

GORDON FLOTTORP

# AUDIOLOGIENS HISTORIE I NORGE

UTVIKLINGEN AV TEKNISK AUDIOLOGI I NORGE  
MED BAKGRUNN I DEN  
INTERNASJONALE UTVIKLING AV FAGET



GORDON FLOTTORP

# AUDIOLOGIENS HISTORIE I NORGE

UTVIKLINGEN AV TEKNISK AUDIOLOGI I NORGE  
MED BAKGRUNN I DEN  
INTERNASJONALE UTVIKLING AV FAGET



Hefet er trykt hos Offset-Trykk Trondheim

Alle nordmenn med noen kjennskap til audiologi og akustikk vet at professor Johan J. Holtsmark er akustikkens far i Norge. Hans løpebane i faget begynte i Trondheim og fortsatte da han ble professor i fysikk ved Universitetet i Oslo. Det som muligens er ukjent for de fleste er hans meget store innsats i ørets akustikk mens han var professor i Trondheim. Det foreligger på ett år 4, kanskje 5 artikler i Videnskapsakademiet om ørets fysikk. Uhyre interessante artikler som dessverre er ukjente for de fleste. Da Holtsmark kom til Oslo i 1942/43 fortsatte han sin interesse innen ørets akustikk. Det var på den tid blitt kjent og omtalt i Journal of Acoustical Society of America at også i studiet av ørets akustikk måtte man ta hensyn til det som man nå var klar over: at Heisenbergs usikkerhetsrelasjon også gjaldt innenfor akustikken. Dette medførte at Holtsmark forsto det var nødvendig å skaffe nye data om ørets frekvensfølsomhet, idet frekvensfølsomheten uttrykt ved  $\Delta\nu$  måtte ta hensyn til den tid  $\Delta t$  som man anvendte for å bestemme ørets følsomhet for frekvensforandring. Med andre ord:  $\Delta\nu \cdot \Delta t = \text{konstant}$ , dvs. det eksisterer en sammenheng mellom en tones varighet og den frekvensforandring som øret såvidt kan oppfatte som endring i tonehøyde. Dette medførte at gamle data om ørets frekvensfølsomhet ikke var korrekte. De to viktigste vitenskapelige arbeider på feltet, nemlig at V.O Knudsen's (opprinnelig nordmann utvandret til USA) og Shower & Biddulph's hadde syndet imot dette prinsippet. V.O. Knudsen kanskje ikke så tydelig, men hans arbeider hadde benyttet seg av en firkant-måte å forandre frekvensen på, noe som medførte produksjon av en rekke overtoner, et «klikk», og derfor gjorde det noe lettere å identifisere frekvensforandring. Shower & Biddulph hadde unngått denne måten med firkantmodulasjon. De hadde sinusoidal modulasjon og kom dermed i konflikt med usikkerhetsrelasjonen, idet de hadde anvendt en og samme tid for denne modulasjonen i hele frekvensområdet for de anvendte toner. Derfor ble tiden for frekvensforandring

finfluerende på hvordan øret reagerte, da det for basslyd ville få for kort tid til å bestemme selve frekvensen = tonehøyden i henhold til usikkerhetsrelasjonen. Professor Holtsmark utlyste derfor en hovedoppgave med innhold som ble beskrevet som følgende:

«Utarbeidelse av en apparatur og metode til måling av den minste frekvensforandring som øret kan oppfatte.»

Dette var en oppgave som var midt i blinken for meg, som musiker og sanger. Jeg hadde ved siden av mitt realfag-studium studert sang med Theodor Andresen og tidligere pianomusikk med frk. Reimerts i Mandal. Musikk var mitt fag og min viktigste hobby, og det å kunne skjelne mellom tonehøydeforskjeller var midt i blinken for det som angikk musikalitet. Derfor ble dette min hovedoppgave. Jeg fikk utmerket hjelp med apparaturen av lederen for det elektroniske laboratorium som hørte til Fysisk Institutt avdeling A, hvor Holtsmark var professor, sivilingeniør Hysing. Han var åpen for alle mine antydninger om hva som var nødvendig her, og laget en apparatur som kunne måle meget små frekvensforandringer, og som samtidig kunne produsere selve frekvensene og med en kvalitet, som det beste vi hadde av lydkilder, kunne produsere. Og lydgiiverne var høyttalere av Tandbergs produksjon. Vebjørn Tandberg hadde vært assistent i Trondheim under professor Holtsmark og var dermed den best skolerte til å lage de beste lydgiivere på den tiden. Dermed laget jeg en slags hodetelefon bestående av to Tandberg-høyttalere. Vi hadde fått laget en lydisolert og lyddempet hytte, den såkalte «Steinullhytta», hvor forsøkspersonen kunne plasseres og kommunisere med meg som satt ved den apparatur som var nødvendig for å produsere signalene og måle forandringen i tonehøyde, og selvsagt et godt signalsystem fra lytteren, forsøkspersonen i «Steinullhytta».

