



Hans Weinberger

är teknisk fysiker och docent i teknik- och vetenskaphistoria. Han är institutt- leder (prefekt) för institutionen för naturvetenskap vid Universitetet i Agder, Kristiansand, Norge. Tidigare var han museidirektör för Norsk Teknisk Museum i Oslo, 2006-2018. Han har forskat om svensk forskningspolitik, europeisk integration och svensk säkerhetspolitik under det kalla kriget, och varit verksam vid KTH i Stockholm.

Vem var Rolf Sievert, mannen som gav upphov till enheten för stråldos? Hans Weinberger beskriver här en vetenskapsman med många strängar på sin lyra, som haft stort inflytande på det institutionella planet och som gick i bräschen inom forskning om strålning – såväl när det gäller hur man bör mäta och skydda sig från denna, som hur den kan användas för medicinska ändamål.

Bilden: Heidy Saldaña Moreras och Filippo Schiavo studerar här BG-kammaren, en av Sieverts uppfinningar.

Se vidare på sid 145.

Rolf Sievert: en mångfacetterad strålskyddspionjär

Som historiker kan man ibland få intrycket av att saker och ting går i vågor, i den bemärkelse att olika områden är högaktuella, sedan sjunker i bakgrunden, för att så plötsligt bli mycket aktuella igen och det över ganska så långa tidsintervall.

Atomkraften, om man kan få använda ett sådant lite gammeldags begrepp, är tydligen ett sådant område. Både den fredliga och den militära användningen av atomkraften har blivit högaktuella igen. I och med Rysslands invasion av Ukraina har ett otänkbart kärnvapenkrig aktualiserats, inte minst i Ryssland självt, men också hos många andra länder. Allmänheten har blivit påmind om den potential som finns kvar sedan det kalla kriget slutade. Ängsliga har inhandlat jodtabletter på apoteken och läst på hur de skall användas ifall katastrofen inträffar. Damoklessvärdet hänger över oss — igen.

På samma gång har den fredliga användningen av atomkraften, kärnkraften, aktualiserats i den allt mera galopperande klimatkrisen. Fokus har förstås varit på förnybar energi, men diskussionen om ny kärnkraft, eller alternativet att fördröja redan bestämd utfasning, har tagit fart, även i länder som tidigare inte haft kärnkraft. Kärnkraften är i princip en koldioxidfri energikälla. Den har väl belysta, stora problematiska sidor, men för en del framstår den trots allt som ett av de mera rationella alternativen, givet den tidsram och de möjligheter vi har.

Att ting går i vågor även på det personliga planet är kanske mindre överraskande. För min egen del skrev jag för länge sedan en bok om Rolf Sievert, en biografi över fysikerns professionella liv med en tyngdpunkt på hans vetenskapliga och organisatoriska gärning. Den publicerades 1990 och sedan dess har jag ägnat

tiden åt annat. Tiden som förflutit sedan dess har möjligen hjälpt mig att hitta nya perspektiv på hans gärning, nu när det förflutit över 30 år.

Få vet vem Rolf Sievert var, men nästan alla nickar igenkännande om man säger mikrosievert eller millisievert. Blir man en SI-enhet blir man i princip odödliggjord, men kanske på bekostnad av att personen man en gång varit försvinner i bakgrunden. Googlar man Sievert är det enheten som beskrivs, stråldosekviva-



Figur 1: *Rolf Maximilian Sievert*

lenten eller effektiv dos, och den mäts i joule per kg, samma enhet som gray. En gray är hur mycket strålningsenergi som upptas av huden, medan (förenklat) en sievert är måttet på hur stor biologisk verkan som strålningsenergin har. En sievert räknas ut genom att multiplicera stråldosen, mätt i gray, med en viktningsfaktor som är avhängig av stråltyp, och sedan viktas bidragen från bestrålade organ samman med avseende på dess strålkänslighet (se kommande faktaruta).

Ungdomsåren

Vem var då Rolf Sievert, som gett namn till en SI-enhet? Han föddes 1896 och dog 1966, och blev alltså 70 år gammal. Han var son till Max Sievert, som invandrat till Sverige från Tyskland, och Sofia Carolina Panchéon från Härnösand. Max Sievert var företagare, entreprenör och industrialist inom maskinbranschen, senare elektronikbranschen. Till en början importerade han maskiner, lagermetaller, kondensatorer och pressade bakelitdetaljer för telefon och radio. En stor kund var L M Ericsson. Efterhand, och efter samtal med Ericsson, startade Sievert tillverkning i Sverige av tråd. Max Sieverts företag fick så småningom namnet Sieverts kabelverk, och kunderna var L M Ericsson och lite senare också Telegrafverket. Även Max Sieverts två bröder, Ernst och Georg, kom efterhand till Sverige och blev del av affärsverksamheten.

