

Den vitenskapelige revolusjon

Av Anders Hoff - MTFYMA

Den vitenskapelige revolusjon markerer et klart brudd med det aristoteliske verdensbildet på flere måter, særlig har dette med en utvikling av nettopp vitenskapen. Utover 1500 – tallet endret tankemåten drastisk. Tenkerne rettet fokuset tilbake til den greske antikken og tok opp en rekke av idealene fra denne perioden. Dette førte til et nytt syn på mennesket. Mennesket ble nå satt i fokus, og mulighetene var endeløse. Denne gjenfødselen av de antikke idealene omtales gjerne som renessansen. Særlig gjaldt dette innenfor kunst og vitenskap. Vitenskapen skulle ikke lengre være en høyaktet form for viten, den skulle være et middel for forbedring og utnyttelse. Dette skulle få drastiske konsekvenser og føre til det vi gjerne kaller et paradigmeskifte.

For å forstå forskjellen mellom det mekaniske verdensbildet og det aristoteliske verdensbildet er det en rekke begreper man må kjenne til. De greske filosofene hadde lenge forsøkt å finne "det mest grunnleggende", og dette gjelder også Aristoteles. Hos Aristoteles er det enkeltting, eller substanser (fra gresk) som er det aller mest grunnleggende. Med andre ord er alle ting vi omgir oss med det mest grunnleggende med verden. Videre kan disse substansene ha egenskaper. Egenskaper som ikke kan eksistere uten substansen. For å konkretisere dette kan vi se på et eple, som er en substans. Et eple kan ha en rekke egenskaper. Blant annet kan det være søtt eller surt. Mens eplet kan ha forskjellige egenskaper, kan ikke egenskapene "søtt" eller "surt" eksistere uten eplet. Så kan man jo spørre seg hva det er som hindrer at to epler som har de samme egenskapene er det samme eplet? For dette ville jo skape en rekke problemer. Aristoteles begrunner dette med at selv om substanser har egenskaper som gjør at de er veldig like så består de av ulikt stoff. Begrepet "stoff" er her brukt i vid forstand. Mens det i dag kanskje er vanlig å forbinde stoff med for eksempel jern eller vann ser Aristoteles på et stoff som det en ting er bygd opp av. Med denne forståelsen av begrepet stoff blir eplet vi så på tidligere en ting som er bygd opp av fruktkjøtt, frø og en stilk. Et annet fruktkjøtt, andre frø og en annen stilk vil gi oss et annet, men liknende eple. Aristoteles deler også inn tings egenskaper opp i hvor viktige de er. Den viktigste egenskapen er

tingens form. Om vi for eksempel ser for oss en bøtte er det den egenskapen at vi kan ha ting i bøtta som er essensielt, ikke om den er mintgrønn eller baybyrosa.

I det aristoteliske verdensbildet blir forandring delt inn i fire ulike typer. Kvantitativ forandring er tilfeller der noe endrer mengde eller volum. Kvalitativ forandring er når noe endrer fysiske egenskaper som for eksempel lukt eller smak. Bevegelse er en egen type forandring og beskriver det at noe endrer plassering i rommet. Disse tre typene forandring er forandringer vi alle er kjent med fra dagliglivet. Den siste typen forandring er noe mer drastisk og går på tilblivelse og tilintetgjørelse. Altså når noe eller noen begynner eller opphører å eksistere.

Ifølge Aristoteles finnes det også fire årsaker til forandring. Den første årsaken er den formale årsak. Dette er nært knyttet med begrepet form og innebærer at noe streber etter å oppnå sin form. Om vi for eksempel ser på et menneske som et tenkende vesen er det evnen til å tenke som er menneskets form. Med andre ord er årsaken til at vi kan lese og forstå en tekst det at vi fullfører vår form. Den neste årsaken er formålsårsaken; Formålet med et hjul er at det skal kunne rulle. Dermed er årsaken til at et hjul er rundt at det skal kunne rulle. De to siste årsakene er bevirkende årsaker og materielle årsaker. Bevirkende årsaker er den typen årsaksforklaring som de aller fleste ser for seg når de skal beskrive en årsak; en stein faller til bakken fordi noen slipper den. Selv om den formale årsaken sier at en stein faller til bakken fordi det ligger i dens natur å ville være nærmest mulig verdens sentrum, så er den avhengig av en utløsende, eller bevirkende årsak. Materielle årsaker er om man forklarer noe ut i fra hva en ting er bygd opp av. For eksempel vil kork flyte på vann fordi materialet vann er tettere enn materialet kork.

