



## GEORGE DE HEVESY

1. august 1885—5. juli 1966

*Af Hilde Levi*

Den 5. juli 1966 døde professor George de Hevesy efter længere tids sygdom, knap en måned før sin 81 års fødselsdag. Hevesy var en trofast ven af Danmark, han boede i København fra 1920 til 26 og igen fra 1934 til 43, og han har her udført sine mest fremragende arbejder, nemlig opdagelsen af grundstoffet hafnium og udviklingen af indikatormetoden til et uundværligt værktøj såvel i den medicinsk-biologiske forskning som inden for mange grene af naturvidenskab og teknologi.

Hevesy blev født den 1. aug. 1885 i Budapest og studerede bl.a. i Freiburg im Breisgau, Tyskland, hvor han fik sin doktorgrad i kemi i 1908. I nogle år var han ansat i Schweiz som

assistent først hos Lorenz, senere hos Willstätter, men besluttede sig i 1911 til at acceptere en stilling hos Haber i Karlsruhe. Inden han tiltrådte, ville han dog besøge Rutherford i Manchester for at forberede sig til de nye opgaver, der ventede ham hos Haber. Besøget i Manchester kom til at vare i 3 år, og de problemer han beskæftigede sig med blev afgørende for hele hans videnskabelige karriere. Også menneskeligt var opholdet i Manchester af stor betydning, ikke alene fordi Rutherford satte sit præg på alle sine medarbejdere, men også fordi Hevesy her lærte Niels Bohr at kende. Både videnskabeligt og personligt kom disse to jævnaldrende forskere til at stå hinanden nær, og deres venskab varede livet ud.

Idag anvender biologer og læger såvel som fysikere, kemikere og ingeniører radioaktive isotoper i forskningen og i det praktiske arbejde på laboratorier og virksomheder. Verden over sættes begrebet »radioaktive indikatorer« i forbindelse med navnet Hevesy. Geigertællere og scintillationstællere hører nu til standardudstyr, men kun få af de, der anvender dem, tænker over, at det er mindre end 20 år siden, at de første måleapparater af denne art kom på markedet. Radioaktive stoffer er nu til rådighed i nærmest ubegrænsede mængder og til rimelige priser, takket være den kendsgerning, at de altovervejende fremstilles i reaktor anlæg. Man kan købe isotopmærkede kemiske forbindelser, lige fra enkle uorganiske stoffer til de mest udviklede organiske, til hvis mærkning benyttes et utal af forskellige radioaktive isotoper.

Det er nærliggende at forestille sig, at ideen til indikatormetoden er knyttet til opdagelsen af den kunstige radioaktivitet (Joliot-Curie 1934). Dette er dog ikke tilfældet. Indikatormetoden blev til i 1913, medens Hevesy arbejdede hos Rutherford. Denne var i besiddelse af store mængder bly fra Joachimsthal, og dette bly er rigt på RaD. Rutherford henvendte sig en dag til Hevesy med den bemærkning »If you are worth your salt you separate RaD from all that nuisance of lead«. Vi ved idag, at alle Hevesys anstrengelser for at løse denne opgave måtte være forgæves. Da han blev klar over dette, besluttede han at gøre brug af denne kendsgerning, og at benytte RaD som indikator for bly. Ved at tilsætte små mængder RaD

til bly målte Hevesy bl. a. meget tungt opløselige blysaltes opløselighed i vand, bestemte diffusion og selv-diffusion, udveksling af atomer og molekyler, og han undersøgte de elektrokemiske egenskaber af tunge grundstoffer og deres uorganiske forbindelser. I årene 1913—20 var Hevesys videnskabelige arbejde præget af indikatormetodens anvendelse inden for den uorganiske og den fysiske kemi.

