



Figur 2. Strømlinier omkring flyvinge, ifølge K. Weltner.

I det tekniske museum i Luleå i Sverige, skrev de, da jeg besøgte det i 2004, at videnskaben var splittet angående forklaringen på opdrift på flyvinger. Det er nok at tage munden for fuld. Men rigtigt er det, at fejlagtige forklaringer med henvisning til Bernoullis ligning har huseret i indledende lærebogslitteratur, som i Alonso-Finn tilfældet. Imidlertid er der mest tale om fortidssynder. I de fleste indledende lærebøger nu om dage er fremstillingerne i orden. Om det er Klaus Weltners artikel, der har katalyseret opretningen, er svært at opspore. Men kollektivt er der sket en opretning.

Grunden til, at der i en periode kan cirkulere en fejlagtig forklaring, er formentlig, at lærebogsforfatterne skriver af efter hinanden. Det er svært for lærebogsforfatterne at overkomme at tænke alt i en lærebog igennem fra bunden af. En tilsvarende fejlagtig vandrefortælling i fysiklærebøger er den, som jeg omtalte i artiklen om rulning i KVANT, april 2011. Vandrefortællingen går ud på, at momentsætningen, $dL/dt = \tau$, ved rulning kan benyttes med momenter taget om røringpunktet, fordi røringpunktet momentant ligger stille. Som vist i KVANT-artiklen er det, ligesom Bernoulli-forklaringen her, også forkert (pointen vedrørende rulning har jeg uddybet i: “Rules for rolling as a rotation

about the instantaneous point of contact”, Eur. J. Phys. **32**, 389-397 (2011), og yderligere i “Five ways of deriving the equation of motion for rolling bodies”, Am. J. Phys. **80**, 1073-1077 (2012)).

Breddeopgave 77. Åreforkalkning

Inden næste nummer af KVANT udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningen til denne opgave fra breddekurset på RUC (fra eksamen januar 2016, nr. 77 i rækken her i KVANT):

Hvor meget skal blodtrykket procentvis øges for at sikre den samme blodgennemstrømning ved 5% formindskelse af årenes indvendige diameter på grund af åreforkalkning? Begrund svaret.

Løsning og kommentar bringes i næste nummer af KVANT.

Videnskab.dk

Samarbejde med videnskab.dk

KVANT samarbejder med Videnskab.dk, hvilket betyder, at enkelte artikler fra KVANT vil kunne læses på Videnskab.dk. Fra KVANTs decembernummer kan man således læse Helge Kraghs artikel om naturvidenskaben som kristent projekt.

Videnskab.dk dækker forskningen bredt fra kultur og samfund til teknologi og naturvidenskab. Redaktionen har hjemme i Valby og består af 10 ansatte samt journalistpraktikanter, studentermedhjælpere, projektmedarbejdere og freelancere.

Kvantefysikken og erkendelsens afgrund

Af Børge Krag Pimenta

I denne artikel vil jeg med relevante nedslag i filosofihistorien kort opridse den filosofihistoriske udvikling fra de tidligste tænkere i vesten op til kvanteteoriens udformning, der bryder det erkendelsesbegreb, som har øvet sin magt over os i mindst 2500 år – og fortsat gør det. Denne magt udspringer ikke kun af tradition (der dog har en stor betydning for forståelsen), men også af hvordan vores forståelse på et mere neurologisk plan kommer i stand.

Platons idé

Siden filosofihistoriens begyndelse har mennesket spekuleret over, hvad det værende egentlig er. Man har forestillet sig, at der bag de synlige og foranderlige fænomener skjulte sig en art substans eller et urstof af naturlig (fx vand, luft, ild) eller af ideal (fx “to apeiron”

