

I PRAKSIS

ALT ER RELATIVT

Av Gry Merete Tveten

Relativisme er et mye brukt begrep innen postmoderne tenkning og anvendes innen mange forskjellige områder. Innen fysikk er det derimot lite stoff å finne om relativisme, annet enn i den veldig konkrete tolkningen av ordet brukt i omtale av relativitetsteori, til tross for at relativisme burde være høyst relevant for vårt fagfelt. Det er også ganske vanlig å forbinde relativisme med fysikk, og mange tilskriver Albert Einstein kampropet «*Alt er relativt*».¹ Tvert om skal Einstein ha sagt at «Relativitet angår fysikk, ikke etik» som en respons på at hans relativitetsteori inspirerte tanker om relativitet i andre fagfelt, noe han så på med stor misnøye. For Einstein var relativitet noe som kun angikk hvordan vi måler tid og avstand, med liten eller ingen relevans utenfor fysikk. Dessuten var hans arbeid med relativitetsteorien i stor grad motivert av et ønske om å kunne synkronisere klokker adskilt av store avstander, slik at målinger gjort av folk på forskjellige steder til forskjellige tider skulle kunne sammenlignes på en entydig måte. For ham var altså relativitetsteori en del av et prosjekt hvor målet var å beskrive den fysiske verden entydig. Som fysiker har jeg sjeldent diskutert relativisme og enda sjeldnere lest om dette skrevet av fysikere eller for fysikere, til tross for at fysikk nok har inspirert tanker om relativisme innen andre fagfelt. Her vil jeg forsøke å få fram at relativisme er relevant for fysikk og at tenkning fra andre fagfelt relatert til relativisme påvirker også moderne fysikk.

Fysikk som fagfelt holder sterkt på ønsket om å produsere objektiv kunnskap. Tilhengere av ekstrem relativisme som er overbevist om at sannhet er noe som varierer fra person til person vil trolig finne fysikk som fagfelt meningsløst. En mer moderat versjon av relativisme er derimot mer relevant, hvor vi anerkjenner at sannheten om «tingene i seg selv» kanskje er noe vi ikke kan vite noe om. Moderne fysikk tvang fram en ny anerkjennelse av at ob-

jektiv kunnskap om absolutte sannheter trolig er en utopi og at man må nøye seg med objektiv kunnskap om relative sannheter. Siden fysikk først og fremst er en empirisk basert virksomhet, vil jeg starte med det mest konkrete, nemlig beskrivelser av målinger og observasjoner.

Hvor ble det av det absolutte?

Fram mot slutten av 1900-tallet var den rådende oppfatningen at det fantes en absolutt tid og et absolutt rom, som alle observasjoner relatert til tid og rom kunne relateres til. Moderne kommunikasjon, først i form av telegrafi, skapte nye utfordringer. Hvordan skulle man synkronisere klokker over store avstander? Hvordan kunne man si om to hendelser er simultane eller ikke, når hendelsene er adskilt over store avstander? Einsteins spesielle relativitetsteori og generelle relativitetsteori oppstod i kjølvannet av disse spørsmålene, som man for første gang i menneskets historie omsider kunne undersøke eksperimentelt for relativt store avstander. Som leserne antageligvis er godt kjent med, avlivet Einsteins teorier forestillingene om absolutt tid og absolutt rom. Før hadde man forestilt seg et univers som i prinsippet kunne strippest for alt fysisk innhold, men hvor likevel rommet og tiden eksisterte. Denne forestillingen ble erstattet med tidrom, hvor tid og rom henger sammen og hvor rommets egenskaper i seg selv avhenger av hva det er fylt med og hvor.

Konsekvensen for oss som observatører er at vi må kunne, ved behov, være eksplisitte med hensyn til hvilken observatør og hvilken referanseramme vi oppgir våre målinger for. Når vi bruker begrepet referanseramme innen fysikk mener vi ofte hvordan man velger å plassere aksene som vi relaterer våre målinger av avstander til og inndelingen av disse aksene. En referanseramme kan anses som stillestående eller den kan bevege seg relativt til en annen referanseramme.

Verken avstand eller tid kan entydig bestemmes uten å samtidig gi opplysninger om observatør. Vårt eneste faste, absolutte holdepunkt er lysets hastighet i vakuum, en såkalt universell konstant. Vi kan være enige om en gitt måleenhet som for eksempel meteren, men denne måleenheten vil ikke være entydig bestemt uten at vi også er entydige på hvilken referanseramme vi forholder oss til. Relativitetsteori forklarer hvorfor to observatører, hvor den ene er i ro og den andre er i bevegelse, vil få forskjellige resultater når de måler lengden på et objekt eller tid, selv om de bruker samme målestokk og klokker som virker på den samme måten. Det gir derfor strengt tatt ikke mening å snakke om målinger av tid og avstand uten å samtidig si hvor observatøren befinner seg og hvor raskt observatøren beveger seg.