I det aristoteliske verdensbildet kan altså all forandring skrives ned til en streben etter å finne sin naturlige plass i verden. Dette er kjent som et teleologisk (fra gresk telos – formål) syn på forandring. Igjen kan man se på et menneske som et tenkende vesen, hvor evnen til å tenke er menneskets form. Videre kan vi se på et spedbarn, som også er et menneske, men som ikke har den samme evnen til å tenke som et voksent menneske. Vil ikke dette si at et spedbarn ikke kvalifiserer som et menneske? I teleologisk syn på forandring er det slik at et spedbarn forandrer seg mot sin form (mulighet), altså evnen til å tenke. Med andre ord kan man si at et spedbarn har muligheten til å utvikle en evne til å tenke. Det er altså ikke alltid

åpenbart hva som er en tings form. Det kan ifølge Aristoteles kreve en stor del innsikt og erfaring for å avgjøre dette.

I det Aristoteliske verdensbildet er alle stoffer ensartede. Dette vil si at de ikke kan deles opp i mindre deler. Om man forsøker å dele for eksempel leire opp i minstedeler vil man fremdeles kun ha stoffet leire. Likevel mente Aristoteles at alle stoffer utviser ulike egenskaper som kan skrives tilbake til fire elementer, ild, jord, luft, og vann. Hver av disse elementene representerer ulike kombinasjoner av egenskaper man kan observere ved mange stoffer; De kan være kalde, varme, fuktige eller tørre. Det er kun i den sublunare sfæren at denne inndelingen gjelder. Utenfor månen, i den supralunare sfæren, er alt bygget opp av det femte element (også kjent som kvintessensen eller eter). Alle stoffer på jorden kan dermed klassifiseres som ulike kombinasjoner av de fire elementene, hvor jord er nærmest jordas sentrum. Utenfor dette finner vi vann, videre luft og ytterst, som det mest flyktige elementet ild.

Bevegelsene til alt utenfor den sublunare sfæren forklarer Aristoteles ved at de observerte stjernene og planetene "satt fast" i ulike sfærer utover som gjorde at de bevegde seg i perfekte sirkelbaner. I den sublunare regionen kan alle hendelser forklares ut fra de fire hendelsesårsakene, men hva var det som gjorde at det hele satte i gang? Aristoteles var av den oppfatning at en kjede av hendelser og deres årsaker ikke kan fortsette i det uendelige og forklarer dette med at hendelsesforløpet ble satt i gang av "den ubevegede beveger". Den første årsaken er nødt til å være uforanderlig. Om noe annet var tilfellet ville den kunne forandres, og dermed ville den ikke lengre være den første årsak. Likeens konkluderte Aristoteles med at den første årsak ikke har noe stoff, fordi stoff er muligheter til forandring, og den første årsak er jo uforanderlig eller perfekt. På denne måten argumenterer Aristoteles for at bevegelsene man observerer kommer av at de ulike skallene roterer i sirkulære formasjoner, mens jorden selv står stille, i sentrum av universet. Grunnen til at de nettopp går i sirkulære baner er at de tenderer mot den perfekte form, der modellen er den ubevegede beveger.

Denne tanken om at jorden var i sentrum, skulle ikke få leve evig, og det er kanskje ingen overraskelse at det endelige bruddet med denne tankegangen skulle bli utløst

av renessansen. Ideen om at det var jorda som beveget seg rundt solen og ikke omvendt var ikke fullstendig ny, men den hadde ikke vunnet fram i særlig grad før den fikk drahjelp av Nikolas Kopernikus. Grunnen til at Kopernikus satte fram sin teori, var derimot en noe annen enn man kanskje skulle tro. Naturligvis var det vesentlig at modellen skulle stemme overens med de observasjonene man hadde gjort, men mer viktig var det at det skulle gi en *"enkel beskrivelse av universet uttrykt ved geometrisk harmoni"*¹.