Rolf Sievert var tillsammans med sin syster Lisa alltså barn av välstående föräldrar och tillbringade sina somrar på familjens Herrgård Höstsol (numera Sästaholm) vid Vallentunasjön i Täby kommun. Efter Max Sieverts död 1913 såldes gården till Svenska



Figur 2: Såstaholm, familjen Sieverts herrgård vid Vallentunasjön
(foto: Michael Lindblom)

teaterförbundet och är numera en hotell- och konferensverksamhet. Resten av året bodde familjen på Riddargatan 45. Om Rolf Sieverts barndom är relativt litet känt.

Tanken var nog att Rolf skulle följa i sin fars fotspår. Så blev det inte. När Max Sievert dog 1913 blev Rolf arvtagare till en stor förmögenhet som gjorde honom, som det heter, ekonomiskt oberoende resten av livet. Rolf Sievert var då 17 år gammal. Ett år senare tog han studentexamen och påbörjade läkarstudier vid Karolinska institutet, men slutade snart och sökte sig i stället till Kungliga Tekniska Högskolans elektrotekniklinje. Han var dock tvungen att genomgå fyllnadsprövning på grund av dåliga betyg. Även här slutade Sievert snart eftersom han tyckte studietempot var för högt. Någon gång mellan 1915 och 1917 skrevs han i stället in på Uppsala universitet och tog en filosofie kandidatexamen i astronomi, meteorologi, matematik och mekanik 1919, för att sedan skrivas in för studier för en filosofie licentiatexamen i fysik vid Stockholms högskola (numera Stockholms universitet).

Redan här kan man möjligen spekulera kring det som kom att bli Sieverts livsbana, en slags förening eller gränsgång mellan medicin och fysik. Uppenbarligen var han intresserad av båda områdena. Han fick sin examen 1924 från Stockholms högskola. Då hade han redan sedan fyra år inlett ett samarbete med Gösta Forssell och Radiumhemmet. Vid sin återkomst till Stockholm skall han också ha haft ett eget privat laboratorium, men det är oklart vad det innehöll och vad han gjorde där. Möjligen arbetade han med radioaktiva material.

Vetenskapsmannen Rolf Sievert

Men låt oss zooma ut en aning och anlägga lite större perspektiv på Sievert.

Det finns flera sätt att betrakta Rolf Sievert på. Ett är att se honom som ett typexempel på fysikens allt mera dominerade ställning under 1900-talet som vetenskapen *par excellence* — modellvetenskapen — särskilt efter andra världskriget, när fysikerna handfast genom atombomben illustrerat fysikens betydelse, politiskt, militärt och ekonomiskt. Den positionen hade fysiken inte innan kriget, men det är uppenbart att Sieverts gärning påverkades markant av denna förändring som inträffade efter andra världskriget. Hans verksamhet gick från det vetenskapliga och kliniska till att mera fokusera på organisatoriska frågor, eller om man så vill, fysikens samhällseliga roll och betydelse. Sieverts professionella liv kan därmed kanske sägas utgöra en spegel av fysikens utveckling under samma period.

Positionen som modellvetenskap har fysiken i allt väsentligt förlorat idag, skulle jag vilja påstå. Inte så att fysik eller fysisk kunskap har blivit mindre viktigt, men i det allmänna medvetandet och även inom vetenskapen har fysiken förlorat mycket av sin roll som mönsterdisciplin.

Man kan också se på Rolf Sievert som ett exempel på tvärvetenskapens potential och styrka. Fysikern Rolf Sievert kom att röra sig över traditionella disciplinränsar och samverkade med forskare i medicin och biologi. Sieverts livsgärning blev därmed en manifestation på tvärvetenskapens betydelse, om man så vill. Hur medvetet Sievert resonerade kring den tvärvetenskapliga karaktären på sitt arbete är svårt att fastslå. Som ung fysiker var Sievert verksam som assistent vid Vetenskapsakademiens Nobelinstitut och arbetade med röntgenabsorption. Samtidigt hade Gösta Forsell, professor och överläkare vid Radiumhemmet, börjat leta efter en fysiker som kunde hjälpa till med exaktare stråldosberäkningar. Genom en kontakt blev Sievert 1920 uppmärksam på behovet och började intressera sig för medicinsk radiologi. Så som det verkar kanske det mer var en slump att det blev just det området. Kanske var det tvärvetenskapen som letade upp Sievert snarare än tvärtom. Men när intresset först var väckt blev det till en livsgärning. Och man kanske inte heller skall överdriva den transformation Sievert genomförde rent ämnesmässigt; han hade ju trots allt redan börjat studera röntgenabsorption på Nobelinstitutet.

