Foredrag av Erik K. Broch (far til Niels Peter)

MITT MØTE MED ATOMFYSIKKEN, OG FYSIKERNE BAK DEN

Jeg håper at at denne min beretning i aften ikke kommer til å smake for meget av «den gang jeg var liten», eller «de gode gamle dager». Det er naturlig at jeg må gå ikke så lite langt tilbake i tiden, sett med den unge generasjons øyne. Jeg starter nå ikke lenger tilbake enn årene omkring 1925, da jeg selv var real-student i Oslo, og så smått etter hvert kom i kontakt med atomfysikken og personer bak den.

Forholdene den gang var ganske annerledes enn i dag, mindre og mer idylliske. Nesten hele Det naturvitenskapelige fakultet holdt til i den vestre fløy av Domus Media, f.eks. Fysisk Institutt, mens Kjemisk Institutt hadde den gamle kjemibygningen i Fredriks gate, og de biologiske og geologisk fag stort sett holdt til i museumsbygningene på Tøyen.

Hvorfor jeg valgte realfag som mitt studium er ikke så lett å begrunne, men allerede i middelskolen hadde jeg en fremragende matematikk-lærerinne, fru Halvorsen, som forstod å åpne mitt blikk for meget av skjønnheten i matematikken, det rent estetiske der, symmetriene. Et elegant matematisk bevis, en geometrisk figur, kunne minne meget om et kunstverk. En kunne se på en romlig tokappet hyperboloide som en torso av Venus fra Milo.

Jeg ville derfor gjerne bli matematiker. Men en bekjent av min far, den gang direktør i Statens pensjonskasse, frarådet dette. Det er alltid dårlige tider for matematikere, sa han. Og jeg ble bestyrket i denne tro da på samme tid den så kjente matematiker Øystein Ore (en eldre bror av Aadne Ore) utvandret til De forente stater og ble der. Det fantes på den tid ingen passende vitenskapelig stilling for ham ved universitetet. Og det til tross for at Ore vel hadde den beste eksamen som noensinne er tatt, 1,09, og det bare 23 år gammel, og dr. grad 2 år senere. Jeg tenkte derfor i første rekke på fysikk og kjemi, det måtte da være noe en hadde bruk for på mange felter.

Jeg tok derfor til å begynne med sikte på kjemien. Men der møtte jeg min skjebne. En dag spurte professoren i anorganisk kjemi, den legendarisk H. Goldschmidt som pleide å avslutte en forelesning med et eksplosivt knall, om jeg kunne tenke meg å bli assistent hos hans sønn, den unge V. M. Goldschmidt, som allerede da var en berømt mineralog, men også hadde ord på seg for å være godt inne i faste stoffers fysikk, spesielt disses atomære oppbygning. Og det interesserte meg, jeg slo til, og etter en prøvetid på ca. tre uker, ble jeg ansatt som privatassistent, en stilling som jeg beholdt studietiden ut.

En får huske på at krystallstrukturen, faste stoffers oppbygning etc. var så å si et jomfruelig forskningsområde den gangen. Det var bare å ta for seg av rettene; mange elementer og de fleste forbindelser og legeringer var overhodet ikke undersøkt.

Jeg fikk ansettelse som den daglige leder av røntgen-laboratoriet ved Mineralogisk institutt og fikk anledning til å ta opp et stort antall røntgen-diagrammer ved hjelp av Debye-Scherrer-metoden, Laue-diagrammer, Bragg-reflekser og Weissenberg-diagrammer.

Det dannet seg snart en pionerskole omkring Goldschmidts virksomhet; miljøet ble etter hvert meget internasjonalt. Det kom stipendiater og forskere fra mange land, også utenfor Europa,

særlig USA. Jeg kan ikke gå i detalj her, men jeg vil nevne spesielt den unge Shubnikov, nå et fremtredende medlem av Det russiske vitenskapsakademi, som allerede på det tidspunkt foreslo for oss å sende elektronstråler mot krystaller. Et forslag vi ikke forsto betydningen av før de Broglies hypotese om elektronets bølgenatur var blitt alminnelig kjent. La meg også nevne norsk-amerikaneren, professor William Zachariasen, den senere leder av strukturundersøkelsene av fragmenter og kjemiske forbindelser i anledningen av den første prøve-eksplosjonen med en atombombe, og byggingen av den første atomreaktor i USA.

Goldschmidt-gruppen var et hardt team, for eksempel arbeidet assistentene ved instituttet også ofte om søndagen. Det hendte at sjefen selv stod på trappen foran instituttet med sitt lommeur i hånden for selv å kontrollere om de ansatte innfant seg presis til den fastsatte arbeidstid. Dessuten var han ofte meget utålmodig, for ikke å si kolerisk, når det gjaldt å få melding om resultater som han var særlig spendt på. Således hadde jeg lært av min forgjenger i assistentstillingen, nå professor emeritus Tom Barth, å låse døren inn til røntgenlaboratoriet fra om morgenen, og så heller de gangene Goldschmidt[1] var særlig utålmodig bare la ham få stå å sparke på døren, han ville snart gi seg og senere på dagen være i strålende humør, for han respekterte også meget folk som ville ha arbeidsro under sine eksperimenter.

Og det foregikk meget spennende arbeide. For eksempel hadde den allerede da berømte Niels Bohr, med utgangspunkt i sine teorier om elektronskallene rundt atomkjernen, forutsagt at det måtte eksistere et element med atomnummer 72, og at dette måtte være beslektet med det allerede kjent element Zirkonium (Z=40). Følgelig var vi gjennom lengere tid på jakt etter dette elementet ved hjelp av røntgenografiske undersøkelser av zirkonholdige mineraler. Men dessverre tapte vi kappløpet om først å finne dette element. Det forgikk nemlig samtidig en jakt på dette element etter omtrent de samme røntgenografiske metoder i København. De ble ledet av den ungarske fysiker von Hevesey, som fant elementet kort tid før vi greide å påvise det. Von Hevesey fikk nobelprisen for sin oppdagelse, og kom senere til Oslo og holdt foredrag over dette emnet. Elementet ble kalt hafnium, som henspiller på navnet København[2]. Vi hadde også mange andre interessante oppgaver, som for eksempel da vi fikk besøk av nobelpristakeren Noddack, som nylig hadde oppdaget elementet rhenium (75) og overrakte en kolleksjon av rhenium-forbindelser som vi ble de første til å bestemme strukturen til. I denne tiden, dvs i siste halvdel av tyveårene, fikk jeg anledning til som realfagsstudent å publisere en rekke avhandlinger, trykt i *Zeitschrift für Physikalische Chemie*. I denne forbindelse kan jeg nevne at jeg var så heldig da jeg var oppe i kjemi bifag, som det hette den gang, at jeg fikk skriftlig oppgave om oksygen, og i besvarelsen kunne referere til egne trykte arbeider om oksyd-strukturer. Det var senere professor i kjemi, Ellen Gleditsch, som hadde gitt oppgaven, og det ble også et møte med atomfysikken, i det hun hadde studert i Paris under Mme Curie, og den gang var vår fremste ekspert i atomkjernens egenskaper – og det går en direkte linje fra hennes pionerarbeid til den betydelige virksomhet som i dag foregår ved avdelingen for kjernekjemi ved Kjemisk institutt, under ledelse av professor Pappas, og i nært samarbeide med atomsenteret i Geneve, CERN.