Denne teorien skulle bli videreutviklet av Johannes Keppler. Keppler hadde meget gode data om himmellegemenes bevegelse til rådighet. Disse var laget av Tycho Brahe, som selv var ikke selv tilhenger av heliosentrismen blant annet fordi man ikke kunne observere forflytninger stjernene imellom. Et argument som man kan se bort i fra dersom man ser på universet som om det har uendelig utstrekning, men dette var ikke en tanke Brahe så på som en mulighet.

Når Keppler setter fram sin teori om at planetene beveger seg i elipsebaner med sola i det ene brennpunktet og at hastigheten til planeten avhenger av avstanden fra sola har dette flere årsaker. Keppler ønsket å sette fram et optimalisert system som uttrykte naturens harmoni. Som Dybvig, D. D. & Dybvig, M. (2006) skriver på side 144 var dette en modernistisk tanke. Særlig fordi *"mange fysiske fenomener i dag beskrives ut i fra systemer som tenderer mot en minimumsløsning"*. Keppler tok utgangspunkt i banen til planeten Mars. Det framgikk av Brahes notater at planetens bane avvek fra den ptolmeiske modellen². Det var under dette arbeidet han satte fram ideen om at linjen som framstiller avstanden mellom sola og planeten sveiper over like stort areal per tidsenhet uansett hvor i banen planeten er – Keplers andre lov. Videre var det en tilfeldighet at Keppler oppdaget elipseformen og at den passet perfekt til denne modellen. For øvrig er dette også kjent som Keplers første lov. Keppler var inspirert av oppmerksomheten som hadde blitt rettet mot magnetisme i denne perioden og han så for seg at det var noe lignende som foregikk her. Han tenkte seg altså at det virket krefter mellom planetene og sola. Han tok derimot feil når han formulerte det som at kreftene var frastøtende. Denne tanken var det Newton som skulle sette fram i lyset. Imidlertid fant Keppler ut at det var en

¹ Dybvig, D. D. & Dybvig, M. (2006) side 138.

² satt fram av Klaudios Ptolemaios, som regnes som opphavsmannen til det geosentriske verdensbildet. Hentet fra: "Klaudios Ptolemaios".

sammenheng mellom perioden, T , til planetene omkring sola, og den lengste halvradien, R , i elipsebanen deres. Denne sammenheng er konstant for alle planeter og kan framstilles ved formelen $R^3 / T^2 = \text{konstant}$. Dette er kjent som Keplers tredje lov. Vi ser nå et klart brudd med det aristoteliske verdensbildet. Det endelige bruddet og høydepunktet på den vitenskapelige revolusjon skulle finne sted med at Isaac Newton bruker Galileo Galileis nye bevegelseslære til å sette fram sine 3 lover og formulerer teorien om tiltrekning mellom legemer.

Galilei oppdaget hvordan man kunne benytte linser til å lage teleskoper. Ved en tilfældighet gjorde han 2 oppdagelser som skulle sette han i tvil om Aristoteles tanker om fiksstjernehimmelen og om sfærer som perfekte enheter i kosmos. For det første rettet han blikket (teleskopet) mot månen og oppdaget at den ikke hadde en jevn overflate, men at den var full av kratre og fjellrygger akkurat som jorden. Videre oppdaget han også 3 måner (eller stjerner som han kalte de) som tilsynelatende gikk i bane rundt Jupiter. Disse månene var jo i den supralunare sfæren og skulle ifølge Aristoteles ikke ha beveget seg i det hele tatt.