I de fleste praktiske eksempler er vi på jorda og beveger oss så sakte at vi derfor ikke trenger å være eksplisitte. Hvis du for eksempel reiser med et tog som beveger seg 360 km/t, så vil forskjellen på ett sekund for deg og en observatør som står i ro være 0.000000000001 sekund. Det betyr at du får såpass like resultater (for like til at måleutstyret ditt kan fortelle deg at det er en forskjell) enten målingene dine gjøres på en lab i et bygg eller en lab på et slikt tog, og at forskjellen trygt kan neglisjeres. Satellittkommunikasjon, som GPS, er derimot basert på at klokker med nanosekundpresisjon (et nanosekund er en milliarddels sekund) synkroniseres. Satellitter beveger seg med rundt 14 000 km/t relativt til jorden og det tilsvarer store nok forskjeller i tidsmåling mellom jordobservatør og satellitt, at man må ta hensyn til dette. GPS ville ikke fungert uten at vi tok hensyn til relativitetsteori og er et eksempel fra vår hverdag hvor vi trenger å ta hensyn til relativitetsteori. I løpet av en dag ville klokkene i satellittene gått flere mikrosekunder for sakte sammenlignet med klokker på jorden, hadde ikke relativitet blitt tatt hensyn til.

Einsteins relativitet er kanskje det mest kjente eksempelet på at man innen fysikk måler relativt til noe og at man ikke kan enes om en beskrivelse uten å samtidig være enige om beskrivelsen av observatør. Innen et annet viktig område av fysikken, termodynamikk (eller varmelære om man vil ha et norskere uttrykk for det), ble det vist allerede på 1800-tallet at det ikke finnes noen naturgitt, absolutt temperaturskala. Resultatet er at vi til evig tid må leve med at det finnes forskjellige måter å bestemme en temperaturskala på og at dessverre kun kultur kan brukes som argument for at Kelvin er overlegen Fahrenheit.

I løpet av 1900-tallet ble det klart at ikke bare må man i praksis godta at man måler relativt til noe annet og eva-

luerer sannhet relativt, men at det antageligvis er slik at det ikke finnes absolutte holdepunkter i prinsippet heller. Naturen byr oss ikke på noen foretrukken referanseramme for våre målinger eller beskrivelser av naturen, og vi er avhengige av mer eller mindre vilkårlige konvensjoner.

Er mangelen på privilegerte referanserammer et problem for objektivitet i fysikk? Fysikere flest ga ikke opp drømmen om objektiv kunnskap. Selv om mange størrelser er relative, går det an å gjøre målinger og beskrive målingene på en slik måte at to observatører vil være enige om målingen, gitt at de har den samme framgangsmåten og kunnskapen (Sivia 2005:3–11, 78–128). Vi kan kanskje ikke oppnå objektiv kunnskap om absolutte størrelser, men vi kan ha tilnærmet objektiv kunnskap om relative størrelser. Følgelig har mye arbeid blitt lagt ned i felles standarder for målinger slik at man relativt enkelt kan sikre seg at fysikere på forskjellige steder måler på samme måte og beskriver sine målinger på de samme måtene. Når det kommer til stykket er det aller meste relativt til noe annet, og det er ikke så rart at mange tror det var Einstein som pleide å si at «Alt er relativt».

Modellen og virkeligheten

En ikke helt uvanlig gang i fysikk er at noen framskaffer observasjoner eller målinger som krever en forklaring. Dette var tilfellet da kvantefysikken ble født i løpet av første halvdel av 1900-tallet. Forsøk som viste at partikler interferer med hverandre slik bølger gjør og at lys kan slå løs elektroner som om lys bestod av partikler og spektrallinjer fra forskjellige grunnstoffer, utgjorde blant annet en enorm mengde observasjoner som ikke passet inn i ramverket av den gang eksisterende forklaringsmodeller og teorier. Forskjellige utvidelser av eksisterende modeller ble foreslått, men disse utvidelsene sviktet i møtet med andre observasjoner enn dem som inspirerte utvidelsene. Noe nedlatende ble disse forsøkene på å berge eksisterende teorier kalt for ad hoc hypoteser. I praksis er det derimot ganske vanlig i naturvitenskap å først prøve seg med mindre revisjoner av veletablerte teorier før man går til et så drastisk steg som å forkaste en teori helt. Fysikk har trolig utviklet seg på en langt mer kaotisk måte enn hva det er vanlig å forestille seg (Renstrøm 2011:9–100).