Jeg ser også på professor V.M. Goldschmidts banebrytende arbeid, *Geochemische Verteilungsgesetze*, som standardlitteratur for geofysikere og -kjemikere verden over, og som delvis årsak til at professor Heier, Geologisk institutt Oslo, har fått det ærefulle oppdrag av ANSA å undersøke månemateriale fra Apolloferdene.

Hva angår røntegenapparaturen den gang, så var den etter dagens standard meget primitiv. Det meste måtte vi konstruere og bygge selv ved det lokale verksted. Det var ikke slik som i dag da man kan bestille nesten alt vitenskapelig utstyr, ja hele laboratorier levert fiks ferdig fra de de store industrikonserner. Spesielt ga røntgenrørenes vakuumbetingelser oss meget hodebry. Og her kan jeg gi eksempel på hvordan megen lærdom kan stille seg hindrende i veien når det gjelder å løse et praktisk problem. Vi brukte lakk for å holde rørene tette. Et meget uhåndterlig material. Men en dag foreslo en av arbeiderne at vi burde bruke gummi-pakninger i stedet for lakk mellom røntgenrørenes forskjellige deler. Han ble imidlertid i møtegått med det argument at det var vitenskapelig bevist at gummipakningene ikke var lufttett. Likevel gjorde han et forsøk, og det viste seg da at gummipakningene var tette nok.[3] Eksempelet viser at det norske nokså utbredte lekmannsskjønn har noe for seg, hvilket jeg senere fikk bekreftet da en av våre kjente professorer ved en fest skulle holde tale for damene, og siden han selv var ungkar, påberopte seg lekmannsskjønnet for at nettopp han var blitt ut-sett til dette verv.

I dag kan det være aktuelt å nevne at nobelpristakeren Odd Hassel fikk noen av sine første strukturundersøkelser utført ved nevnte laboratorium. Det gjaldt for eksempel bornitrid BN som ble undersøkt ved den såkalte pulvermetoden, og bornitridet viste seg å danne en seksring som analog med den seksringen for kullstoff (grafitt) som danner grunnlaget for de fleste av den organiske kjemis forbindelser.

Men vi hadde ikke bare eksperimentelle, også teoretiske problemer. Og da spesielt med gruppeteorien. Som kjent gjør man ved undersøkelser over krystallenes oppbygning utstrakt bruk av de såkalte romgrupper. Litteraturen på dette felt var for en fysiker den gang meget sparsom. Det var bare matematikerne som beskjeftiget seg med slikt. Og vi var derfor for største delen henvist til den tyske matematiker A. Schoenflies' standardverk, der han ut fra makroskopiske krystallers symmetriklasser kunne utlede sine berømte 230 romgrupper, som var det teoretiske grunnlag for krystallenes atomære oppbygning. Disse 230 romgrupper – hverken mer eller mindre, er nå for lengst gjort tilgjengelig for fysikere gjennom tabellariske oversikter. En må beundre matematikeren Schoenflies' forutseenhet, idet han utførte sitt stor-verk over 30 år før den tyske teoretiske fysiker Max von Laue 1912 fremsatte ideen om å la krystaller utsettes for røntgenstråling, og man derigjennom fikk bevis for disse gruppers reelle eksistens i naturen. Eksperimentelle fysikere som Bragg sen. og Bragg jr., Scherrer og andre (alle senere nobelpristakere) tok hurtig opp v. Laues idé, og etter hvert inntok den atomære faststoff-fysikk, med alle dens meget vanskelige mange-partikkel-problemer, den domineren-ende stilling den har i dag, og som er av så stor betydning for den teknologiske utvikling.

Scherrer arbeidet i Zürich sammen med teoretikeren Debye (også kjent for sine banebrytende arbeider innen teoretisk termodynamikk), og jeg har hørt den historie at Debye av Scherrer ble forbudt å vise seg i eksperimentrommet av den grunn at apparaturen syntes å ha en viss aver-sjon mot teoretikere.

Apparaturen gikk i stå, ble det sagt, hvis Debye kom i nærheten av den, ja, selv om han bare stod i døren og kikket på den.

Omtrent på samme tid, litt senere, foregikk det en konkurrerende virksomhet på dette område innenfor Fysisk institutt, Oslo, under professor L. Vegards ledelse, og også i konkurranse med V. M. Goldschmidts institutt. Her arbeidet som Vegards assistent den senere så berømte første

norske professor i teoretisk fysikk, Egil Hylleraas. Han døde i 1965, og var i flere år min kollega som professor i teoretisk fysikk.