Ekivalent och effektiv dos

Den biologiska effekten varierar med strålkvaliteten, dvs. typen av strålning. Inom strålskydd är det därför nödvändigt att ta hänsyn till stråltyp för att bedöma risker i olika sammanhang, inte minst inom persondosimetri. Med viktningsfaktorer för stråltyp beräknas ekvivalenta dosen H_T absorberad i en vävnad T som:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R} \quad [\text{Sv}] \quad .$$

$D_{T,R}$ är absorberade dosen i vävnadstyp T för stråltyp R och w_R viktningsfaktorn för stråltyp R. För fotoner och elektroner är $w_R = 1$, för protoner $w_R = 2$, och för alfapartiklar $w_R = 20$. Att olika vävnader och organ därtill har olika strålkänslighet tas vidare hänsyn till när effektiva dosen E beräknas genom att vikta samman den ekvivalenta dosen för exponerade organ enligt respektive organs känslighet w_T :

$$E = \sum_T w_T H_T \quad [\text{Sv}] \quad .$$

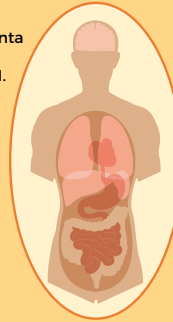
Enheten för effektiv dos är även den Sv, men till skillnad från ekvivalenta dosen är den effektiva dosen alltid att betrakta som ett helkroppsmått för risken för stokastiska effekter som cancerinduktion.

När hela kroppen bestråls jämnt med **1 mCy** gammastrålning blir den ekvivalenta dosen till varje organ 1 mSv, eftersom viktningsfaktorn för gammastrålning är 1.

Den effektiva dosen E blir vidare 1 mSv, eftersom summan av viktningsfaktorerna för alla organ är 1:

$$\begin{aligned} E &= 0,12 \times 1 \text{ mSv (benmärg)} \\ &+ 0,12 \times 1 \text{ mSv (lungor)} \\ &+ 0,12 \times 1 \text{ mSv (tjocktarm)} \\ &\quad \vdots \\ &+ 0,01 \times 1 \text{ mSv (hud)} \end{aligned}$$

= 1 mSv



När ex. enbart huvudet bestråls med **1 mCy** gammastrålning blir den ekvivalenta dosen till varje organ 1 mSv, eftersom viktningsfaktorn för gammastrålning är 1.

Den effektiva dosen E blir vidare:

$$\begin{aligned} E &= 0,01 \times 1 \text{ mSv (hjärnan)} \\ &+ 0,01 \times 1 \text{ mSv (spottkörtlar)} \\ &+ 0,04 \times 1 \text{ mSv (sköldkörteln)} \\ &+ 0,12 \times 1 \text{ mSv} \times 0,09 \text{ (9\% av benmärgen)} \\ &+ 0,01 \times 1 \text{ mSv} \times 0,14 \text{ (14\% av huden)} \end{aligned}$$

= 0,07 mSv



Resultatet blev oavsett att en utbildad fysiker kom in på ett område som tidigare använt sig av strålning och som nu kunde dra nytta av fysikerns kunskaper, framför allt när det gällde att kvantifiera och standardisera strålningen.

Man kan därför också se Rolf Sievert som ett klassiskt exempel på det som alltid varit den svenska fysikens kanske främsta karaktärsdrag — den empiriska, kvantifierande fysiken. Det var att mäta, och att mäta exakt och förutsägbart, som utgjorde ett viktigt, kanske det viktigaste, stråket i hans vetenskapliga och professionella gärning. Därmed blir Sievert en exponent för ett mera generellt karaktärsdrag inom vetenskapens samhällliga roll. Idéhistorikern Gunnar Eriksson har beskrivit hur vetenskapen kom in i den svenska industrin, och det betydligt tidigare än Sievert i den medicinska radiologin. Det var framför allt industrins behov av kvantifiering och standardisering som var porten för de allra flesta vetenskapare in i långsamt framväxande industriella laboratorier, snarare än behov av vetenskapliga upptäckter för att få fram nya produkter eller innovationer. Att väga och mäta, att ha kontroll på det man gjorde, var industrins huvudbehov, åtminstone initialt. Och precis som vetenskaparna i industrin, fick denna ingång sedan en större och kreativare karaktär, efterhand som tiden gick. Parallellen till industrin skall inte överdrivas, även om den absolut kan dras.

Inte heller skall den empiriska karaktären av fysiken överdrivas när det gäller Sievert. En av hans tongivande lärare i Uppsala var Carl Wilhelm Oseen, en tidig förespråkare för den teoretiska fysikens betydelse (och grundare av Svenska Fysikersamfundet). En av Oseens stora intressen var partiella differentialekvationer och redan 1919 anordnade han en sommarkurs i Einsteins relativitetsteori (se artiklar i Kosmos 2021).