Galilei var aktiv på mange områder og han utførte også en rekke forsøk hvor han målte tiden en kule brukte på å rulle ned et skråplan ved ulike vinkler og lengder. Det han kom fram til var at avstanden var proporsjonal med kvadratet av tiden om en konstant. Denne konstanten viste seg å være lik ved alle vinkler og tilsa at det ikke ville gjøre noen forskjell om kula falt rett ned i løse luften. Galilei regnes gjerne som den som oppfant den eksperimentelle metoden. Altså, han var den første som satte opp apparatur for å måle naturfenomener. Dette representerer en helt ny måte å studere naturen på. Før hadde man i stor grad bare observert naturen slik den var, uten "eksperimentell tilrettelegging". Dette er som vi veit het uunngåelig i dagens vitenskap. Galilei formulerte også et annet viktig prinsipp om bevegelseslæren. Nemlig uavhengighetsprinsippet som sier at man kan dele opp bevegelse i vertikal og horisontal bevegelse som er uavhengig av hverandre. Dette gjør det mulig å analysere den tilsynelatende komplekse bevegelsen til prosjektiler.

Som nevnt var Det Newton som satte sammen all kunnskapen man hadde fram til nå i en modell som gjorde det mulig å beregne (nesten) alle mekaniske bevegelser matematisk. Newton tok utgangspunkt i Keplers 3 lover for planetbevegelse, men han tenkte seg at istedenfor en frastøtende kraft var det en tiltrekkende kraft som

virket mellom masser. Denne kraften måtte, i følge newtons 3. lov, være like stor og motsatt rettet på hvert legeme. Newton fant ut at denne kraften måtte være proporsjonal med produktet av de to massene og omvendt proporsjonal med kvadratet av avstanden mellom legemenes sentrum dersom de var sfæriske slik at de kunne anses som punktlegemer. Newton formulerte også sin første og andre lov på Galileis prinsipp om at et legeme i bevegelse fortsetter i sin tilstand av bevegelse dersom det forblir uforstyrret. Newtons utgave er noe mer elegant og sier at summen av krefter er produktet av massen og akselerasjonen³. Dersom akselerasjonen er null er kraften null og legemet vil fortsette i sin tilstand av ro eller bevegelse⁴. Med dette står det særdeles lite igjen av det Aristoteliske verdensbildet og vitenskapen skulle altså være endret, eller revolusjonert, for alltid.

Den vitenskaplige revolusjon er kanskje det mest drastiske endringen innenfor vitenskap og betegnes ofte som et paradigme. Begrepet paradigme ble innført av Thomas Kuhn. Begrepet betegner en kraftig omveltning innenfor det datidens vitenskap, eller normalvitenskap. Disse endringene kjennetegnes ved at de er så kraftige at de fører med seg en helt ny normalvitenskap. I tilfellet med den vitenskaplige revolusjon er det tydelig at synet på verden og vitenskapen har blitt fullstendig endret fra det aristoteliske verdensbildet til et mekanisk verdensbilde som gjør det mulig å beregne stort sett alle fysiske fenomener man var kjent med på den tiden. Særlig gjelder dette innenfor mekanikken. Kuhn sammenligner et vitenskaplig paradigme med å løse et problem i sjakk. Her er brettet og brikkene satt opp og spillereglene er klare. Å løse problemer i vitenskapen innenfor et paradigme blir begrenset av de reglene og det oppsettet man kjenner til. Når det har oppstått en tilstrekkelig mengde anomalier, eller avvik, der de fakta man kjenner til ikke gir en tilfredsstillende løsning vil normalvitenskapen rakne og en ny normalvitenskap, i et nytt paradigme, vil dannes. Det var nettopp dette som gradvis skjedde i løpet av den vitenskaplige revolusjonen. Det aristoteliske verdensbildet ga ikke en tilfredsstillende forklaring på de fenomenene man etter hvert ble i stand til å observere og Kepler, Galilei og Newton (m.fl.) begynte å leite etter svar utenfor datidens paradigme.

³ Newtons 2. lov. $\sum F = m \cdot a$

⁴ Newtons 1. lov. $\sum F = 0$, dersom farten er konstant eller lik 0.

Litteratur:

- Dybvig, D. D. & Dybvig, M. (2006). *Det tenkende mennesket. Filosofi- og vitenskapshistorie med vitenskapsteori* (2. utgave 3. opplag.). Trondheim: Tapir akademisk forlag.
- ”Klaudios Ptolemaios”, <http://no.wikipedia.org/wiki/Ptolemaios>, lest den 7.11.07