Pierre Duhem hevdet at teorier alltid vil være underbestemt av data. Alltid er et sterkt ord og jeg tror det er mulig i prinsippet å konstruere en teori som ikke er underbestemt. I praksis virker det derimot å være regelen heller enn unntaket at det til en hver tid ville vært ønskelig med flere målinger og bedre målinger. Det er et evig jag etter mer data for å bestemme teorien bedre eller begrense antall

teorier som er kompatible med tilgjengelig datagrunnlag. I praksis innebærer det at det innen mange områder av fysikk sameksisterer en rekke forskjellige forslag til teorier med mål om å forklare de samme fenomenene. Slike teorier kan gjensidig utelukke hverandre.

Det er vanlig praksis å tillate et mangfold av teorier så lenge det ikke foreligger konsensus om at observasjoner eller målinger utelukker disse teoriene. Eksperimenter planlegges for å undersøke hvor godt konkurrerende modeller beskriver virkeligheten. I tilfeller hvor det ikke er mulig på nåværende tidspunkt å forestille måter å empirisk teste en teori, så får teorien leve videre så lenge den ikke kolliderer med veletablerte teorier. Interesserte lesere av populærvitenskapelig litteratur har trolig møtt på parallelle universer og påstander om at verden er et hologram. Slike forklaringsmodeller er utfordrende å undersøke empirisk og bryter med vår hverdagslige

forståelse av verden. Selv om de fleste fysikere nok foretrekker enklere bilder på virkeligheten tillates arbeid med slike teorier ut fra at de ikke kan uteluk-

kes. Er dette et tegn på at konseptuell relativisme er akseptert blant fysikere? Blant fysikere møter du dem som tror det finnes en teori som kan forklare alt. Teorien er der ute og bare venter på å bli oppdaget av oss fysikere. Du møter også fysikere som har et mer pragmatisk forhold til teorier. Teoriene er modeller av virkeligheten. De virker innenfor rammene de er skapt for å virke innenfor, forklarer visse fenomener og er kun en menneskelig konstruksjon. Selv tilhører jeg sistnevnte gruppe fysikere, men mange er langt mer optimistiske på vegne av fysikkens evne til å gjengi virkelighetens mange fasetter enn det jeg er.

Det nok mest kjente eksempelet på teorier som ikke lar seg forene er kvantefysikk og generell relativitetsteori. I dag kan verden, sett med en fysikers øyne, grovt sett deles inn i to typer fenomener. Mye kan, i det minste prinsipielt sett, forklares med kvantefysikk. Kvantefysikken passer best til å beskrive de minste tingene i universet som elektroner og lys. Kvantefysikk kan også beskrive hverdagslige objekters egenskaper og dynamikk. Hvis du virkelig vil (for det er mye mer tungvint enn å bruke Newtons likninger) kan du beskrive hvordan en ball du kaster beveger seg med kvantefysikk. Fenomener knyttet til tyngdekraft kan derimot ikke kvantefysikk forklare, og kvantefysikken kan heller ikke beskrive tid og rom i seg selv, slik generell relativitetsteori kan. Generell relativitetsteori predikerte at rommet krummes av tunge objekter, og observasjoner bekreftet

dette senere. Slike egenskaper ved selve rommet kan ikke kvantefysikk forklare. Kvantefysikk har med verden målt i små avstander og små objekter å gjøre. Generell relativitetsteori har med store avstander og sterke tyngdekraftfelt å gjøre. Hvis du trenger å beskrive noe veldig lite og veldig tungt, så trenger du kvantefysikk og generell relativitetsteori samtidig for å beskrive objektet. Svarte hull er et eksempel på et slikt objekt og her oppstår det problemer. Generell relativitetsteori predikerer at svarte hull er punktopjekter, uten utstrekning i rommet, mens kvantefysikk predikerer at minste tillatte radius for et svart hull er omtrent 10^{-73} meter. Radiusen kvantefysikken predikerer er så liten at det er nesten ingenting, men det er nok til å skape teoretisk krøll. For å gjøre en lang historie kort kan man si at når kvantefysikk og generell relativitetsteori møtes i beskrivelsene av svarte hull så blir uoverensstemmelser mellom disse to teoriene synlige.

Selv mister jeg lite nattesøvn av at svarte hull er problematiske for våre nåværende rådende teorier. Jeg ser fram til at vi får større kunnskap om svarte hull basert på

målinger og observasjoner, men synes ikke det at to teorier ikke kan forenes i seg selv er et problem. Derimot synes jeg det er spennende at det er fenomener som ikke helt lar seg forklare på en helhetlig måte. Dette tyder på at det fremdeles er rom for å utvikle nye teorier som bedre forklarer verden, og at vi kanskje en dag blir nødt til å revidere vår forståelse av fysikk totalt for å kunne forklare en større mengde observasjoner og fenomener på en helhetlig måte.

