

Er københavnerfortolkningen modbevist?

PETER PEDERSEN, Viborg

Jeg har som kulminationen på et næsten livslangt studium (jeg nærmer mig nu de 70) netop i dag 5. november fået sendt en ny bog i trykken. Bogen har titlen "Fysikkens to lag" og udgives af forlaget HISTORIA. Den udkommer den 1. december 2019.

Fundamentale synspunkter – Københavnerfortolkningen og Bohms (og min) teori

Udgangspunktet er det klassiske bølge-partikel problem. Som bekendt giver kvantemekanikken som svar på dette, at bølgefunktionen Ψ er at betragte som en rent matematisk størrelse uden anden fysisk betydning, end at $|\Psi|^2$ giver sandsynligheden pr. volumenenhed for at træffe partiklen et bestemt sted. Bohr gik endnu et skridt videre mod subjektivitet i københavnerfortolkningen. Ifølge denne kan man slet ikke sige noget om naturen i sig selv, og det giver næppe mening at tale om hvorvidt elektronen eller fotonen er en bølge eller en partikel. Det kan man først sige i en given eksperimentel situation, og her viser de sig nogle gange som bølger, andre gange som partikler.

Denne mangel på realisme har lige siden slutningen af min gymnasietid været mig meget imod, og jeg satte mig fra starten af mit studium på Aarhus Universitet som mål at finde beviser mod sandsynlighedsteorien og københavnerfortolkningen. Til det krævedes som start en ny model. Mere prominente fysikere end jeg selv havde allerede været inde på sådanne alternative muligheder. Schrödinger og de Broglie talte om pilotbølger, der følges med og dirigerer partiklerne. Den klareste formulering af pilotbølgeteorien blev givet af den amerikanske fysiker *David Bohm* i en artikel i *Physical Review* fra 1952. Det var en lignende tanke jeg nåede frem til, og nu bliver forklaringen på fx Youngs dobbeltspalteeksperiment ret oplagt. Før spalterne er bølgen udstrakt og bag spalterne starter den to cylinderbølger, som interfererer. Partiklen bevæger sig tilfældigt gennem ét bestemt af

hullerne, kommer ind i interferensmønstret og bliver via kræfter fra dette dirigeret ind i en af de observerede retninger. Bølgen er altså nu at opfatte som et reelt eksisterende kraftfelt.

Der er dog oplagte problemer ved denne model, som jeg ikke var rigtig opmærksom på i min ungdommelige iver efter at komme i gang. Hvordan kan bølgen være udstrakt, men øjensynligt øjeblikkeligt klappe sammen, når man måler partiklens position? Til dette er mit svar, at bølgen **ikke** klapper sammen men bevares, selv om man måler på partiklen. Men hvor kommer bølgens energi fra? Hvad med lyset fra en fjern stjerne? Hvis bølgeamplituden aftager proportionalt med afstanden, vil bølgen så have energi nok til stadig at afbøje fotonen, når den ankommer? Alle disse og flere spørgsmål tager jeg fat på i min bog, og giver svar, som nok vil overraske mange og givetvis frastøde flere. Her vil jeg imidlertid koncentrere mig om beviserne for at kraftfelt-ideen, på trods af indvendingerne, nok alligevel er grundlæggende rigtig.

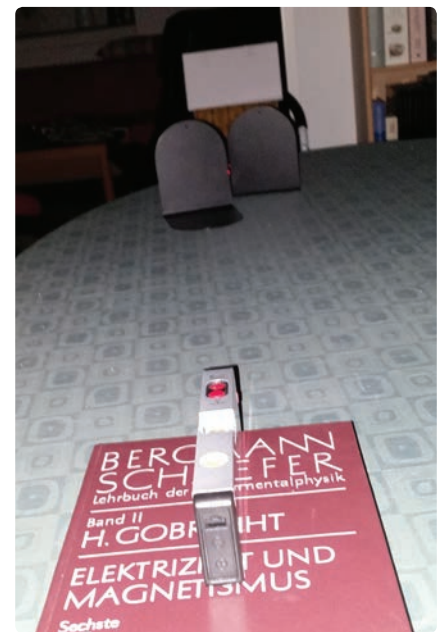
Har laseren hidtil upåagtede egenskaber? Grundlæggende eksperiment

Jeg mente fra starten, at det måtte være muligt at demonstrere min model. Ganske vist var Bohm af den opfattelse, at hans teori i alle situationer ville føre til præcis de samme forudsigelser som kvantemekanikken. Specielt i sammenhæng med lasere følte jeg, at dette måske ikke var korrekt. Min lidt uklare fornemmelse byggede på, at i laseren bliver de enkelte bølgetog fra atomerne udsendt i fase, og amplituderne vil derfor adderes konstruktivt og danne et samlet felt, der er kraftigere end feltet i følgeskab med fotonen i almindeligt lys. Kunne et sådant stærkere kraftfelt ikke give anledning til nye fænomener?