Både Vegard og Goldschmidt innså på et meget tidlig tidspunkt, ca 1925, Hylleraas's begavelse. En dag fikk jeg den oppgave å bestemme strukturen av Kaliumper-rhenat. Vi hadde nettopp hatt besøk av rehniums oppdager, professor Noddack. Undersøkelsen viste stor likhet med Kaliumper-jodat, og den strukturen visste vi at Hylleraas hadde bestemt på Vegards institutt. Goldschmidt sa da til meg at jeg kunne legge Hylleraas' beregninger til grunn for undersøkelsene, for, som han la til, de beregningene kunne man stole på. Og det var meget sagt av Godschmidt, for i alminnelighet anså han de fleste daværende strukturbestemmelsen (ca 80%) som feilaktige, eller for unøyaktige til sitt formål. Og her vil jeg også si at professor Goldschmidt var klar over en av de beste vitenskapelige egenskaper hos Hylleraas, nemlig å avslutte sine fysiske, teoretisk undersøkelser ved numeriske beregninger, som var så nøyaktige som det gikk an ved hjelp av de midler som teorien på det tidspunkt stillet til rådighet. Denne linjen fulgte han hele sitt liv, og skydde intet arbeide, hvor uoverkommelig det enn ofte kunne synes, for å oppnå avgjørende numeriske resultater. (Kom rett fra skauen, tømmerhogger)

Det var således innenfor den atomære krystallfysikk vår første professor i teoretisk fysikk vakte internasjonal oppmerksomhet. Og vi kunne allerede i tyvårene beundre hans vakre, men meget komplisert ligninger, f.eks. av krystallenes optiske kvaliteter. Disse arbeidene bygget i stor del på selvstudium av professor Max Borns grunnleggende monografi *Atomtheorie des festen Zustandes*, et nå klassisk, men nokså vanskelig tilgjengelig arbeide. Jeg var også på den tid en sterk beundrer av dette verk. Og mange år senere opplevde jeg at endog ved et så avansert lærdomsete som Cavendisch Laboratory i Cambridge, England, ga dette verk meget hodebry for den yngste nobelpristakeren i verden, professor Bragg og hans teoretisk velskolerte medarbeidere.

Dette viser hvordan Hylleraas så tidlig kunne mester vanskelige matematiske fremstillinger ut fra en så å si medfødt innsiktsfull måte å tenke på, og som for andre ofte kunne virke fremmedartet og derfor vanskelig å følge.

Mange år senere fortalte Hylleraas meg at han dessverre hadde mistet manuskriptet til et av sine beste arbeider fra denne tiden, og at han senere ikke hadde fått tid til å reprodusere beregningene. Det gjaldt et arbeide over den optiske aktivitet av beta-kvarts, en høytemperaturmodifikasjon av kvarts med en noe enklere struktur.

Hans forklaring på hvorfor manuskriptet kom vekk, var den at han på samme tid var så absorbert i studiet av helium-atomet, og på grunn av tidsnød måtte ha gjort en fatal feil under postforsendelsen. Men selv om hans heliumarbeide skaffet ham stor suksess og internasjonal anerkjennelse, så følte han seg aldri derved fullt ut trøstet for tapet av dette sitt kjære arbeide om beta-kvarts.

Det viser også at han meget senere forsøkte å gjenoppta dette arbeide i samarbeide med en hovedfagsstudent ved institutt for teoretisk fysikk, noen få år før han døde. Under dette arbeidet hadde jeg den glede å kunne låne ham originalutgaven til Borns «Atomtheorie» som jeg hadde bevart fra studietiden. Senere utgaver av denne monografien inneholdt nemlig ikke alle de fine matematiske detaljer som karakteriserte førsteutgaven.

Born skrev nemlig originalen som ganske ung forsker i årene omkring slutten av første verdenskrig. Han var den gang bestemt på å bli matematiker. Og etter et seminar i Göttingen,

som språklig foregikk på engelsk, spurte jeg ham om hvorfor han ikke holdt fast ved sine rent matematiske intensjoner. Jeg fikk da det elegante svar: «I could never right grasp this epsilon».

Jeg fikk nemlig anledning til, som fersk cand. real. med fysikk som hovedfag, å fortsette mine studier i Göttingen. Det skyldtes først og fremst professor Goldschimdt som da ble kalt til et nyopprettet professorat i Göttingen, og jeg fulgte med som privatassistent, og dels at mitt hovedfagsarbeide var blitt antatt til trykning i Det norske vitenskaps akademis skrifter før jeg fremla det til eksamen, hvilket også resulterte i et reisestipendium.

Mitt møte med Göttingen og det vitenskapelige miljøet der i kvantefysikkens gullalder ga meget sterke inntrykk. En beskrivelse av byen siterer jeg fra Hylleraas' *Remimicences from early quantum mechanics*[4], skrevet under et opphold i Florida 1963. Jeg siterer i oversettelse:

> Nær jernbanestasjonen ved den lille eleven Leine fant jeg en kuriøs liten by med noen smale gater som åpenbart syntes viet til minnet om Carl Friedrich Gauss, idet den med Weender- og Prinzenstrasse dannet den reelle imaginære akse i det gaussiske plan, og en idyllisk vold omkring som stod som enhetssirkelen. Et rådhus som syntes ikke å ha endret seg på mange hundre år, og i rådhuskjelleren kunne naturligvis studentene sitte og drikke øl av enorme glass-støvler. Foran Rathaus lå markedsplassen med en nydelig fontene med Gåse-Lise[5] som forer gjessene og så bakenfor Marien-, Nicolai og Jacobi-kirkene med sine klokkeslag for hver time.

Og slik var det også der den gang jeg kom dit i 1931. Langs den imaginære aksen lå det såkalte millionærkvarter hvor de mest kjente professorene hadde sine ofte meget prektige hus. Og de meget godt betalte professorer hadde også ofte tittelen Geheimrat[6], en levning fra det tidligere tyske keiserrike. Her bodde for eksempel David Hilbert, James Franck som da for kort tid siden hadde fått nobelprisen for sine eksperimentelle bekreftelser på riktigheten av Bohrs atomteori, Courant, Landau, Noether, som til dels er ansvarlig for den «gruppepest»[7] som hersker innenfor teoretisk fysikk i dag, Max Born, og som den da sist ankomne vår V.M. Goldschmidt med et hus som inneholdt 29 rom, hvorav mange meget store. Men så hadde de også store representasjonsforpliktelser, spesielt ved store kongresser.

Jeg fikk to rom i en gartnerbolig, rett overfor Goldschmidt hus. Og gartnerkonen serverte til aftens nyplukte druer og hele året nymelket geitemelk, og hun vasket mitt tøy og stoppet mine strømper, og alt for en billig penge. Fra mitt vindu kunne jeg om aftenen se Max Born komme spaserende ved 11-tiden, og inn porten til Goldschmidts hus. Da var tiden inne til at jeg også, etter avtale, kunne stikke over og slutte meg til det celebre selskap i biblioteksstuen i annen etasje. Born og Goldschmidt var nemlig meget gode venner og hadde gjensidig den største respekt for hverandre. For eksempel da jeg en tid arbeidet som en slags viseassistent for Born, ved utgivelsen av større artikkel i *Handbuch der Physik*, *Dynamikk der Kristallgitter*, uttrykte han seg slik: «Und wenn wir nichts wissen, dann fragen wir Goldschmidt».