Da videnskabelige kontakter igen kunne etableres efter den første verdenskrig, blev Hevesy af Niels Bohr indbudt til at arbejde på det nyoprettede institut for teoretisk fysik. Indikatormetoden rykkede nu for en tid i baggrunden, idet Hevesy, sammen med J. N. Brønsted, forsøgte at fremstille de stabile isotoper af klor og kviksølv i en analytisk målestok. Separationen lykkedes, især blev der fremstillet Cl-37. I 1922 begyndte Hevesy for alvor at interessere sig for det ukendte element 72, der efter Bohrs teori skulle være homolog med titanium og zirkonium og ikke, som andre havde formodet, en sjælden jordart. Den hollandske fysiker Coster, der hos Siegbahn i Sverige havde høstet stor erfaring inden for røntgenspektroskopien, var da kommet til institutet på Blegdamsvejen, og i fællesskab begyndte de to forskere deres søgen efter det ukendte grundstof. Efter forbløffende kort tid kunne de påvise Hf  $La_1$  og  $La_2$  linierne i røntgenspektret fra zirkonium-holdige mineraler. Den endelige bekræftelse af deres resultater fik de lige inden Bohrs Nobelforedrag i Stockholm i december 1922. Hevesy besluttede nu at adskille element 72 fra zirkonium, og han bestemte sig for — hvad han selv senere kaldte et heldigt valg — at gennemføre en fraktioneret krystallisation af zirkonium hexafluoriderne. Allerede i januar 1923 skrev Hevesy og Coster i et brev til »Nature«, at de havde påvist og separeret det hidtil ukendte grundstof. Det blev opkaldt efter byen København: Hafnium.

Det er forbavsende, at indikatormetoden alligevel ikke blev helt glemt i denne travle periode, og at Hevesy fandt tid til i samarbejde med Sv. Lomholt og I. A. Christiansen at gennemføre nogle forsøg, der for første gang belyste et biologisk problem ved hjælp af radioaktive indikatorer. Dermatologerne var interesseret i at anvende bismuth-forbindelser i terapien og

fandt det derfor vigtigt at undersøge fordelingen af bismuth i den dyriske organisme. Hevesy benyttede RaE mærket bismuth i disse forsøg, der senere blev fulgt op med en undersøgelse af blyets fordeling i organismen. Mange år senere har han selv betegnet disse eksperimenter som den første anvendelse af indikatormetoden i fysiologien.

Så længe man kun kendte de naturligt radioaktive grundstoffer, der næsten alle er tunge metaller og temmelig toksiske for levende organismer, var indikatormetoden af relativ ringe betydning for den biologiske forskning. Situationen ændrede sig efter Ureys opdagelse af den tunge brintisotop deuterium (1932) og yderligere, da det lykkedes at fremstille ilt og kvælstof, der var beriget med henblik på deres tunge isotoper. Hevesy var på dette tidspunkt professor ved universitetet i Freiburg, hvortil han var flyttet i 1926. Han begyndte straks på forsøg med tungt vand, og målte bl. a. det totale vandindhold i forskellige dyr og i mennesker efter isotopfortyndingsmetoden, og han undersøgte udvekslingen af brintatomer i forskellige molekyler.

Kort efter Hitlers magtovertagelse i Tyskland søgte Hevesy sin afsked fra universitetet i Freiburg, og i efteråret 1934 kom han med sin familie, nemlig den dansk-fødte fru Pia og tre børn, til København for at blive og for at genoptage sit virke på Bohrs institut. (Jenny og senere Pia blev født i København, Ingrid og George er født i Freiburg).

Hevesy etablerede hurtigt et nært samarbejde med August Krogh og dennes unge medarbejder Hans H. Ussing og fortsatte i nogle år sammen med disse at benytte deuterium som indikator i biologiske og biokemiske undersøgelser.

I begyndelsen af trediverne prægedes udviklingen af flere store opdagelser. Ægteparret Joliot-Curie fandt den inducerede beta-aktivitet, Chadwick opdagede neutronen, og Fermi viste, at der opstår kunstigt radioaktive isotoper ved neutron-bombardement af en lang række stabile grundstoffer. På Bohrs institut var man ikke udrustet med apparatur til måling af beta-aktivitet, men under ledelse af O. R. Frisch gik vi i gang med at bygge Geiger-Müller tællere og forstærkere, idet forfatteren havde det store held at blive Hevesys assistent, da undersøgelserne vedrørende den inducerede radioaktivitet hos de sjældne