Radiumhemmet

Sievert kom in i en klinisk daglig verksamhet som hade många ytterst praktiska problem att ta itu med, som att utveckla precisare doseringsmetoder för behandling, fastställa olika radiumpreparats strålningsmässiga variationer, och samtidigt försöka få en bättre bild av den strålningsmiljö som personalen arbetade i. Den egentliga radiofysiska verksamheten inleddes 1924 på Radiumhemmet och det inrättades ett fysikaliskt laboratorium på Fjällgatan, där Radiumhemmet hade lokaler.

Arbetet på det fysikaliska laboratoriet följde huvudsakligen tre utvecklingslinjer i perioden fram till andra världskrigets utbrott. Den första utvecklingslinjen var arbetet med att fastställa metoder för strålbehandling med röntgenapparater och radiumpreparat. Dokumentation av alla vid Radiumhemmet förekommande röntgenapparater och radiumpreparat var huvuduppgiften. Den andra utvecklingslinjen var att få bättre teoretisk kunskap om strålningens kvantitativa natur för att utveckla bättre mätinstrument, samt att bättre förstå strålningens biologiska verkan. Den tredje utvecklingslinjen påminde om den första men var externt fokuserad, alltså att vid landets sjukhus och privatklinikerna få samma standard vad gällde strålbehandling och strålsäkerhet.

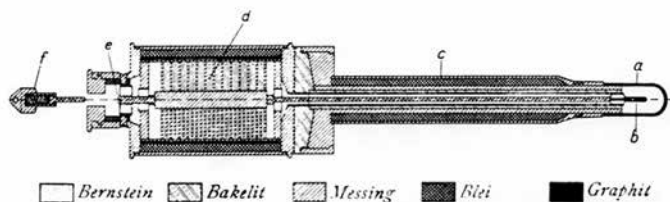


Figur 3: Sievert i sitt arbetsrum på Radiumhemmet 1925

Det råder inget tvivel om att det var inom den andra linjen — teoretisk kunskap och därmed utvecklingen av bättre mätinstrument — som Sievert gjorde sin största och viktigaste insats, åtminstone ur ett vetenskapligt perspektiv. Redan 1921 publicerade Sievert en artikel om gammastrålningens intensitetsfördelning kring radiumpreparat. Arbetet innehöll en tabellerad integral rörande strålfördelningen, som senare vidareutvecklades och inom engelskspråkig litteratur betecknas *Sievert's integral*. I artikeln poängterade Sievert den dubbla osäkerheten som rådde. Vad var egentligen den fysiska dosen? Och hur skulle man få ordning på de motstridiga resultaten av den biologiska verkan av de doser man inte riktigt hade kontroll på?

Ett annat problemområde som Sievert kom att arbeta med var s.k. sekundärstrålning, alltså den strålning som uppkommer som ett resultat av den primära strålningen. När gamma- och betastrålning träffar vävnader träffas förstas atomer, som ändrar de infallande partiklarnas riktning. Vävnader som inte avses att bestrålas träffas därför också av strålning. Sekundärstrålningen är på sitt sätt svårare att kvantitativt bestämma än primärstrålningen, eftersom det handlar om vävnader som avger sekundär strålning och det sker i kroppen, hos patienter. Det går att teoretiskt hantera problemet till en grad, men kvantitativa mätmetoder är till god hjälp.

Under 1926 formulerade Sievert principerna för det som kallades kondensatorkammarmetoden. Mätmetoden skulle bestå av en detektor frikopplad från avläsningsinstrumentet. Detektorn skulle vara opåverkad av rörelser och skakningar, mätområdet skulle omfatta alla inom terapin förekommande stråldoser och metoden skulle kunna användas både vid ytliga doser och djupdosor. Den kondensatorkammare som Sievert utvecklade — konstruerade — var principiellt enkel. En kondensator med gasvolym uppladdas till en känd potentialskillnad. Strålningen joniserar den inestängda gasen och kondensatorn urladdas proportionellt mot stråldosen. Med kännedom om tiden för bestrålningen och urladdningen kan intensiteten i stråldosen bestämmas. Han publicerade en artikel med titeln: ”en enkel, tillförlitlig anordning för djupdosmätning” 1926. Han konstaterade själv några år senare att metoden förvisso var enkel, men långt ifrån tillförlitlig. Ett stort problem var att jonisationskammarens kapacitet var begränsad, och att kammaren vid mätning vid många tillfällen var helt urladdad.



Figur 4: Bg-kammaren — stråldetektorn som Sievert uppfann och utvecklade.