Borns primære assistent ved dette arbeide var Maria Groeppert, som senere fikk nobelprisen i fysikk for sine teoretiske arbeider innenfor kjernfysikken. Denne unge dr. philos. var meget vakker, og da jeg første gang traff henne på badestranden ved eleven Leine, falt det meg ikke inn å sette henne i forbindelse med noe som hadde med fysikk å gjøre. Men det er åpenbart ting som godt kan forenes. Det seneste bevis for dette fikk vi tidlig i januar i år da den 26-årige dr. Edith Borie fra USA ga en gjesteforelesning ved Institutt for teoretisk fysikk: en

meget dyktig dame og med et madonnalignende utseende, som talte om avansert feltteori og gravitasjonsbølger.

Men tilbake til Göttingen. Det viste seg at Born ikke lenger var så interessert i krystall-fysikken, eller ikke hadde tid til å beskjeftige seg så meget med den, fordi årene etter 1925 innevarslet en ny æra for den teoretiske fysikken, som bare kan sammenlignes med de oppdagelser som knytter seg til Newton, Faraday, Maxwell, Planck, Einstein, Bohr. Det var oppdagelsen av og den matematiske formuleringen av kvantemekanikkens grunnleggende lover.

Born hadde spesielle forutsetniger for dette, da han, som han fortalte meg, var en av de få teoretiske fysikerne som på den tiden hadde et inngående kjennskap til den matematiske disiplinen, matriser, da han som nevnt, opprinnelig hadde tenkt å bli ren matematiker. Og han så derfor straks at hans stjerneelev Werner Heisenbergs postulater inneholdt elementer fra læren om matriser. Merkelig nok hadde Heisenberg mislyktes som Sommerfelds «Wunderkind» i å ta sin doktoreksamen i München. Hovedårsaken til dette feilslag skulle være en viss unødvendig oppsetsighet sammen med en fullstendig mangel på kunnskap om teorien for blyakkumulatoren. Men Born har åpenbart ikke festet seg så meget ved blyakkumulatoren; og på meget kort tid ble Heisenberg doktor ved Georgia Augusta Universitet i Göttingen. Dermed var grunnlaget for matrisemekanikken lagt og usikkerhetsrelasjonen opphøyet til et fysikalsk prinsipp.

Etter denne bragden følte Heisenberg sterk trang til fullstendig frihet og ensomhet. Han reiste derfra til Norge[8] og tilbrakte flere uker på fjellet helt alene og uten forbindelse endog med sin familie. Dette kunne ha kostet ham livet. En dag holdt han på å drukne under forsøk på å passere en stri strøm. Men tilbake i hotellet fikk han roet seg og skrev der sin berømte avhandling om heliumatomet. Hylleraas har, spøkefullt, gitt uttrykk for en viss nasjonal patriotisme, dette at behandlingen av heliumatomet kvantemekanisk ble unnfanget i Norge, og av ham som nordmann videreført. Denne tradisjonen er i gode hender ved vårt fysiske institutt: Midtdal, Holøien[9] og flere.

Etter sin hjemkomst fra Göttingen foreleste Hylleraas som universitetsstipendiat over matrise- og bølgemekanikk. Disse nye teorier var på den tid praktisk talt ukjent ved vårt universitet. Den eneste kommentar om disse ting, som jeg fra professorhold hadde hørt, var Goldschmidts noe drastiske uttalelse: «Dette er ting som vi må legge oss etter som bare fanden!». Min professor til fysikk hovedfag var professor i matematisk fysikk og mekanikk, Vilhelm Bjerknes. Men han bekjente åpent at han var et barn av åttiårenes fysikk, og jeg fikk så daværende univeristetsstipendiat Hylleraas som eksaminator til hovedfag.

Om Hylleraas' meritter vedrørende heliumatomet ble jeg under mitt opphold i Göttingen direkte informert av Born. Han hadde i tiden omkring Hylleraas' ankomst sett seg om etter en yngre fysiker som med utgangspunkt i den da nylig oppdagede Schrödingers bølgeligning, kunne løse denne ligningen for heliumatomet. Heliumatomet var jo nettopp den store anstøtsten som hverken Niels Bohr, Kramers og andre fremragende fysikere hadde greid på løse med utgangspunkt i den eldre kvanteteori og Bohrs kvantiseringslover. Hydrogenatomets spektrum kunne beregnes, men ved neste element i rekken, He, syntes alle forsøk forgjeves. Riktignok hadde Heisenberg, som nevnt, foretatt anslagsvise bølgemekaniske beregninger, og

hans resultater tenderte i riktig retning, men beregningen var utført på grunnlag av første ordens perturbasjoner, og det var langt fra tilstrekkelig. Born hadde, som han fortalte meg, satt flere yngre teoretiske fysikere til å takle problemet, ved å foreta en høyere ordens perturbasjonsregning, men de hadde alle oppgitt på halvveien, dels på grunn av beregningenes langvarighet. Dette var jo lenge før de elektroniske regnemaskiners tid.

En må si at Born var meget fremsynt da han bad Hylleraas om å ta fatt på dette problemet. Og en må undres over hvordan Hylleraas på så kort tid kunne mestre dette problemet. Men han skrev med høyre hånd og sveivet med den venstre på en regnemaskin, og hadde den utholdenhet og oppfinnsomhet som måtte til for å kunne avslutte regningene med tilstrekkelig nøyaktighet. Resultatet var da også glimrende, og kom ut med en tallverdi som bare avvek med ca én tiendels elektronvolt fra den målte verdi for heliumets ioniseringsenergi. Born uttalte at han betraktet Hylleraas som den største regnemester han hadde møtt. Ja, han brukte et så sterkt uttrykk som «Der grösste Recenmeister der Welt».

Denne gode overensstemmelse mellom teori og eksperiment ble med rette ansett som en hjørnesten i beviset for bølgemekanikkens sterkt utvidede gyldighetsområde, satt i relasjon til de klassiske teoriers. Resultatet gjorde Hylleraas' navn vidt kjent i vitenskapelige kretser. I norske aviser kunne jeg imidlertid bare se en liten notis på ca fire linjer. Men i sin berømte *Faraday Lecture* i 1930 kom Niels Bohr med følgende uttalelse:

> A very intresting recent contibution to the constitution of the Heliumatom is due to Hylleraas, who on the basis of wave mechanics, developed a precision method for the numerical evaluation of wavefunctions and derived a value for the ionaization potensial of helium which agrees, within the limits of experimental error, with the spectral evidence.