(“det uafgrænsede” – altså: kvalitetsløse), “det ene”) karakter. I mere generelle termer kan man sige, at de gamle grækere søgte en *logos* (λόγος) – en struktur eller orden – i naturen. Denne grundstruktur eller orden måtte alt andet stå i *forhold* (latin: ratio) til. Platon, der ganske vist ikke hører blandt de tidligste tænkere, er ingen undtagelse. For ham er *idéen* (“εἶδος” (eidos)

eller “ιδέα” (idea) – der betyder *billede* på oldgræsk – denne værensgrund eller logos, der får betydningen: *det der lader sig begribe* med vores *fornuft* (ratio-nalitet), hvilket er muligt fordi tingenes logos (ratio) selv er *fornuftig* (= logisk). Anderledes udtrykt: fornuften er *selv* denne begribe, så det den begriber, er *egentlig sig selv* (som “absolut fornuft”, hvilket dog først går op for de tyske idealister: Fichte, Schelling, Hegel). Derfor bliver *erkendelse* til *genkendelse* hos Platon – idéen er ikke blot et billede, den er fornuftens *spejlbillede*. Fornuften *genkender* en fornuftig (rationel) orden (logos) i tingenes *natur* (φύσις: physis, der også kan forstås som nogets “indre” væsen/væren), fordi denne natur (væren) *væsentligt* er fornuft (idé). Med Aristoteles’ begreb for væsen (τὸ τι ἦν εἶναι), der egentlig betyder: “det-at-være-hvad-det-var”, bliver hans gæld til Platon åbenlys: Billedet *er* jo det-der-er-hvad-det-var – det af-bilder noget i fortiden, som det viser i nutiden.

Når Platon taler om idéer, er der ikke tale om noget, der lader sig videnskabeligt efterprøve. Der er *ikke* tale om en hypotese, men en afdækning af den metafysiske forudsætning for erkendelse. Det er Parmenides’ vise ord: “Tanke og væren er det samme” – som man vel kan kalde metafysikkens grundsætning – der genlyder i Platons filosofi og i filosofien i det hele taget. Hvis ikke væren og tanken deler samme logos, er enhver erkendelse umulig (erkendelsen *forudsætter* en metafysik). Selv det at *benægte* sætningen, forudsætter den, for det negative udsagn er *afledt* af det positive: “Tanke og væren er *ikke* det samme” er *også* en identitetsætning, omend den er negativ. Den *benægter* hvad den selv *forudsætter*.

Fra sandhed til sikkerhed – “den epistemologiske vending” i filosofien

Med den franske filosof og matematiker René Descartes (1596-1650) vendes forholdet mellem metafysik og erkendelsesteori (epistemologi) på hovedet. Det er ikke længere Platons transcendent idéer, der udgør det værendes *hypokeimenon* (ὑποκειμενον) – latin: sub-strat (grund-/underlag). Det gør i stedet *subjektet* (latin: *subiectum*, der betyder “underlagt/-kastet”). *Sikker viden* (epistemologi) får forrang for *sand viden* (metafysik) – modsat tidligere – i troen på muligheden af en dogmatisk fordomsfri fornuft. Dette sker i løbet af Den Videnskabelige Revolution, der *baserede* fysik (“natural science”) på matematik, altså lod matematikken være fysikkens (naturens) grundlag, og hvad der var matematisk gyldigt (“sikkert”) kunne indses af forstanden (subjektet), hvilket Descartes ikke var sen til at indse. I sine *Meditationer* (1641), forsøger han netop – ved hjælp af en “metodisk tvivl” – at stedfæste det metafysiske *grundlag* for “den nye videnskab”

¹Omend denne sætning er blevet emblematiske for Descartes, findes den ikke i noget værk af ham. Men *tanken* finder sted i 2. meditation, stk 6.

²David Hume (1711-1776) gør sig allerede sine tanker i hovedværket *A treatise of human nature* (1739/40), men det var den tyske oversættelse af den mere populære fremstilling i *An enquiry concerning human understanding* (1748), som Kant læste og reagerede på. Det bør understreges, at Hume (som empirist) ikke anfægter videnskaben som sådan, men udelukkende dens (fx af Descartes) påståede *rationelle* (metafysiske) grundlag.

³Idéen (eidos/idea) er i sig selv en metafor, et *billede*, hvormed vi begriber.

⁴Så sent som hos den tidlige Ludwig Wittgenstein (1889-1951) hedder det endnu: “‘Et sagforhold er tænkeligt’ betyder: vi kan danne os et billede af det.”(3.001), *Tractatus Logico-Philosophicus* (1918), oversat af D. Favrholt, Moderne Tænkere, Gyldendal 2003.