Detta problemkomplex resulterade i ett intensivt utvecklingsarbete med flera olika typer och design av jonisationskammare, där Sievert, i tätt samarbete med tekniker, arbetade för att utveck-

la flera olika detektorer, avsedda för olika mättillfällen. Metoden introducerades snart i den dagliga rutinen vid Radiumhemmet. Kamrarnas blygsamma dimensioner gjorde att de kunde fästas på olika kroppsdelar och i kroppskaviteter. Resultatet var att man kunde kontrollera strålningen betydligt bättre. År 1932 redovisade Sievert metoden i sin doktorsavhandling. Sieverts kondensatorkammare fick snart också spridning utomlands, då under beteckning ”Bg-kammaren” där B och g stod för isolatormaterialen, bärnsten och grafit, eller ”*Sievert chambers*”.

Strålningens biologiska verkan

Men vad hade strålningen för biologisk verkan? På många sätt visade sig svaret på denna till synes enkla fråga vara mycket komplicerad. I efterhand kanske det inte är så märkligt. På 1930-talet var kunskapen om celler och cellens uppbyggnad på många sätt rudimentär, även om man intresserat sig för cellens egenskaper ända sedan 1600-talet och på 1800-talet lanserat en cellteori, eller celldoktrin. Denna sa att alla organismer var sammansatta av enheter som kallades celler. Den engelska vetenskapsmannen Robert Hooke kunde med hjälp av mikroskop observera celler i kork, en struktur som påminde honom om otaliga små rum, omgiven av en fast och upprepad struktur. De påminde honom om munkceller i ett kloster — därav namnet cell. Men vad detta egentligen betydde förblev oklart. Vad bestod strukturen av? Vad var hålrummen för något?

Vid sekelskiftet till 1900-talet lanserades en membranteori om lipidplasma, men den kunde inte förklara hur vatten och andra ämnen kunde tränga igenom ett sådant membran. Det var först på 1940-talet man började närma sig en funktionell beskrivning som kunde stämma. Man kände inte heller till RNA eller DNA på det sätt vi gör idag. Nukleinsyror hade man upptäckt i mitten på 1800-talet men vad deras funktion var förblev långt fram i tiden okänt. Ungefärligen det samma kan sägas om DNA. Ja, själva beteckningarna RNA och DNA är egentligen anakronistiska om vi talar om 1930-talet — de kom långt senare. RNA blev en vedertagen beteckning på 1980-talet. Det var först på 1950-talet som molekylär biologi och cellbiologisk forskning sköt riktig fart. Man visste att strålningen hade biologisk verkan relativt tidigt, det var ju därför man använde det i terapeutiskt syfte, och att den också kunde vara livsfarlig, men vad som hände var högst oklart. År 1927 visade

Hermann Muller att strålningen hade genetisk verkan, något han fick Nobelpriset för 1946.

1929 anställde Sievert en biolog, Arne Forssberg, som assistent för att få hjälp med att förstå strålningens biologiska verkan. Man använde sig av bananflugor eller rättare sagt deras ägg. Genom att bestråla bananflugans ägg under olika lång tid, med olika starka doser, och jämföra äggens utveckling med normalfallet försökte man få grepp om den biologiska verkan. Någon statistiskt säkerställd förändring kunde man inte upptäcka.

Sievert tänkte fysikaliskt när det gällde bestrålning av celler. Om cellen utsattes för strålning föreställde sig han att någon vital substans i cellen påverkades. Cellen skulle då försöka kompensera ändringen som strålningen försakat, precis som ett fysikaliskt system strävar tillbaka till jämviktsläge. Genom att bestråla cellen och studera cellens reaktionstid och det kemiska förloppet i cellen tänkte man sig kunna erhålla en teoretisk beskrivning av förloppet. Sievert och Forssberg utvecklade en beskrivning baserad på differentialekvationer som var lösbara grafiskt och arbetet publicerades 1943. Den biologiska problematiken kvarstod under hela Sieverts levnad och de upprepade försöken under 1940- och 1950-talen fick aldrig någon tillfredsställande lösning.

Idag vet man att strålning kan ha terapeutiska effekter vid behandling av cancer och giftstruma, att den kan ha skadlig verkan genom direkta effekter där celler dör eller slutar fungera och indirekta (stokastiska) effekter, som resulterar i cancer eller mutationer, som i det senare fallet kan vara ärftliga.

Andra världskriget

När jag går tillbaka till det jag skrev för över 30 år sedan inser jag att jag i ungdomlig iver tagit mig för att karaktärisera Sieverts vetenskapliga insats längs med linjen grundforskning, tillämpad forskning och innovations- och konstruktionsarbete, utifrån det jag skrivit ovan. I dag förefaller mig övningen både som illa genomtänkt och förfelad. Till min egen pina kan jag konstatera att jag placerat Sievert någonstans mellan tillämpad vetenskap och innovationsarbete. Med distans till dåtidens slutsats skulle jag vilja ändra mig och mena att kategoriseringen är felaktig. Sievert var verksam inom alla tre fälten, något som väl illustrerar hans mångsidighet och styrka som forskare och konstruktör. Men min ungdomliga konklusion är också felaktig utifrån ett annat perspektiv,

