Gøres den nu principiel ved også at lade den omfatte selve feltligningerne², får det straks dynamiske konsekvenser, idet gravitationsleddet $2GM/R$ falder bort, og k antager værdien -1 . Tilbage har vi:

$$\left(\frac{dR}{dt} \right)^2 = c^2,$$

og altså som tidligere:

$$R = ct.$$

Den Schwarzschildske metrik omkring en centralmasse.

I et euklidisk rum har man for den infinitesimale afstand ds mellem to punkter iflg. Pythagoras:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$$

Tænkes punkterne knyttet til en fysisk realitet, fx ved at være afsat på et fast legeme, kan man ved at flytte eller dreje koordinatsystemet ændre koordinaterne og dx , dy , og dz , men naturligvis ikke ds . Den er *invariant* overfor en koordinattransformation.

I et euklidisk firedimensionalt tid-rum haves tilsvarende for "afstanden mellem to punktbegebenheder:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

Med lyshastigheden c som koefficient i tid-leddet får vi samme målestok for rum og tid. At vi har minustegn for de tre rumlige afstande sikrer blandt meget andet, at en partikel ikke samtidigt kan være på to forskellige steder, idet ds bliver imaginær for $dt = 0$.

Omkring en centralmasse er polære koordinater hensigtsmæssige:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dr^2 - r^2 d\theta^2 - r^2 \sin^2 \theta d\phi^2$$

Men da en masse deformerer rum og tid omkring sig, er forholdene ikke mere euklidiske, og der må derfor sættes koefficienter på, hvorefter den Schwarzschildske metrik bliver:

$$ds^2 = \alpha c^2 dt^2 - \frac{1}{\alpha} dr^2 - r^2 d\theta^2 - r^2 \sin^2 \theta d\phi^2,$$

$$\text{hvor } \alpha = 1 - \frac{2GM}{c^2 r}$$

G er Newtons gravitationskonstant, og M er centralmassen.

Medens den Newtonske anisotropi som udledt i artiklen er M/r^2 , kan det da af udtrykket for den Schwarzschildske metrik udledes, at den Schwarzschildske ("deformerede") anisotropi bliver

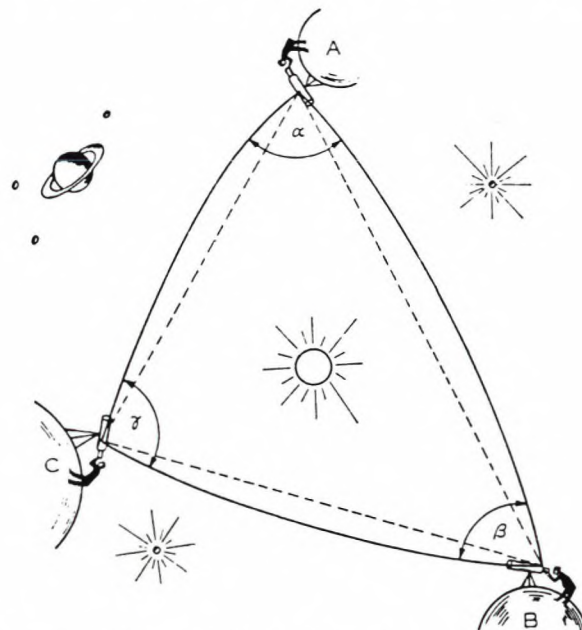
$$\frac{1}{\sqrt{\alpha}} \frac{M}{r^2}$$

Ekspansionen er altså en jævn bevægelse, og da den principielt ikke kan ændres, repræsenterer den entydigt tiden, idet c i den forbindelse er et målestoksforhold mellem rum og tid. Vi ser nu, hvorfor universet ekspan-

derer: Tiden skal gå med noget. Er der ingen ekspansion, må den gå af sig selv og altså være absolut.

Den Schwarzschildske metrik

Den Schwarzschildske metrik for det tomme tid-rum omkring en centralmasse blev fundet af K.Schwarzschild i 1916 ved løsning af de såkaldte "vakuumligninger", der er en forenklet form for Einsteins feltligninger. De fås, som navnet antyder, ved at sætte udtrykket for universets masse-energiindhold i feltligningerne lig med nul. Men allerede herved er feltligningerne i deres konventionelle form inkonsistente, idet de altså tillader et universelt vakuum, dvs. en tom baggrund for universet, hvilket er i direkte modstrid med teoriens forudsætninger, hvorefter tid-rummet ikke har selvstændig eksistens uafhængigt af sit indhold¹. Men hertil kommer så, at selve de fremkomne vakuumligninger ved at resultere i en metrik omkring en centralmasse, uden at deres anvendelse ved nogen restriktion er begrænset til at være lokal, tillader et univers bestående af ét eneste centrallegeme, og så er rummet igen absolut. Vi må jo nemlig forestille os dette centrallegeme som anbragt i rummets midtpunkt.



Figur 7. Solen deformerer tid-rummet omkring sig, så lysstråler bøjes. De tre iagttagere der prøver at eftervise Euklids geometri for en trekant omkring solen, vil måle en vinkelsum der er for stor.

At man på dette grundlag har kunnet opstille den (korrekte) Schwarzschildske metrik skyldes et sammentræf af heldige omstændigheder. Ved den ovenfor nævnte operation, som samtidigt gør feltligningerne isotrope og konsistente, bliver de - skønt de ikke længere indeholder noget universelt vakuum - i en alternativ form formelt identiske med vakuumligningerne. Og det er altså dem, Schwarzschild, sig selv uafvidende, har løst.

Vi befinder os nu i en interessant situation. De reviderede feltligninger er udtryk for et principielt isotropt og

dermed globalt gravitationsfrit univers. Men ved deres løsning kan vi finde det Schwarzschildske gravitationsfelt. Det kan jo kun betyde, at universet består af isotropt fordelte symmetribrud (centralfelter), det vil sige at det

principielt er galaktisk. Denne struktur er altså ikke et termodynamisk fænomen, men en matematisk restriktion. Den repræsenterer rummets og tidens ikke-absoluthed.

Referencer:

- 1) Albert Einstein: *Relativity. The Special and the General Theory*. 15. ed. Methuen, London. 1954. (Side vi. appendix V, side 135-157).
- 2) Kay Akselbo: *Nogle problemer i tid og rum*. KVANT, november 1992.



Kay Akselbo er civilingeniør og arbejder med videnskabsfilosofiske problemer i fysik og kosmologi.



Fine tune your Zs Z axis translators from Vacuum Generators

A wide range of **low cost** precision Z only translators for UHV research. Designed for movement over long distances, the ZAXIS series includes translators for 150, 300 and 600 mm travel.

Various applications include:

- sample entry/introduction system
- sample movement
- automated sample transfer (if motorised)
- coarse Z only analysis with primary and secondary rotation
- Z only heat/cool stage

Z movement is accomplished using a screw drive, and options are available to suite specific application needs

For further information, please contact Kennet Joelsson,
Fisons Instruments Nordic AB, .tel.++46-8-629 24 00, fax.++46-8-627 52 20,
e-mail: kennet.joelsson@fisons-instruments.se
Internet Home Page: <http://www.fisonssurf.co.uk/vacgen>