jordarter samt hos hafnium, scandium, kalium og svovl blev påbegyndt. Et af de mest betydningsfulde forsøg som Hevesy udførte i midten af trediverne var den første »aktiveringsanalyse«. Formålet var at bestemme et næsten rent gadoliniumpræparats forurening med europium. Som bekendt er disse to jordarter kemisk så nært beslægtede, at de er yderst vanskelige at adskille. Efter neutron-bombardement viser de sjældne jordarter inducerede aktiviteter med meget forskellige halveringstider, ligesom deres virkningstværsnit over for neutroner er forskellige. Ved at tilsætte varierende mængder europium til et næsten rent gadoliniumpræparat bestemte vi forholdet mellem disse to grundstoffers inducerede aktiviteter og kunne derfra beregne den mængde europium, der var tilstede i det næsten rene gadoliniumoxyd. Med den meget lille neutronflux, der var til rådighed fra institutets radium-beryllium kilder, kunne man bestemme en så lille forurening som 0,01 % Eu. I dag ville det være muligt ad denne vej at påvise (totalt)  $10^{-14}$  mg Eu. Aktiveringsanalysen er derfor en vigtig analysemetode i den moderne kemi og i undersøgelser vedr. sporelementers betydning.

I 1935 begyndte Hevesy, sideløbende med disse fysiske og kemiske undersøgelser, fremstillingen af radioaktivt fosfor. Han var klar over, at her var der en enestående mulighed for at anvende indikatormetoden i biologien: Hvis radioaktive isotoper af de lette grundstoffer, der udgør hovedbestanddelene af alle organismer, kunne fremstilles i tilstrækkelige mængder, ville biologisk forskning stå over for en principielt ny undersøgelsesmetode, der ville muliggøre iagttagelser, som man hidtil havde været afskåret fra.

Fremstillingen af P-32 og Hevesys første forsøg på dyr er skildret ved tidligere lejligheder<sup>1)</sup>, og beskrivelsen skal derfor ikke gentages her. Det står klart for alle, der har føling med naturvidenskabelig forskning i dag, at indikatormetodens betydning slet ikke kan overvurderes. Det er umuligt at forestille sig, hvordan de store landvindinger inden for moderne biokemi, fysiologi, genetik eller molekylærbiologi skulle være op-

<sup>1)</sup> Fysisk Tidsskrift 60, 76 1962 i Niels Bohr, Et Mindeskrift, og Int. J. Appl. Rad. Isotopes 16, 511, 1965.

nået uden de radioaktive isotoper som det vigtigste hjælpemiddel.

Igennem 30 år har Hevesy taget aktivt del i denne fascinerende udvikling. Mellem 1935 og 65 har han skrevet omtrent 200 afhandlinger, hvoraf de fleste indeholder nye og væsentlige bidrag til løsningen af fysiologiske problemer. Desuden har han publiceret flere oversigtsartikler og nogle populærvidenskabelige foredrag. I en kort beskrivelse af hans livsværk kan man ikke i enkeltheder omtale de problemer og arbejdsområder, han har givet sig i kast med. Som nævnt<sup>2)</sup> var påvisningen af organismens dynamiske ligevægt, d.v.s. den stadige fornyelse af organismens bestanddele, Hevesys første betydningsfulde resultat. Allerede i 1940 begyndte Hevesy at interessere sig for nukleinsyreomsætningen, og han fandt, at P-32 mærket DNA kunne påvises, hvor celledelingen i organismen er særlig livlig. Han pegede her på et problem, der 20 år senere skulle blive et af de centrale for mange forskere verden over.

Hevesy blev ikke stående ved de emner, der i begyndelsen havde haft hans særlige interesse, men vedblev at følge med i udviklingen, og i de senere år beskæftigede han sig hovedsagelig med strålebiologi. Hans store viden og hans omfattende kendskab til litteraturen inden for forskellige grene af biologien gjorde ham til en central figur, »the great old man«, på kongresser og møder.