och det är den uppkonstruerade linjäriteten i själva resonemanget, eller själva kategoriseringen. Vad som skall räknas till kategorierna grundforskning, tillämpad forskning eller utvecklingsarbete är långt ifrån självklart, även om många forskningsfinansierande institutioner och policyorgan ägnar sig åt övningen och föreslår definitioner. Teknik- och vetenskapshistorien är fylld av tvärkopplingar mellan kategorierna. De historiska aktörerna själva ägnar sig sällan åt att fundera över dessa kategoriseringar, de är upptagna av att lösa formulerade problem och att förstå, eller att formulera nya frågeställningar utifrån något de anar kan rymma ny kunskap. Så tror jag numera det är klokt att också betrakta Rolf Sievert.

Siverts ämnesmässigt fokuserade vetenskapliga insats kan alltså i någon mån sägas ha haft sin tyngdpunkt under åren före och under andra världskriget. Men det innebär inte på något sätt att hans slutade vara vetenskapligt aktiv, varken ämnesmässigt eller på en mera övergripande, organisatorisk nivå — något som också, som jag ser det, bör räknas som vetenskaplig verksamhet. När andra världskriget bröt ut förhöll sig Sverige neutralt, precis som under första världskriget. Till skillnad från våra skandinaviska grannländer lyckades landet också manövrera sig undan krigets fador, med både tur och skicklighet. Per Albin Hansson hävdade den 27 augusti 1939 att den svenska beredskapen var god. Det hindrade inte att kriget utlöste en hektisk aktivitet att öka beredskapen ytterligare. Den militärtekniska forskningen hade redan existerat i över 10 år när kriget var ett faktum, då man 1928 inrättade en teknisk beredskapskommitté under Ingenjörsvetenskapsakademiens ledning. I samband med krigsutbrottet uppmanade Rikskommisionen för Ekonomisk Försvarsberedskap akademien om att genomföra en inventering av landets resurser avseende fysikaliska och kemiska laboratorier. Denna uppgift tillföll Sievert, även om Sievert inte var ledamot av akademien och inte skulle bli det förrän 1959. Inventeringen gjordes brevlades och alla föreståndare skulle namnge de personer som kunde vara till nytta för vetenskapligt arbete för militära ändamål och därmed kvalificerade för frikallande från militärtjänst.

Denna inventering orsakade en del bry hos de svenska fysikerna. Man var förvisso beredd att ställa sina kunskaper till förfogande för landets försvar, men man var mindre villig att låta detta ske på ett sätt som man uppfattade som en inordning av fysikerna under IVA och det man uppfattade som industriell styrning.

Redan ett par dagar efter krigsutbrottet tog Sievert, tillsammans med Manne Siegbahn vid Nobelinstitutet, initiativ till att bilda en egen försvarsrelaterad organisation, och under hösten bildades Fysikernas beredskapskommitté, där i princip alla landets fysiska institutioner var representerade. Sedan följde en del organisatoriska turer, och under slutet av 1940 och början av 1941 inrättades ett Militärfysiskt institut med en försöksstation vid Grindsjön, söder om Stockholm. Som kanslichef anställdes Torsten Magnusson, sedermera generaldirektör för det 1945 bildade Försvarets forskningsanstalt. Sievert valdes till verkställande ledamot i styrelsen för det militärfysiska institutet.

Här skall inte utredas alla turer kring tillkomsten av Försvarets forskningsanstalt — det räcker med att konstatera att det blev ganska många organisatoriska och byråkratiska svängar, mycket argumenterande och att både Rolf Sievert och Manne Siegbahn efter hand blev allt olyckligare över hur saken utvecklade sig och beslöt sig för sorti. Om deras invändningar ägde rimlighet är i efterhand svårt att bedöma. FOA blev en stor verksamhet med betydelse för det svenska försvaret. Det som kan spåras är olika synsätt på organisation och vetenskapens roll i samhället, eller mellan militär struktur och vetenskaplig frihet. Sievert formulerade i samband med sin sorti ett brev till försvarsministern där han riktade skarp kritik både mot militären och industrin.

Strålskydd

Andra världskriget kom att ändra mycket. Kärnfysiken hade förvandlats från en liten akademisk specialitet till en gigantisk vetenskapsindustri. De första konkreta reaktionerna på de amerikanska atombomberna var att andra länders militärer krävde resurser för att bygga egna. Genom atombomben kom också behovet av kunskap om stora och kortvariga stråldoser att öka lavinartat. Plötsligt var radiofysiken mitt inne i den militära kapprustningen. Samtidigt såg man på den fredliga användningen av atomenergi som en av framtidens viktigaste frågor, och också där, med möjliga framtida kärnkraftverk, fanns behov av strålskyddskunskap.