(erkendelsen): subjektets *sikre* vished om sig selv som tænkende subjekt – “*cogito ergo sum*” (“jeg tænker, altså er jeg”).¹

Denne “subjekt-filosofi”, som Descartes regnes som faderen for, blev videreført af den tyske filosof Immanuel Kant (1724-1804). Han reagerede oprindeligt – eller det er i det mindste det som han fortæller os i forordet til *Prolegomena* (1783) – på den skotske empirist David Humes skeptiske undergravning af videnskabens *rationelle* grundlag.² Kant viderefører traditionen fra Descartes ved i sin *Kritik af den rene fornuft* (1781), at forankre naturlovene rationelt i subjektet. Dermed ikke sagt, at naturlovene kan udledes ud fra fornuften alene, men snarere at der *i* erfaringen også indgår et moment af fornuft – eller rettere: *forstand*, som Hume, altså ifølge Kant overser. Det er *udledningen* af disse i erfaringen indeholdte *rene, transcendentale begreber* (af Kant kaldet “forstandskategorier”, som qua *rene* ikke selv kan gøres til genstand for erfaring, altså er de *transcendentale* – de ikke blot *overskrider*, men *muliggør* erfaringen), som den første halvdel af *Kritik af den rene fornuft* har som sin primære delmål. Efter at have udtømt hvilke (rationelle) forstandsbegeber a priori, der indgår i og muliggør erfaringen, gælder det for Kant om, at begrænse den rene fornuft til forstandens egentlige virkefelt: *erfaringen*. Forstandskategorierne skal med Kants termini knytte an til de rene, transcendentale *anskuelsesformer: tid og rum*. Så snart forstandens begreber/kategorier appliceres på noget, der ligger *uden for* tid og rum og altså “hinsides enhver mulig erfaring”, mister de deres *videnskabelige* (epistemologiske) legitimitet, ifølge Kant. Det er denne *anskuelighed*, der i nærværende sammenhæng er interessant, for ligesom idéerne hos Platon er de *billeder* (metaforer?³), hvori fornuften spejler sig, er *anskuelsesformerne* hos Kant, dem der bringer forstanden inden for erkendelsens sfære, eller sagt med Kants egne ord: “Tanker uden [anskueligt erfarings]indhold er tomme, anskuelser uden [forstands]begreber er blinde.”[1] For Kant er altså erkendelse af et objekt *afhængig* af *anskueligheden* af dette objekt: Det, der ikke kan *forestilles* (anskueliggøres) – gøres til “*billede*” – kan heller ikke *erkendes*⁴. Heri, hvor Kant ironisk nok mente sig allermest frigjort fra Platon, var han allermest forbundet med ham.

Videnskabens metafysiske hjemløshed – beregningen

Med kvantefysikken forsvinder denne genkendelighed af syne. Enhver *anskuelighed* er udelukket, fordi atomerne opererer helt anderledes end de genstande, vi ser i den synlige verden, hvis lovmæssighed er bestemt af den newtonske mekanik. Vores forståelse gør brug

af metaforer, og disse metaforer er formet af vores (før)sanselige erfaringer, hvilket ingen revideret lærdom kan ændre på.⁵ Metaforerne står fast fordi sanseerfaringen, hvorfra de oprinder, har den samme faste struktur. Og det er en sådan fast struktur, som Kants rene, transcendentale anskuelsesformer sætter som *forudsætning* for al erfaring, herunder også erkendelse: Noget kan ikke bevæge sig baglæns i tid og én og samme ting kan ikke være flere steder i rummet på samme tid. Faktisk svarer Kants rumlige anskuelsesform til Euklids geometriske bestemmelse af rummet, som er den samme, som Newtons mekanik baserer sig på – og den måde hvorpå vi mennesker umiddelbart og *naturligt* opfatter verden. Her må physis-begrebet atter betænkes: Er physis sådan som naturen virkelig er (kvantefysisk) eller hører der til physis en genkendelighed og fortrolighed fordi physis er selve det der stemmer overens med menneskets egen natur? Hvis det sidste er tilfældet er physis *ude af sig selv* i kvantefysikken. Menneskets bestræbelse med den newtonske mekanik var at samle himmel og jord under ét og samme naturbegreb, men kulminerer med adskillelsen af menneskets (natur)erfaring og hvordan naturen er “i sig selv” (for nu at tale kantiansk) – altså en splittelse i mennesket selv. Man kan faktisk mene, at Niels Bohr netop overholder den kantianske klausul ved at hævde, at før målingen finder sted er der tale om en “ting i sig selv” om hvilken vi ingenting kan vide. Det er så Einstein der ikke vil kendes ved “tingen i sig selv”, som noget for forstanden *ubegribeligt*.