Som en vil forstå, virket overgangen fra miljøet i Oslo til det vitenskapelige liv i Göttingen nesten skremmende på en nykomling som jeg. Borns seminarer var såmenn ingen barnehave. På meg virket alle hans assistenter og elever som uhyre lærde menn, som anvendte metoder som jeg aldri hadde hørt om, og talte et vitenskapelig sprog hvis mening jeg vanskelig kunne fatte[10].

Born ledet selv det ukentlige seminar, men det begynte aldri før den allsidige matematiker Herman Weyl hadde innfunnet seg, og han kom ofte litt sent. Den aldrende David Hilbert viste seg også en sjelden gang. Og blant assistenter og studenter befant seg mange senere meget berømte fysikere. La meg nevne navn som Heitler, London, Teller, Flügge, Blackman, Rabinowitch, Wigner og mange flere. Og gjesteforelesere som Rutherford, Fowler, Sommerfeld og flere andre berømtheter. Weyl hadde nettopp skrevet sitt kjente verk *Gruppentheorie und Quantenmechanik*. Det kom i stand ved at han som gjesteforeleser i Zürich skulle holde forelesninger over gruppeteori, men da Pauli, professor i Zürich samtidig ble syk, forandret Weyl sitt tema til gruppeteori og kvantemekanikk. Weyls vitenskapelige bredde var utrolig, banebrytende arbeider i ren matematikk, kvantemekanikk og generell relativitetsteori *Raum, Zeit und Materie*.

Pauli lærte jeg aldri å kjenne personlig. Men på et kollokvium under Bohrs ledelse i København etter krigen, så jeg ham sitte på første benk sammen med en rekke andre prominente fysikere[11]. Han hadde som jeg syntes noen merkelige hodebevegelser, og jeg spurte da min sidemann om hva det kom av. Jeg fikk svar på tysk: «Ach, dass sind nur die Paulische Eigenschwingnung». Jeg fikk siden høre at Pauli led av en spesiell form for St. Veits dans.

Av andre jeg la spesielt merke til i Borns seminar var den den gang 25 år gamle dr. Teller, siden berømt som «vannstoffbombens far». Det hendte jo at man i seminaret stod fast ved flere anledninger, og Born henvendte seg da gjerne til Teller i spørreform, som for eksempel: «Vielleicht kan uns herrn Teller dieses erklären.» Og han kom frem til tavlen, og greide nesten alltid å oppklare de mest dunkle punkter i foredragsholderens fremstilling. Jeg ble ganske godt kjent med Teller, vi hadde bl.a. felles musikkinteresser, gikk ofte sammen til den lokale operas forestillinger. Teller, som er noe av en kunstnernatur, tilbringer etter hva jeg har hørt, alltid noen timer daglig ved klaveret. Antagelig tenker han fysikk samtidig.

Hele Göttingen var preget av universitetet. Selv blant opera- og ballettpersonalet gjorde en viss matematisk sjargong seg gjeldende. En av ballettpikene berettet en gang om en nærgående kurtise, og sa til slutt: «Aber dann covergierte ich!».

En dag fortalte jeg Teller at jeg hadde lest Weyls da nettopp utkomne *Gruppetheorie und Quantenmechanik*. Han bemerket da tørt: «Ja, dann wissen Sie mehr als wir.» Ved nærmere ettertanke kom jeg nok til at jeg vel ikke hadde forstått alt like godt i Weyls bok.

Heitler og Teller var gode venner og ble sett sammen også ved tilstelninger av mer selskapelig karakter. Men slike folk kom som regel da det hele omtrent var slutt, de hadde ikke tid til å kaste bort kvelden på noe så fysikalsk profant.

Jeg var til stede ved et seminar da Heitler berettet om amerikaneren Andersons eksperimentelle påvisning av den første antipartikkel, positronet. Beretningen vakte den største oppmerksomhet, og mange i auditoriet stilte seg tvilende til dens riktighet. Riktignok hadde englenderen Dirac gjennom sin relativistiske kvantemekanikk for elektronet også fått inn en ekstra løsning som han først mente beskrev protonets bevegelse. Men denne løsningen endret han like etter Andersons oppdagelse derhen at ekstraløsningen forutsa det positive elektronets eksistens. Og utviklingen senere har vist at antimaterien er en realitet.

I den moderne elementærpartikkelfysikk vrimler det av partikler og antipartikler. I denne forbindelse kan jeg også fortelle at jeg var så heldig å være til stede ved en konferanse like etter siste verdenskrig hos Bohr i København, da den dengang unge, senere nobelpristaker Powell under konferansen stod i stadig telegrafisk kontakt med sine medarbeidere i Bristol University, og hver dag kunne bringe de siste nyheter om pi- og my-mesonenes påvisning. Han ble naturlig konferansens midtpunkt, og hadde gitt støtet til den i dag nesten kaotiske tilstand denne nye fundamentale gren av fysikken befinner seg i eksperimentelt og teoretisk.[12] Denne gren av fysikken har en mektig appell, særlig til yngre forskere som må se til å få avklart alle de mange problemer som venter på sin løsning i elementærpartikkel- og høyenergifysikken.

Professor Sørensens[13] avdeling ved vårt fysiske institutt har mange ivrige studenter og medarbeidere nettopp på dette området.

Det er her kanskje på sin plass å erindre at japaneren Yukawa[14] lenge før Powells oppdagelser, hadde teoretisk forutsagt mesonets eksistens.

Yukawa forteller selv at hans idé om mesonets eksistens ble avklaret for ham gjennom den stimulans fødselen av hans annen sønn gav ham selvsamme natt.

Men tilbake til idylliske Göttingen. Den unge Wigner var også der på samme tid som Hylleraas fant ut at det også eksisterte løsninger av heliumatomet som bare avhang av tre koordinater istedenfor det fulle antall seks, (heliumatomet har jo to elektroner), og disse tre Hylleraas-

koordinater r_1, r_2 og phi definerte bare elektronkjernetriangelet, men tok ikke hensyn til orienteringen i rommet. Da Born stod overfor denne sterke forenkling av problemet, spurte han: «Hva betyr dette? La oss konsultere Wigner». Dette var jo mange år før den såkalte gruppepesten satte inn, og enhver avhandling i kvantemekanikk for å bli tatt alvorlig må starte med problemets gruppekarakter. Wigner gav straks det korrekte svar: «Disse løsninger svarer til S-tilstander, d.v.s. med forsvinnende angulært moment.»