Sievert fick efter kriget resurser till att bygga en högspänningsanläggning, som just skulle generera korta och kraftiga stråldoser och undersöka deras biologiska verkan. Anläggningen kostade mycket pengar, invigdes under pompa och ståt, men levde aldrig upp till de högt ställda förväntningarna. Detta tog Sievert hårt,



Figur 5: Radiumhemmet i Solna (foto: Emely Kjellson Lindblom).

men inte så hårt att han inte gick i gång med nya projekt efter en stund. Hans största bekymmer var att det blev allt svårare att hitta finansiering till nya idéer.

Sievert engagerade sig också i andra forskningsuppdrag direkt efter kriget, som att mäta mängden naturligt förekommande strålning från kroppen och den geografiskt varierande mängden gammastrålning i landet. Det senare resulterade också i radonforskning, där Bengt Hultqvist blev en pionjär.

Efterhand kom dock Sieverts aktiviteter att gå över till mera organisatoriska frågor gällande resurser till vetenskaplig verksamhet. Han engagerade sig i tillkomsten av Kiruna geofysiska observatorium, där han ledde utredningsarbetet, och som idag är Institutet för rymdfysik och det välkända Esrange.

Sievert kom efter kriget också att engagera sig allt mera i det internationella samarbetet kring strålning och strålskydd. Han blev 1956 ordförande för ICRP (*International Commission on Radiation Protection*) och två år senare för UNSCEAR (*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*). ICRP hade grundats redan 1928, och Sievert hade inte varit helt inaktiv i arbetet där innan, men nu fick han taktpinnen med sitt ordförandeskap. Sieverts dröm var att få till en övergripande, internationell och ekonomiskt oberoende organisation. Av detta blev det



Figur 6: Dosimeter för stråldos i enheten sievert (foto: Roman Harak, CC BY-SA 2.0)

intet, men ICRP:s inflytande var ändå stort i den bemärkelse att man förespråkade låga, accepterade stråldoser när det gällde exponeringen av stora befolkningsgrupper och nationer. Den största osäkerheten rådde när det gällde långtidspåverkan av förhöjd exponering. I grund och botten låg en avvägning mellan risk och nytta, som i strikt mening inte var vetenskaplig, men där vetenskapen kunde bidra med så mycket kunskap den kunde. Generellt var trenden mot allt mindre tillåtna doser.

Denna korta artikel kan inte helt göra Sieverts verksamhet under efterkrigstiden rättvisa. Hans insatser och intressen var alltför vittfamnande. Ett område som kom att präglade samtiden var nedfallet från de atmosfäriska atombombsproven. Han konstruerade redan 1950 apparater för kontinuerlig mätning av gammastrålning i naturen som var utplacerade på olika orter. Efter provsprängningar i juli 1955 steg den genomsnittliga gammastrålningen med 10 procent i södra Sverige och tre år senare med 20 procent. För Sievert och alla som sysslade med strålskydd stod sambandet mellan provsprängningarna, nederbörd/nedfall och förhöjda värden klart.

Verksamheten på hemmaplan var inte helt utan egna problem, även om det internationella engagemanget och de stora, internationella händelserna stod i fokus. Ett sådant problem, eller kanske snarare dilemma, bestod i att Radiofysiska institutionen både var ett forskningsinstitut och en tillsynsmyndighet, och samarbetet med bland annat Radiumhemmet påverkades av en allmän knapphet på resurser.

Missnöjet med tingens ordning gjorde att man i god, svensk statsbyråkratisk anda tillsatte en utredning, som efter långt om länge resulterade i SOU 1956, där både en ny strålskyddslag och en omorganisering av Radiofysiska institutionen föreslogs. Omorganiseringen av Radiofysiska institutionen var ingen radikal affär, men man inrättade det övergripande organet Statens strålskyddsnämnd. Kort berörde man också möjligheten av att skapa en särskild strålskyddsmyndighet, något som dock inte föreslogs i utredningen.

I botten låg dilemmat hur man skulle organisera forskning, sjukhusfysik och tillsyn. Det fanns goda skäl att dela upp verksamheterna, särskilt administrativt och fokuspåhängigt, men det fanns lika goda skäl att ha dem samlade eftersom aktiviteterna genererade nyttig kunskap på tvärs.

Tillsynsverksamheten växte raskt och 1965 beslöt man, med Sievert som pådrivare, att i enlighet med det som utredningen tidigare ventilerat som en möjlighet, inrätta Statens strålskyddsinstitut (SSI). Därtill skapade man också en Radiobiologisk institution och den Radiofysiska institutionen blev mera en sedvanlig universitetsinstitution. Det som alltså startat med ett fem kvm laboratorium på Radiumhemmet hade förvandlats till en ganska omfattande organisatorisk palett.