Så snart jeg kom på studiets anden del begyndte jeg at eksperimentere. Om natten (forsøgene forudsætter mørke, og der var også fred og ro) låste jeg mig ind i insti-

tuttets kældre til de store acceleratorer. Her var lasere til brug for alignment, og det var dem, jeg benyttede. Meget hurtigt kom jeg et lille skridt på vejen.

Sender man lys ind gennem en enkelt spalte, fås et diffraktionsmønster med et bredt centralt maksimum omgivet af ækvidistant beliggende mindre maksima (Fraunhofer-diffraktion). En sådan spalte kan også dannes af to modstillede skærme. Jeg fik nu det indfald at forskyde de to skærme, stadig med kanterne i kontakt med beamet, et stykke i forhold til hinanden langs laserstrålen. Den eksperimentelle opstilling er vist i fotografiet i fig. 1 (som er taget for nylig i min egen lejlighed i Viborg).



Figur 1

Allerbagerst (på det hvide papir), ses nu (i mørke) et nyt smukt diffraktionsmønster, der minder om et Fresnel-mønster, hvilket lidt løst sagt er det, man typisk ser i forbindelse med en enkelt kant. Det man i min opstilling kan observere, er et meget skarpt defineret system af lyse og mørke striber, der ligger tættere og tættere, jo længere man kommer væk fra centrum af den originale laserplet. Intensiteten i minimaene har jeg målt til (sædvanligvis) at være nul.

Behov for en ny diffraktionsmodel? Jeg foreslår modificeret Young, der er simpel interferens mellem to udvalgte bølger

Ovennævnte eksperimenter, som jeg udførte i min studietid og senere repeterede gennem min tid som gymnasielærer, har jeg diskuteret i en tidligere artikel i LMFKbladet nr. 8 fra 1989. Imidlertid kan det jo nok blive lidt vanskeligt at støve en så gammel sag op! Selv om jeg i dag må tage afstand fra nogle af de dengang fremførte synspunkter, er præsentationen af selve forsøgsresultaterne god nok. Umiddelbart er det måske ikke så overraskende, at de nye diffraktionsmønstre (og de **er** nye, for utroligt nok er de ikke beskrevet noget andetsteds i litteraturen) ligner Fresnel, men jeg argumenterer i artiklen for, at de faktisk ikke lader sig beskrive ved Fresnels klassiske diffraktionsteori. Denne går som bekendt ud på, at der fra hvert punkt af en bølgefront ud for kanten udgår en elementarbølge, som så interfererer med alle de andre elementarbølger. Alene det at udvælge en passende bølgefront at integrere fra kan være et problem med to kanter.

Jeg er derfor nået frem til en matematisk meget enklere teori, som jeg benævner modificeret Young. De observerede mønstre beskrives her som interferens mellem **to** bølger, en cirkulær bølge **bøjet** ind i skyggeområdet fra den første kant i fase med det oprindelige lys, og en **spredt** eller reflekteret bølge fra den bagerste kant i modfase med originalen, det sidste i overensstemmelse med en almindelig refleksionsregel. Der er altså indtrådt et faseskift på 180° mellem de interfererende bølger, og dette er (i det væsentlige) den afgørende forskel i forhold til en diffraktionsmodel, der blev fremsat af Thomas Young, og som gik forud for Fresnels teori. Meget kunne tyde på, at man nu igen må tilbage til noget Young lignende.