Hevesys vigtigste arbejder er samlet i et 2-bindsværk »Adventures in Radioisotope Research« (Pergamon Press 1962). Afhandlingerne er grupperet efter hovedemner, og han har forsynet dem med kommentarer, hvori han diskuterer den nyeste udvikling inden for de forskellige felter. Bogen indledes med autobiografiske bemærkninger der, foruden en række interessante data, giver et billede af de mest karakteristiske træk af hans personlighed. I begyndelsen af sin videnskabelige løbane gjorde han sig, som nævnt, bemærket som en meget fantasifuld kemiker, og hans indsats på dette område kulminerede med opdagelsen af hafnium. I årene efter 1930 tilregnede Hevesy sig efterhånden en omfattende viden og et stort overblik over biologiske problemer; hans fænomenale hukom-

<sup>2)</sup> loc. cit. samt Nucl. Physics, A 98, 1, 1967.

melse var ham her til megen nytte. Han havde udpræget flair for det væsentlige, og skriver selv, at han ofte ikke kunne gøre rede for, hvorfor han valgte den ene fremgangsmåde frem for den anden, for senere at opdage, at han havde valgt den eneste mulige.

Som eksperimentator var Hevesy derimod ikke altid heldig. Han kunne planlægge forsøgene i alle enkeltheder, og vidste nøjagtigt, hvordan de skulle gribes an, men i det praktiske laboratoriarbejde var han tit alt for overilet og fummelfingret. Det hændte ikke sjældent, at han kom til skade, og så så vi ham løbe i stormskridt til Rigshospitalets skadestue. Da han engang var særlig forpint af en forbrænding, mente hans sekretær, at han burde gå hjem og hvile sig, men Hevesy svarede lakonisk: »Tror De, at det gør mindre ondt, hvis jeg går hjem?«

Hevesy var altid meget høflig og imødekommende, han gav aldrig ordrer, men bag den høflige form kunne man spore de store forventninger, han stillede til sine medarbejders arbejdsindsats og Kooperation. Hevesy var besat af sin videnskab og altid så optaget af sit arbejde, at han glemte hverdagens øvrige krav. Han kunne derfor virke distræt, og glemte ikke sjældent nogle af sine mange aftaler. Det skete også, at han ikke var hjemme, når de gæster kom, som han selv havde inviteret — sommetider uden at underrette sin frue herom. Det var i en sådan situation, at han en dag fik meget travlt med at styrte hjem. Ilende ned ad institutets stejle køkkentrappe mødte han en af sine assistenter og råbte i forbifarten: »De har det godt, hr. Hahn, De har Deres kaniner, jeg skal hjem til min familie«, — en udtalelse, der i mange år var medarbejdernes yndlings-citat.

Hevesy hilste altid meget venligt på sine venner og bekendte, og spurgte til deres befindende med en vending, der indbefattede både spørgsmål og svar. Han sagde: »Har De det godt, ja!?« og ventede i grunden ikke en nærmere uddybelse af denne sag, der kun ville have distraheret ham fra det, han straks efter ville føre samtalen ind på. Hans arbejdskapacitet var enorm, og da han led af søvnløshed, fortsatte han dagens gerning til langt ud på natten. Han kunne overkomme det utrolige. Den bedste ferie for ham var at kunne sidde i haven eller ved skrive-

bordet i Tisvilde aldeles uforstyrret, fordybet i sit arbejde. Han gik derfor ud fra, at alle rigtige videnskabsmænd måtte føle som han. En af hans yngre medarbejdere i de første år, den alt for tidligt afdøde cand. mag. O. Rebbe, var blevet gift i løbet af efteråret, og da juleferien nærmede sig — hen på eftermiddagen den 24. december — overrakte han hr. Rebbe en bunke forsøgsprotokoller med den bemærkning: »Hr. Rebbe, dersom om De skulle kede Dem i Deres juleferie, kunne De måske regne lidt på disse resultater.«

Da mulighederne for at udføre dyreforsøg på Bohrs institut var yderst begrænsede, søgte Hevesy kontakt med andre forskere, der havde både den specielle viden og de laboratoriefaciliteter, han behøvede. Hevesys ide-rigdom var nærmest ubegrænset, og hans iver for at udnytte indikatormetodens mangfoldige anvendelsesmuligheder næsten lige så stor; der fandtes ikke mange institutter i Stor-København, hvor Hevesy ikke havde forsøg i gang. Han undervurderede dog tit den arbejdsbyrde, han derved pålagde sine kolleger. Niels Bohr og August Krogh var de første, der helt erkendte indikator-metodens store betydning og støttede Hevesy igennem mange år. Også professorerne O. Chievitz, K. Linderstrøm-Lang og E. Lundsgaard, I. Holst og E. Warburg samarbejdede med ham næsten fra starten. Den mængde P-32, der kunne fremstilles i København, dels ved hjælp af radon- eller radium-beryllium kilderne, og senere ved hjælp af cyklotronen, kunne ikke dække Hevesys behov. Men E. Lawrence sendte ham kraftige P-32 præparater fra Berkeley i luftpostbreve.