Den aldrende hvitskjeggete David Hilbert, som var uhyre populær for sin milde visdom, kunne i sine siste år glede seg over å se hvordan hans Hilbert-rom, og det var ingen hemmelighet for ham, førte matrisemekanikken over i bølgemekanikken og vice versa. Han uttrykte det slik: «Die Nobelpreise liegen ja auf der Strasse».

Mange har derfor undret seg over om ikke 80-årenes og 90-årenes store matematikere kunne ha stilt opp Schrödingers bølgeligning 25 år tidligere, hvis de hadde hatt tilstrekkelig interesse også for fysikk, og eksempelvis vil da Bohrs atomteori aldri ha sett dagens lys.

Inspirert av Hilberts uttalelser fortalte Born meg hvorledes han i lengre tid hadde syslet med tanken om å sette opp en differensialligning av Sturm-Liouville-typen, som med passende randbetingelser hadde som egenverdier hydrogenatomets energitermer. At det ikke lyktes ham, skyldtes at han fikk den nesten for nærliggende idé å anvende de velkjente Einsteins, eller de senere formelt analoge de Broglies, relasjoner i forbindelse med den klassiske differensialligning for monokromatisk bølgebevegelse. Men Schrödinger gjorde det.

I denne tid antok man at et institutt for teoretisk fysikk ikke hadde behov for noe rom til sitt eget bruk. Det eksisterte som en formell enhet, og professorene residerte i sine egne hjem. En dag jeg forsøkte å få snakke med Born mens han var hjemme, ble jeg møtt av fru Born med de ord: «Er arbeitet jetzt und dann muss er nicht abgelenkt werden.»

Men visse miljøer og team av teoretiske fysikere hadde man allikevel.

For eksempel i trettiårene fungerte samtidig som professorer i teoretisk fysikk ved Berlins universitet, Max Planck, von Laue, Einstein og Schrödinger. Og da Schrödinger i seminaret der innførte sin bølgeligning, ble han introdusert av Planck med de ord: «Her skal De få se mannen som igjen har gjort fysikken kontinuerlig». Det var nok ikke tilfelle, men Schrödinger oppfattet til å begynne med elektronet som smurt utover omkring atomkjernen. Born, som overvar seminaret, fortalte meg senere at Einstein var den som da best gjennomskuet bølgeligningens konsekvenser. Og som bekjent hadde Einstein og Bohr i mange år gående en polemikk seg imellom, der spesielt usikkerhetsrelasjonen ble gjenstand for diskusjon. Den beste avklaring ga vel Born da han innførte den statistiske tydning av bølgefunksjonen, som vel står urokket den dag i dag.

For et par år siden hadde vi ved institutt for teoretisk fysikk besøk av professor Yourgrau fra New York University. Han var i sin tid som ung mann assistent hos Schrödinger i Berlin, og i sin gjesteforelesning nevnte han, og det var han meget stolt av, at han som assistent fikk den oppgave å geleide Einstein, Schrödinger, v. Laue og Planck inn i toalettet etter at Schrödinger hadde talt om sin bølgeligning. Han observerte imidlertid at denne forestilling forløp uten tilløp til fortsatt diskusjon mellom disse herrer. Professor Næss, som overvar Yourgraus forelesning, så jeg skrev ned den nettopp fortalte historiske begivenhet, i sin notisbok.

Imidlertid kom det til enn brå slutt på det rike vitenskapelige liv i Tyskland på grunn av nazi-revolusjonen. De fleste betydelige vitenskapsmenn, både av jødisk bakgrunn og andre, så seg tvunget til å forlate Tyskland. De fleste reiste til Amerika, noen til England. Og nobelprisene i fysikk, som tidligere for det meste gikk med en halvpart til Tyskland, den annen halvpart til England og Frankrike, de havner i dag for det meste i Amerika.

I 1935 traff jeg jeg således Born igjen i Cambridge. Han var da universitetslektor ved universitetet der, men ble snart etter utnevnt til professor ved universitetet i Edinburgh. Da han i begynnelsen var noe svekket på grunn av omveltningen i Tyskland, hjalp jeg ham av og til med å skrive opp formlene for ham på tavlen før forelesning. Alle vektorstørrelser skulle etter tysk mønster skrives med dobbeltstrek eller fete typer.

Som universitetsstipendiat fra Oslo og som Guest of University i Cambridge hadde jeg en meget fri stilling. Noe av det første jeg gjorde, var å avlegge visitt hos den allerede berømte 33-årige P.A.M. Dirac.

Han var ugift og bodde derfor i sin lille leilighet bestående av to rom i St. Johns College, et av de eldste i Cambridge. Han var da allerede nobelprisvinner og innehadde et av de fornemste professorater i Cambridge, Lucasian-professoratet, som selveste Newton i sin tid hadde innehatt. Nå var Dirac kjent for å være en nokså taus mann, så etter noen få innledende ord, reiste han seg og gikk bort til vinduet, der han stirret utover den velpleide gressplenen, med islett av krokus, uten å si et ord. Jeg fikk da anledning til å se nærmere på de skrifter og bøker som lå på de brede armlener og i en krans rundt lenestolen. Jeg hadde naturlig ventet å finne matematiske og fyikalske skrifter og bøker, men det var alt sammen avhandlinger og bøker som angikk sanskrit. Så det studerte han altså på fritiden. Etter en stund spurte han meg om hva jeg arbeidet med og jeg forela ham da mitt problem om tettheten av Dirac-partikler i en elektrongass. Han svarte da momentant: «Det fører til Bessel-funksjoner», noe som jeg for øvrig allerede visste. Tross sin ordknapphet var han en meget vennlig og forekommende mann, dessuten en fin stilist. Etter en tid fulgte han meg rundt i byen, og han presenterte meg for den kjente professor i fysikalsk kjemi, Lennard-Jones, og professor i matematikk, R. H. Fowler.