Kaldes afstanden fra det n 'te **minimum** til centrum O af den originale plet x_n , afstanden mellem de to kanter a , afstan-

den fra den bagerste kant til observationsskærmen b og bølgelængden λ , kan man ved brug af Pythagoras og en simpel Taylor-approksimation vise, at der ifølge min nye teori skal gælde:

$$x_n = \sqrt{\frac{2\lambda(a+b)b}{a}} \sqrt{n} \quad (1)$$

I punktet O bør der naturligvis være et i det mindste lokalt minimum, men det er der ikke! Minimaet synes "oversvømmet" af fotonerne fra det oprindelige beam. Afstanden x_n må derfor måles fra et arbitrært andet valgt punkt. Afbildes dette x_n som funktion af \sqrt{n} , fås den nydeligste rette linje, og hædningskoefficienten stemmer overens med teorien inden for nogle få procent.

Bevis 1 for min model

Afvielser fra diffraktionsformlen

Dette troede jeg i alt fald indtil 2018, hvor jeg genoptog eksperimenterne i min egen lejlighed. Nu fandt jeg, i virkeligheden til min store glæde, at der i mange tilfælde faktisk forekommer store afvielser fra teorien! I ca. 50 % af de genoptagne målinger opdagede jeg afvielser fra formel (1), og dette på op til omkring 30 %. Når jeg ikke tidligere i min tid som studerende og senere lærer havde set noget sådant, kan det måske hænges lidt sammen med, at jeg dengang har benyttet kraftigere lasere. Den nye laser, et laser-vaterpas, havde en effekt på bare 1 mW. En anden og måske mere sandsynlig årsag kan være, at jeg i de "gamle" forsøg naturligt vil have valgt at skubbe skærmene vinkelret ind på laserbeamet. I mine nye eksperimenter fandt jeg, at det overvejende (men dog ikke udelukkende) er, når skærmene danner en vinkel mindre end 90° med strålen, altså er skråstillede i forhold til denne, at afvielserne forekommer.

At der kan optræde sådanne afvielser fra interferens(diffraktions)teorien er meget interessant. Det burde ikke kun-

ne forekomme ifølge kvantemekanikken. Her følger sandsynlighedsfordelingen af fotonerne altid præcist interferensen. Derimod er de næsten at forvente med min teori. Hvis bølgerne udgør et kraftfelt, hvorfor skulle disse kræfter så egentlig altid dirigere fotonerne ind i de helt "rigtige" retninger?

Bevis 2 for min model

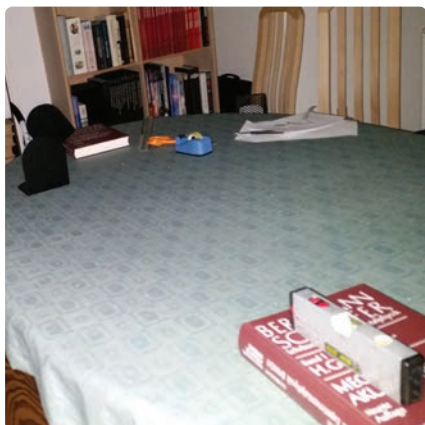
Kanterne drejes en vinkel i forhold til hinanden, og der ses interferens mellem mørke og lys! Eller gør der?

Allerede et halvt år i forvejen – i efteråret 2017 – var jeg nået frem til en anden form for bevis for min tese. Det observerede diffraktionsmønster udgøres af et smalt lysbånd vinkelret på kanterne (der er et fotografi i bogen) gennemtrukt af de omtalte striber. Båndets bredde er lig diameteren af den uafbøjede lysplet (altså uden kanter). Uden for båndet synes der at være helt mørkt, en vigtig pointe.

Båndet fremkommer ved overlejring af et bånd (ustruktureret; ses uden kant 2) bøjet ind i skyggeområdet fra den forreste kant, og et bånd (med Fresnel-struktur; ses når kant 1 ikke er der) spredt fra den bagerste kant. Det synes oplagt, at båndene skal overlejres for at få den observerede diffraktion (der er meget forskellig fra den netop nævnte Fresnel-struktur).

Nu fik jeg imidlertid, synes jeg selv, pludselig et ret så genialt indfald. Hvad nu, hvis bølgerne breder sig mere end partiklerne? Bølger har det jo med at bøjes og spredes, som det så udmærket kendes fra vand- og lydbølger. Kunne man så ikke tænke sig, at der er bølger uden for båndet, hvor der ellers er mørke, dvs. ingen fotoner?