Den subjektive fysikeren

Forestillingen om fysikeren som en objektiv observatør har gradvis blitt erstattet av en anerkjennelse av at selv fysikere gjør subjektive betraktninger i sitt daglige virke. Denne subjektiviteten er selvsagt neglisjerbar i mange situasjoner, som for eksempel når enkle målinger skal utføres eller når matematiske utledninger foretas, som ikke krever utstrakte antagelser for å kunne være gjennomførbare. Her kommer fysikkens utstrakte arbeid med felles målestander og matematikkens allment aksepterte spilleregler til unnsetning, og én fysiker kan lett byttes ut med en annen. Subjektets effekt kan således fjernes fra likningen.

Moderne fysikk er et komplisert samspill mellom matematisk modellering, målinger som krever en tverrfaglig innsats og statistiske vurderinger for å finne ut hvilke modeller som passer best med målinger. I valg av framgangsmåte, modeller og metodikk inngår en god del kompliser-

te vurderinger. Når målet er objektiv kunnskap, hvordan håndterer man slike vurderinger? Det er vanlig å kreve at man blottlegger antagelsene man legger til grunn og argumenterer for egne preferanser. Innen flere forskningsområder har det også blitt vanlig å tallfeste egen tro på forutsetninger man gjør ved at man eksplisitt inkluderer det som sannsynligheter når man utfører sine statistiske analyser. Men hvor godt lykkes vi? Studier tyder på at kanskje så mye som halvparten av rapporterte funn ikke kan reproduseres ut fra beskrivelsene publisert, men dette er tall fra andre fagfelt enn fysikk. Hvor stort problemet er innen fysikk er uvisst, men fysikere er blant de som føler seg tryggest på at egen forskning er reproducerbar og sånn sett kan sies å oppfylle visse krav til objektivitet (Baker 2016). Likevel er det ikke tvil om at det forekommer tilfeller hvor resultater ikke kan reproduseres og hvor forskerens kommunikasjon med omverdenen om sine funn hadde blitt forbedret av en større oppmerksomhet rundt det at vi alle, selv fysikere som leser vitenskapelige artikler, er subjekter som ser verden fra litt forskjellige ståsteder.

Fysikk og relativisme

Relativisme er sjeldent eksplisitt nevnt innen fysikk. Det fins ingen kultur for teorirelativisme eller lignende. Fysikk ville blitt meningsløst i verste fall, eller til noe helt annet enn fysikk i dagens forstand, hvis man skulle gitt opp håpet om å formidle teorier og kunnskap som vil bety det samme for alle som lærer om det. Likevel eksisterer et mangfold av teorier som tyder på en toleranse som ofte forbindes med relativisme. Våre målinger og beskrivelser av fenomener er dessuten som regel relativt til noe annet (selv om dette ofte ikke nevnes eksplisitt).

Relativisme kan også sies å være relevant for fysikk fordi vi som bedriver fysikk er mennesker med våre subjektive erfaringer og subjektive opplevelser av verden som vil prege vårt arbeid og vår læring. Når vi tar hensyn til at kontekst og kultur spiller en rolle også innen de såkalte harde realfagene, kan vi best mulig oppnå våre ambisjoner på fysikkens vegne. Særlig ønsket om reproducerbarhet forutsetter en evne til å sette seg inn i andres ståsted for å best kunne viderefremme egne underliggende antagelser og forutsetninger.

LITTERATUR

- Baker, M. 2016, "1,500 scientists lift the lid on reproducibility". *Nature International weekly journal of science* 553. Tilgjengelig fra: DOI: <http://www.nature.com/news/1-500-scientists-lift-the-lid-on-reproducibility-1.19970?spUserID=MzEzjE5NTMyODkS1&spJobID=923132954&WT.ecid=NATURE-20160526&spReportId=OTIzMTMyOTUS0&spMailingID=51458273>.
- Renstrøm, R. 2011, "Kvantefysikkens utvikling: i fysikk-lærebøker, vitenskapshistorien og undervisning", PhD-avhandling, UiO.
- Sivia, D.S. 2005, "Data Analysis – a Bayesian Tutorial", andre utgave, Oxford.

NOTER

- 1 Einstein mente slett ikke at alt er relativt. Han mente brukte begrepet relativitet på en veldig spesifikk måte som kun angikk tid, rom, bevegelse og observasjon. "Alt er relativt" ble derimot popularisert av sosiologens far, August Comte.