Den gang tænkte man ikke så meget på at tage sig i agt for strålingen. Mange af de forsøg, vi udførte med kilderne i Bohr-institutets »brønd«<sup>\*)</sup>, ville nutildags blive anset for risikable, men ingen af de implicerede har lidt overlast. På Carlsberg Laboratoriet i Valby havde Hevesy aftalt nogle forsøg med bestråling af plantekim, hvortil han skulle bruge en af institutets radiumkilder. Det fortælles, at kilden, der sad på en ca. 70 cm lang stang, blev pakket i papir, og pakken anbragt på sporvognens bagperron, medens Hevesy selv tog plads i vog-

<sup>\*)</sup> Den omtalte brønd i institutets kælder var 6 m dyb og 2 m i diameter; den var oprindeligt indrettet til spektroskopiske arbejder.



nen og holdt øje med den kostbare pakke under hele turen fra Trianglen til Valby Bakke.

Hevesy rejste meget, ikke blot i Europa, men i USA, Asien og Afrika. Han havde mange nære venner blandt verdens førende videnskabsmænd. Også over for yngre kolleger og elever viste han sig som en trofast ven og rådgiver. Han var altid villig til at hjælpe, f. eks. ved at give en anbefaling, hvor han mente, den ville gavne, eller ved at diskutere videnskabelige problemer med en kollega, som syntes, at han var kørt fast. Selv om Hevesy virkede reserveret, og sjældent viste, at han var engageret i andres personlige problemer, opretholdt han gennem en stor korrespondance forbindelsen med kolleger og venner. De fleste breve besvarede han omgående i hånden og kastede dem derefter i papirkurven. Undtaget var brevene fra de berømte blandt hans venner, thi Hevesy havde sans for den betydning, disse dokumenter ville få, når historikerne engang skulle skrive beretningen om det 20de århundredes videnskab. Han har selv givet mange historisk værdifulde oplysninger i sine autobiografiske bemærkninger og i forskellige artikler om sine samtidige, ligesom de kommentarer han mange år senere skrev om sine tidlige afhandlinger ofte sætter begivenhederne og udviklingen i det rette perspektiv.

I de første år af besættelsestiden fortsatte Hevesy sit arbejde tilsyneladende uforstyrret, men i efteråret 1943, efter at Bohr og mange andre havde måttet forlade Danmark, dukkede også Hevesy op i Sverige. Han havde allerede i en årrække haft et nært samarbejde med professor v. Euler om nukleinsyreomsætningen efter røntgenbestråling og blev derfor efter sin ankomst til Stockholm hurtigt installeret på v. Eulers institut, hvor han fortsatte med sin videnskab uden at være mærkbart påvirket af tidens sorger og spændinger. Det vakte stor glæde i videnskabelige kredse både inden og uden for Skandinavien, da Hevesy i 1944 fik Nobelprisen i kemi for 1943. Med prisen følger en invitation til at blive svensk statsborger, og Hevesy benyttede sig af dette tilbud. I årene efter krigen boede han i Stockholm, men han kom ofte på besøg til Danmark, selvom hans tidligere medarbejdere efterhånden flyttede fra Bohrs institut til de biologiske laboratorier, hvor deres arbejde hørte hjemme.

Foruden Nobelprisen fik Hevesy »Atoms for Peace Award« i USA, og mange andre udmærkelser og æresbevisninger er blevet ham tildelt. Han var medlem af videnskabelige selskaber og akademier verden over. At han blev valgt til medlem af »The Royal Society« og fik Copley medaljen, betragtede han selv som de største anerkendelser, og det var dem, der glædede ham mest.