Den sistnevnte ble jeg etterhånden meget godt kjent med, og noen ganger ble jeg spesielt invitert til å være hans bridge-partner ved mer selskapelige betonte sammenkomster hjemme hos ham. Fowler, som var gift med Rutherfords datter, er vel mest kjent for sin store lærebok i statistisk kvantemekanikk, forfattet sammen med sin kollega Charles Darwin, sønnen av den store biolog Darwin. Fysikeren Darwin, tredje generasjon som rektor ved Christ College, Cambridge, var en stor Norges-venn, og spesielt glad i laks. Han besøkte flere ganger vårt Institutt for teoretisk fysikk, og ved de middager som ble gitt for Sir Charles, var alltid laks hovedretten. Charles Darwin hadde i flere år før Dirac strevet med å finne den riktige relativistiske bølgeligning, og det kjente Darwin-ledd som korreksjon til Schrödingers bølgeligning er vel kjent. Men han kom ikke på, som Dirac, å gå til det radikale skritt å linearisere Schrödinger-ligningen, og innføre nye ukjente dynamiske variable som automatisk førte til at elektronets spinnegenskaper kom ut som en følge av relativiseringer.

Det er blitt meg fortalt at han fikk idéen under et opphold i Holland, og professor Kramers i Leyden sa meg at ingen der forstod at han i det hele tatt arbeidet, for hver gang de så inn til ham, satt han bare og fiklet med en blyant og så opp i taket.

Idéen om spinnets eksistens ble som kjent først lansert av de hollandske fysikere Uhlenbeck og Goudschmit. Uhlenbeck har fortalt meg at han hadde store vanskeligheter med å få trykt arbeidet i Holland, idet det ikke ble godkjent for publikasjon der. Men til slutt fikk de offentliggjort det i Tyskland, og senere fikk de som kjent nobelprisen for dette arbeide.

Dette minner meg om at den svenske dosent Arrhenius, sønn av den store Arrhenius, fortalte meg at hans fars doktorarbeide ble forkastet. Men senere fikk han jo nobelprisen for dette arbeidet. Og en lignende skjebne var den norske nobelpistaker Onsager utsatt for da han først prøvde å få dr. graden ved N.T.H. på sine banebrytende arbeider over irreversible prosesser. Onsager skal ha uttalt da han fikk nobelprisen: «At neste gang er det Odds[15] tur». Og så ble det jo også. Det er åpenbart at man kan være for avansert for sin samtid.

I Cambridge fikk jeg under mitt treårige opphold der en rekke udmerkede kontakter, jeg kan nevne navn som Blackman, Peierls og Chandrasekhar. Chandrasekhar, som den gang var ca 25 år, var såkalt Fellow of Trinity College. Han er inder og da jeg besøkte ham i hans studieleilighet på Colleget, bød han meg på indisk vis på salt og brød, som en særlig velkomsthilsen. Ved den anledning hjalp han meg med å skrive innledningen til det arbeide som jeg som nevnt hadde talt med Dirac om. Og det gav bonus, idet Chandrasekhar som en av verdens ledende astrofysikere flittig har referert til dette arbeidet.

Nå synes jeg imidlertid har lagt nok beslag på deres tålmodighet, og jeg vil avslutte denne beretningen om mitt møte med atomfysikken med en liten historie. Etter en middag på Queens College i Cambridge kom jeg i snakk med en meget hyggelig professor i klassisk filologi. Og da han spurte om hva jeg gjorde her, fortalte jeg ham blant annet at jeg fulgte Diracs forelesninger, og at Dirac foreleste etter sin bok *Principle of Quantum Mechanics*, og hadde den vane å rive ut sidene i boken ettersom han skred frem og kastet dem i papirkurven, for så var han alltid sikker på hvor langt han hadde kommet til neste time. Interessen ble vakt hos denne klassikeren, og han spurte da om hvem er nå denne Dirac. Jeg sa da at han er professor i matematikk og har allerede fått nobelprisen i en alder knapt 30 år. Og så fikk jeg denne klassiske replikk: «Oh, yes, that is a good beginning.»

Med den appell som ligger i disse ordene vil jeg avslutte, og rette den til våre yngre forskere, spesielt fysikerne. Oppgavene er mange, interessante, men meget krevende. Og atomfysikkens mange aspekter appellerer sterkt til de unge studentene. Trenger De et bevis? Cand. mag. Aaberge, medlem av fysikkforeningens styre, har kalt sin hund Dirac.

«Noter» (egne responser og assosiasjoner)

1 Formuleringen «hardt team» fikk meg til å undersøke mer om V.M. Goldschmidt. I nett-artikkelen https://forskning.no/vitenskapshistorie/hvorfor-ligger-asken-etter-en-av-norges-viktigste-naturforskere-i-en-umerket-grav-i-oslo/1758024, hevdes det at Goldschmidt ligger i en umerket grav på Vestre gravlund, og at han var uglesett som jøde, eller som «vanskelig natur» eller fordi han i utlandet hadde hevdet at hans kollega, professoren Tom Barth, var NS-tilhenger.
I Wikipedia-artikkelen om ham står det også at han reiste til Göttingen i 1929 i protest mot Ellen Gleditsch. ↑

2 Det var jo en ufattelig triumf for Niels Bohr at han – etter et telegram fra laboratoriet kvelden før nobelforedraget sitt 11. desember 1922 – kunne avslutte foredraget med nyheten at «hans folk» i København (Coster og Hevesy) nå hadde vist at grunnstoffet i kolonnen under nr. 22 og nr. 40 ikke var en «sjelden jordart» (slik de franske forskerne Dauvillier og Urbain hevdet), men hadde nettopp de zirkonium-liknende egenskapene forutsagt av hans teori! ↑

3 Som å lese skildringer fra Cavendish-laboratoriet under Rutherford, «string and sealingwax-fysikkens gullalder», da fundamentale innsikter ble vunnet med små midler! ↑

4 Artikkelen, ble publisert i *Fysikkens Verden* nr.2 1963 før tidsskriftet den var bestilt av, *Reviews of Modern Physics* vol. 35 no 3. ↑

5 Husker fontenen godt. Et bilde av den kan sees her:
http://www.erlinger.name/sykkelturer/1996-Lund-Heidelberg/gauss-weber-monument.html ↑

6 Geheimrat.. Jeg er nettopp ferdig med Vidar Enebakks biografi om Christopher Hansteen hvor det framgår at Hansteen titulerer den berømte astronomi-professoren og direktøren for observatoriet i Göttingen som «Hr. Geheime-Hofraad Gauss». ↑