Sievert, den engagerade vetenskapsmannen

Hur skall man då förstå Rolf Sievert? Många uppfattade nog Sievert som både energisk och dominant. Han var onekligen en framgångsrik vetenskapsman, på många sätt. Det är lätt att hemfalla åt beskrivningar som lutar åt det hagiografiska. Vad man kan konstatera är att Sievert var verksam i en tid då fysiken och vetenskapen hade goda förutsättningar att skaffa sig resurser. Dess framväxt är en del av det stora moderniseringsprojektet, framtidstron var stark, och moderniseringens alla baksidor, såsom masskonsumtion och överutnyttjande av naturresurserna var ännu inte särskilt brännande frågor. Man kan därför också se Rolf Sievert som ett exempel på den starka, offentliga statens framväxt, där myndigheter och organisationer tar en allt större plats i ett allt mera reglerat samhälle.

Strålskydd i sig är ett exempel på en sådan i många avseenden vällyckad institutionalisering av en verksamhet. Strålskydd som aktivitet är idag normerad på ett omfattande sätt i nästan alla län-

der. Strålning och strålskydd är reglerat i lagar och omfattar nästan all strålning. I Sverige definierar strålskyddslagen från 2018 det som inte faller inom ramen för lagens tillämpningsområden, vilket i princip är den naturliga bakgrundsstrålningen, från jordskorpan eller kosmisk strålning — en negativ definition alltså — allt annat faller inom lagens tillämpningsområde, som det heter. Strålning och strålskydd regleras också av kärnkraftslagen och miljölagen. Därtill är en särskild myndighet inordnad, Strålsäkerhetsmyndigheten, med ganska betydande resurser till förfogande. Denna har en rad föreskrifter, som vid hot om straff skall efterföljas, om man arbetar med strålning.

Sieverts liv kan också på ett sätt illustrera den dualistiska egenskapen hos atomkraften, som växer fram efter atombomben, och fysiken i allmänhet. Han var upptagen av strålningens biologiska verkan, av att använda den i terapeutiskt syfte å ena sidan, och att skydda mot dess skadliga inverkan å den andra sidan. Han förespråkade en försiktig linje när det gällde hur mycket strålning man kunde tillåta. Men han var heller inte främmande för att använda fysikalisk kunskap för militära syften för att skydda landet Sverige, vilket hans engagemang i det militärfysiska institutet visar.

Till sist kan man också se Sievert som en anakronism. Han var uppvuxen under speciella förhållanden, med en framgångsrik industrialist som far, och var styrelseordförande eller styrelseledamot i flera av sin fars bolag efter dennes bortgång, ett arv som gjorde Rolf Sievert ekonomiskt oberoende. Det ekonomiska oberoendet gjorde att han vid många tillfällen kunde ta ur egen kassa för att få igång en forskningsaktivitet. Oberoendet gjorde honom på många sätt autonom i den vetenskapliga världen. Men även om han därmed kanske hade en lite större frihet än de flesta vetenskapsmän i sin samtid, var han också, som förhoppningsvis framgår av ovan djupt förankrad i den svenska 1900-talsfysiken.

Det sägs att en av de största hedersbetygelserna som kan vederfaras en vetenskapare är att få en enhet uppkallad efter sig. Enheten för stråldosekvivalenten i SI-systemet fick 1979 namnet sievert. Därmed kommer hans namn att leva vidare som en del av vetenskapen.



Figur 7:
Sievert mot slutet av sin bana.



Vidare läsning

- Lindell, B. (1996). *Pandoras ask: strålningens, radioaktivitetens och strålskyddets historia. Del 1, Tiden före andra världskriget*. Libris .
- Lindell, B. (1999). *Damokles svärd: strålningens, radioaktivitetens och strålskyddets historia. Del 2, 1940-talet*. Libris.
- Lindell, B. (2003). *Herkules storverk: strålningens, radioaktivitetens och strålskyddets historia. Del 3, Åren 1950-1966*. Libris.
- Lindell, B. (2011). *Sisyfos möda: strålningens, radioaktivitetens och strålskyddets historia. Del 4, Åren 1967-1999*. Libris.
- Weinberger, H. (1990). *Sievert: enhet och mångfald — en biografi över den svenska radiofysikens, radiobiologins och strålskyddets grundare, Rolf Sievert*. Swedish Papers in History and Philosophy of Technology.
- Weinberger, H. (1993). *Physics in uniform: the Swedish Institute of Military Physics, 1939-1945*. I S. Lindqvist, M. Hedin & T. Kaiserfeld (Red.), *Center on the periphery* (sid. 141). Science History Publications.



Vinjettbilden på sid 128. Över ett halvsekel efter sin död är Sievert ständigt närvarande i utbildningen av framtidens sjukhusfysiker.

På bilden i bakgrunden står en ung Rolf Sievert längst till vänster.

Porträttet, som visar honom på äldre dagar hänger idag på Radiumhemmet.