Hevesy var både afholdt og respekteret, fordi hans personlige venlighed og hjælpsomhed aldrig svigtede. Han var en krævende lærer, som har haft stor indflydelse på en hel generation af videnskabsmænd, men hans krav var aldrig urimelige. Hans overblik var så stort, at han ikke behøvede at hænge sig i bagateller, — hverken videnskabeligt eller menneskeligt. Hevesys andel i atomalderens fantastiske udvikling må uden forbehold kaldes positiv og konstruktiv, idet den har været og vedblivende vil vise sig at være til menneskehedens gavn.

#### LITTERATURLISTE

Nedenstående er et uddrag af en komplet bibliografi, der er trykt sammen med forfatterens artikel om George de Hevesy i *Nuclear Physics*, vol. A 98, pp. 1-24, 1967.

- 1) Über die schmelzelektrolytische Abscheidung der Alkalimetalle aus Ätzalkalien und die Löslichkeit dieser Metalle in der Schmelze. Dissertation (Freiburg, 1908)
- 2) — und Fritz Paneth, RaD als »Indikator« des Bleis. *Z. anorg. Chem.* 82 (1913) 322
- 3) J. N. Brønsted and —, The separation of the isotopes of chlorine. *Nature* 107 (1921) 619
- 4) J. N. Brønsted und —, Über die Trennung der Isotopen des Quecksilbers. *Z. phys. Chem.* 99 (1921) 189
- 5) J. Gróh und —, Die Selbstdiffusionsgeschwindigkeit in festem Blei, *Annl. Phys.* 65 (1921) 216
- 6) D. Coster and —, On the missing element of atomic number 72. *Nature* 111 (1923) 79
- 7) Über die Auffindung des Hafniums und den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse von diesem Element. *Ber. Dt. Chem. Ges.* 56 (1923) 1503; *Chemiker-Ztg.* 47 (1923) 345
- 8) — und V. Thal Jantzen, Über den Hafniumgehalt einiger historischer Zirkonpräparate. *Naturw.* 12 (1924) 729
- 9) Christiansen, J.-A., — and S. Lomholt, Recherches, par une méthode radiochimique, sur la circulation du bismuth dans l'organisme. *C. R.* 178 (1924) 1324
- 10) Christiansen, J.-A., — and Sv. Lomholt, Recherches, par une méthode radiochimique, sur la circulation du plomb dans l'organisme. *C. R.* 179 (1924) 291
- 11) Die seltenen Erden vom Standpunkte des Atombaus. (Bd. 5: Struktur der Materie; Springer, Berlin 1927)

- 12) Chemical analysis by X-rays and its application. The George Fisher Baker-Non-President Lectureship in Chemistry at Cornell University. (McGraw-Hill Book Comp., Inc., New York 1932)
- 13) — und E. Alexander, Praktikum der chemischen Analyse mit Röntgenstrahlen (Akad. Verlags-Ges., Leipzig 1933)
- 14) O. Chievitz and —, Radioactive indicators in the study of phosphorus metabolism in rats. *Nature* 136 (1935) 754
- 15) — and Hilde Levi, The action of neutrons on the rare earth elements. *Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk.* 14 (1936) No. 5
- 16) — and H. Levi, Artificial activity of hafnium and some other elements. *Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk.* 15 (1938) No. 11
- 17) L. Hahn and —, Turnover rate of nucleic acid. *Nature* 145 (1940) 549
- 18) L. Hahn and —, A method of blood volume determination. *Acta Physiol. Scand.* 1, fasc. 1 (1940) 3
- 19) Historical sketch of the biological application of tracer elements. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 13 (1949) 129
- 20) Radioactive tracers in radiobiological studies. (36th Silvanus Thompson Memorial Lecture) *Brit. J. Radiol.* 29 (1956) 465
- 21) Marie Curie and her contemporaries. (The Becquerel-Curie Memorial Lecture: Eighth Annual Meeting, The Society of Nuclear Medicine, Pittsburgh 1961). *J. Nuclear Med.* 2 (1961) 169
- 22) The historical background of some applications of isotopic tracers in analytical chemistry. In »Radiochemical Methods of Analysis« 1 (1965) 3 (Intern. Atomic Energy Agency, Vienna)