7 «Gruppepest». Jeg ser at også Hylleraas bruker denne karakteristikken i den siterte artikkelen og lurer på om den er ironisk ment. Vår egen Sophus Lie var jo en av gruppe-teoriens pionere, og jeg beklaget lenge at jeg aldri fikk lære noe om dette mens jeg var på mat. nat.. Foredrag om Emmy Noether og Hermann Weyl på Universitets fag-dag ga også mersmak. Men under det ellers interessante foredraget Marcus du Sautoy holdt i auditorium 1 i Vilhelhelm Bjerknes'Hus høsten 2010, fornemmet jeg en viss sterilitet innenfor gruppe-teorien – noe lukket og «ferdig» – nettopp tabell-aktig slik foredraget på side 3 beskriver Schoenflies' 230 romgrupper. ↑

8 Fra Heisenbergs *Helhet og del*, Gyldendal 1971 s. 78:

> Mot slutten av sommersemesteret 1926 inviterte Sommerfeld Schrødinger til å fremlegge sin teori i München-seminaret. Dermed fikk jeg min første sjanse til diskusjon. Dette semesteret hadde jeg atter arbeidet i København og hadde i forbindelse med en undersøkelse av helium-atomet også satt meg inn i Schrødingers metoder. Under en rekreasjonsferie drog jeg fra København til innsjøen Mjøsa i Norge, hvor jeg avsluttet arbeidet; og så gikk jeg helt alene til fots på uberørte stier med manuskriptet i ryggsekken fra Gudbrandsdalen over flere fjellkjeder ned til Sognefjorden. Efter et kort opphold i København drog jeg tilslutt til München.. ↑

9 John Midtdal og Erling Holøien publiserte flere artikler om He-atomets konfigurasjoner på 60-70-tallet. Midtdal har også, sammen med Thalberg og Wergeland, redigert *Selected Scientific Papers by Egil A. Hylleraas* I & II, NTH Press 1968. Bøkene er tilgjengelig i NBs nettbibliotek. Den siterte artikkelen (*Remimicences..*) er med i bind 2. ↑

10 Det er en vurdering Max Born selv går god for; han skriver i sin slevbiografi *My Life*, side 227:

> I now had a private advanced one about theory alone, held in my large study in Planckstrasse. This was probably the most brilliant gathering of young talent then to be found anywhere. Apart from the Americans there were, for shorter or longer periods, my assistant Friedrich Hund (now my successor in the Göttingen chair), Enrico Fermi from Italy, Paul Dirac from England, Egil A. Hylleraas from Norway, A. Fock from Russia, Leon Rosenfeld from Belgium, E. Wigner and J. von Neumann from Hungary, and many other. ↑

11 Det er antakelig dette bildet fra 1947:
http://www.erlinger.name/Enkle/Copenhagen_Conference_1947_aud_A.html ↑

12 Enrico Fermi er kjent for å ha svart en student som ba om en oversikt over elementærpartiklene: «If I could remember the names of all these particles, I would have been a botanist.» ↑

13 Sven Oluf Sørensen er sønn av Henrik (maleren) og ildsjel for etablering- og bevaring av billedgalleriet i Holmsbu, like ved hytta til Anne og Christian. ↑

14 For meg er navnet uløselig knytta til Alonso-Finn: III *Quantum and Statistical Physics*, pensumboka i F103, og begrepet «potensial-brønn». Tredve år seinere regnet jeg med at forbindelsen nok ville bli med det, men der tok jeg feil. I 2012 sto plutselig «potensial-brønn»-mannen rett foran oss i form av en statue og institutt for teoretisk fysikk. Vi var i Kyoto m/leiesykler. Bilde:
http://www.erlinger.name/div_reiser/Japan-Korea_2012/0895.html ↑

15 Odd Hassel, nevnt også på s. 3, fikk Nobelprisen i kjemi i 1969. Han var influert av både far og sønn Goldschmidt. ↑

Navnregister til *Mitt møte med atomfysikken..*

Anderson, Carl David 8
Arrhenius, Olof 11
Arrhenius, Svante 11

Barth, Tom 2
Bessel, Friedrich 10
Bjerknes, Vilhelm 6
Blackman, Moses 7, 11
Bohr, Niels 3, 5, 6, 7, 8
Borie, Edith 5
Born, Max 4, 5, 6, 7, 9, 10
Bragg jr., Lawrence 1, 3, 4
Bragg sr., Henry 3
Broglie, Louis de 2, 9

Chandrasekhar, S. 11
Courant, Richard 5
Curie, Marie 3

Darwin, Charles 10
Debye, Peter 1, 3
Dirac, Paul 8, 10, 11

Einstein, Albert 9

Flügge, Siegfried 7
Fowler, Ralph H. 7, 10
Franck, James 5

Gauss, Carl Friedrich 5
Gleditsch, Ellen 3
Goldschmidt, Heinrich J. 1, 2
Goldschmidt, Victor M. 1, 3, 4, 6
Goudschmit, Samuel 10
Groeppert, Maria 5

Hassel, Odd 3, 11
Heier, Knut 2
Heisenberg, Werner 6
Heitler, Walter 7, 8
Hevesey, Georg Charles v. 3
Hilbert, David 5, 7, 9
Holøien, Erling 6
Hylleraas, Egil A. 4, 6, 7, 8

Kramers, Hans A. 6, 10

Landau, Lev 5
Laue, Max v. 1, 3, 9
Lennard-Jones, John 10
Liouville, Joseph 9
London, Fritz 7

Midtdal, John 6

Newton, Isaac 6, 10
Noddack, Ida 2, 4
Noether, Emmy 5

Onsager, Lars 11
Ore, Øystein 1

Pappas, Alexis 3
Pauli, Wolfgang 7
Peierls, Rudolf E. 11
Planck, Max 9
Powell, C. S. 8

Rabinowitch, Eugene 7
Rutherford, Ernest 7

Scherrer, Paul 2, 3
Schoenflies, Arthur Moritz 4
Schrödinger, Erwin 6, 9
Shubnikov, Lev 2
Sommerfeld, Arnold 6, 7
Sturm, J. C. F. 9
Sørensen, Sven Oluf 8

Teller, Edward 7, 8

Uhlenbeck, George 10

Vegard, Lars 3

Weissenberg, Karl 2
Weyl, Herman 7, 8
Wigner, Eugene Paul 7, 8

Yourgrau, Wolfgang 9
Yukawa, Hideki 8

Zachariasen, William 2

Aaberge, Terje 11