Det kunne nemt efterprøves. Jeg behøvede blot at dreje de to kanter en vinkel φ i forhold til hinanden, så vi får en opstilling, som ses i fotografiet på fig. 2. Nu vil de to bånd blive adskilte, da de står vinkelret på deres respektive kanter. Alligevel ses der striber i det skrå, og



Figur 2

for små φ (i mine forsøg for mindre end ca. 14°) i begge bånd! Det første fremgår af fig. 3, hvor bånd og striber (minima) er markeret på det hvide papir. For en forklaring på, hvorfor der er forskel for store og små vinkler, vil jeg henvise til min bog. Der er tale om nøjagtig samme opstilling i (a), (b) og (c), altså samme værdier af a , b og φ , men alligevel er mønstrene ikke helt ens. Et eller andet kan ændre sig i løbet af en enkelt måleserie, men det er mig meget uklart hvad.

Sidstnævnte forhold kunne godt tyde på, at der ikke er tale om helt simpel interferens. Det må endvidere være klart for enhver, at disse mønstre ikke præcist følger formel (1), fx er der ikke proportionalitet med \sqrt{n} . Disse afvigelser kan dog "forklares" på samme måde som de tilsvarende for opstillingen i fig. 1. Og vil man ikke benytte bølgeteori, må man vel alligevel nå frem til en forklaring, der involverer kræfter på fotonerne, og så har vi også (næsten) min afgørende pointe.

For små φ er der dog normalt overensstemmelse med formel (1). Lad os derfor diskutere resultaterne ud fra et interferenssynspunkt (og der **bør** under alle omstændigheder være tale om interferens traditionelt set).

Hvordan kan der være interferensstriber i det skrå bånd fra kant 2, når lysintensiteten fra kant 1 på det pågældende sted er nul (vi befinder os i kantens skygge-

zone og er uden for det afbøjede bånd)? Det burde naturligvis være umuligt både ifølge klassisk fysik og kvantemekanik. Nul bølge plus en anden bølge kan ikke give interferens. Konklusionen må være, at der faktisk **er** en bølge fra kant 1 det pågældende sted, men ingen fotoner. Altså er der ikke overensstemmelse mellem $|\Psi|^2$ og sandsynlighedstætheden.

En indvending af eksperimentel art

En indvending man kan anføre er, om der nu er helt mørkt i skyggeområdet uden for båndet fra kant 1. Jeg har kun mit subjektive indtryk at støtte mig til, og her synes det at være tilfældet (når kant 2 fjernes). Endvidere er øjet meget lysfølsomt i mørke. Men hvad der virkelig kræves er kvantitative målinger af baggrund og den præcise intensitetsfordeling i de smalle diffraktionsmønstre. Sådanne målinger kunne passen-

de udføres af universiteter eller lignende, hvis de da ellers gider. Jeg har sendt en redegørelse for mine resultater til to professorer på henholdsvis Niels Bohr Institutet og Aarhus Universitet, men har ikke hørt en lyd.

Jeg er dog ikke selv i tvivl. Ved at vælge passende værdier af a og b og ved at variere den måde, kanterne skubbes ind i laserbeamet på, kan man opnå endda **meget** skarpe diffraktionsmønstre, som en evt. lille baggrund ikke vil kunne forklare. Jeg kan kun opfordre til, at man selv forsøger at efterligne disse meget simple eksperimenter.

Bogen indeholder mange andre forsøg og observationer, hvoraf enkelte er aldeles forbløffende. Læseren vil utvivlsomt være mindst lige så forbløffet over mine forklaringer på nævnte forhold!

$$a = 16.9 \text{ cm} \quad b = 3.333 \text{ m} \quad \lambda = 647.5 \text{ nm}$$

$$\text{Interferensformel: } x_n = x = 9.46 \text{ mm} \sqrt{n}$$

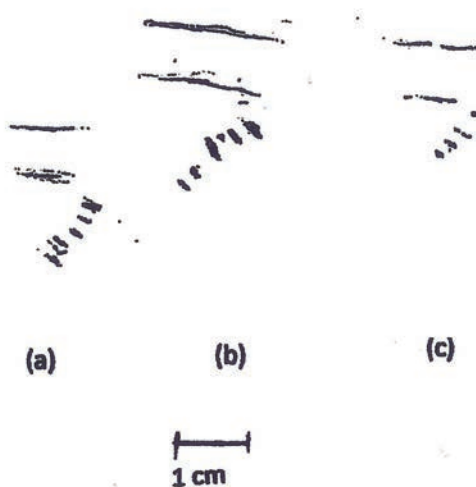


Fig. 3