Med kvantefysikken overskrider videnskaben bestemmelserne i *Kritik af den rene fornuft*. Der kan *principielt* ikke foreligge noget anskueligt objekt (hvilket vil sige: en metafor) for erkendelsen, og dermed er erkendelse ikke længere genkendelse, men beregning. Albert Einstein, der i en ung alder begejstret havde læst Kant, var ikke særlig glad for de paradokser kvantefysikken indebar. Nu kunne et objekt pludselig – som fx elektronen, der i nogle sammenhænge må opfattes som en partikel – med brug af Schrödingers ligning for bølgefunktionen også opfattes som bølger, der indeholdt flere (sandsynlige) energitilstande samtidigt (såkaldt “superposition”), så længe ingen måling fandt sted. Når målingen af energitilstande fandt sted, skete et såkaldt “kollaps af bølgefunktionen” (sandsynlighedsfordelingen for elektronens lokalitet i rummet), men aldrig før. Det var ifølge Københavner-fortolkningen ingen *epistemologisk* påstand, men en *ontologisk* (= metafysisk): Elektronen *som partikel* findes ikke eksakt i rummet *før* målingen, men er *flere* steder (som fordeling af energitilstande) *på én gang* i rummet. Dette paradoks er forsøgt illustreret ved det berøm-

te tankeeksperiment kaldet “Schrödingers kat”, efter ophavsmanden. Tankeeksperimentet illustrerer dog – modsat hensigten – snarere absurditeten ved at foretage en analogi mellem makroskopiske objekter (som katte) og kvantefysiske objekter (subatomare partikler såsom elektroner, fotoner osv.).

Det er til Niels Bohrs hæder, at han i sin vedholdende bestræbelse på at levere en videnskabelig teori (i betydningen: en teori der lader sig *eksperimentelt* gendrive) har set bort fra vores fordomsfulde opfattelser af – og *forestillinger* om – hvad der er muligt og hvordan virkeligheden er beskaffen. Men formentlig skyldtes den modstand, han mødte hos Einstein, at videnskabens selvopfattelse med kvantefysikken måtte revideres: det er ikke længere en *erkendelse* af verden, der er dens drivende kraft.⁶ Videnskaben tjener nu udelukkende teknikken: vi kan *bruge* kvantefysikken; vi kan ikke *forstå* den, hvilket Einstein nok har set som videnskabens intellektuelle falliterklæring. I stedet for at forstå virkeligheden, begiver mennesket sig nu til at beregne sandsynligheder. Måske var det en oprindelig trang til at forstå sin verden, der drev mennesket til videnskab, og måske er det denne “oplysningsoptimistiske” forestilling, som en fysiker som Einstein bevarede til det sidste.

Hvis dette holder stik: at fysikvidenskaben med kvantefysikken har afsløret sig som teknik, er vi nået fysikvidenskabens sidste epoke. Ikke i den forstand, at der i fremtiden ikke vil blive bedrevet fysikvidenskab, men at vi må give afkald på en forståelse, der netop forudsætter den anskuelighed, fysikvidenskaben ikke længere kan levere – alle metaforer er dømt til at slå fejl.

Litteratur

- [1] I. Kant (1787) *Kritik af den rene fornuft*, B75, s. 83, oversat af C.B. Østergaard, Det Lille Forlag (2002).



Børge Krag Pimenta er cand.mag. i filosofi ved SDU (2012) med tilvalgsfag i kognitiv semiotik, Aarhus Universitet (2009).

⁵Inden for kognitionsforskningen tales der om “image schemas”, som er abstrakte skemaer, der formes i den tidligste erfaring. Det er disse “image schemas”, der ifølge teorien danner grundlag for metaforerne og dermed vores forståelse. Disse image schemas, som jeg forstår dem, skal dog snarere forstås naturalistiske end transcendentale, men der er en latent tvetydighed knyttet til dem.

⁶Jf. de indledende ord til Aristoteles’ *Metafysik*: “Alle mennesker stræber af naturen efter viden.” (980 a21), her citeret fra K.F. Johansen: *Den europæiske filosofis historie I*, Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck 1998, s. 429.