Resultatet av arbeidet foreligger som en hovedfagsoppgave, samt i to publikasjoner Fra Fysikkens Verden. Dessverre ble ikke resultatene publisert i noe internasjonalt tidsskrift, delvis på grunn av tidspress ved det som fulgte etter denne oppgavens ferdiggjørelse.

Jeg ble etter eksamen knyttet til Fysisk Institutt som vitenskapelig assi-

stent, og den neste hovedfagsoppgave, som forsåvidt var i stil med det jeg hadde utført, ble jeg veileder for: «Ørets følsomhet for intensitetsendring som funksjon av frekvens og intensitetsnivå», altså evnen til å høre lydstyrkeforskjell. Hovedfagstudent ved navn Arnfinn Johansen, aktiv sanger og musiker, utførte denne oppgaven, og med noenlunde den samme teknikk som jeg hadde brukt for frekvensforandringen, nemlig en endring i intensitet som fulgte en sinusfunksjon på samme måte som min metode med frekvensforandring fulgte en sinusfunksjon. En slik endring gir minst mulig energi til andre frekvensområder. Jfr. det som tidligere er sagt om V.O. Knudsens firkantfunksjon for denne endring, som medførte altfor mye distorsjonsprodukter. Dette er matematisk behandlet i min hovedoppgave og i min første artikkel Fra Fysikkens Verden.

Under denne perioden viste det seg at professor Holtmark hadde blitt kjent med og venn av professor Georg von Békésy, den store forsker innen ørets fysikk. I 1961 fikk han Nobelprisen for sitt arbeid. Professor Békésy hadde problemer med å oppholde seg i sitt hjemland Ungarn, hovedstad Budapest, idet han fryktet videre okkupasjon av russerene. Han «flyktet» derfor like etter fredsslutningen i 1945 til Stockholm, hvor han ble godt mottatt og fikk arbeidsplass ved Kungliga Tekniska Høgskolan i Stockholm i det laboratorium som den gang hadde sin begynnende utvikling under 2-3 øre-nesehals leger, og som etter hvert ble et sentrum for audiologisk forskning i Norden. Imidlertid var ikke svenskene hurtige nok i sin ordning med en permanent stilling for von Békésy. Fra USA hadde professor S.S. Stevens og hans kollega Newman fulgt med i hva som skjedde i Europa og med von Békésy. Stevens kom selv til Stockholm og overtalte von Békésy til å komme til Psycho Acoustic Laboratory ved Harvard University. Dette var i den perioden hvor vi hadde aktiviteten ved vårt institutt under Holtmarks ledelse. Før von Békésy reiste til USA var han to ganger på besøk ved Oslo Universitet og samtalte med oss hovedfagstudenter og hadde foredrag i Fysikkforeningen og betød en stor inspirasjonskilde for teknisk audiologi og forøvrig også for tale- og musikkforskningen i Norge.



Det var perioden med diskusjon om det renstemte orgel, med komponisten og organisten Groven som den ledende person. Han ble invitert i Fysikkforeningen og holdt foredrag om dette problem. Samtlige hovedfagstudenter i akustikk var selvsagt meget interessert i disse spørsmål, som ikke minst amanuensis Helmut Ormestad, - en meget dyktig pianist og medlem av Studentersangforeningen, - var sterkt engasjert i. Miljøet ved Fysisk institutt var derfor i denne tiden meget fruktbart for alt som hadde med ørets akustikk og ørets virkemåte å gjøre. Det bør forøvrig nevnes at NRK med nybygget like nedenfor Blindern universitet og med Holtsmark som konsulent for de store, nye lokalene der, blant annet Store Studio, var interessante objekter også for hovedfagstudentenes studier. På den tid var Ormestad knyttet til NRK. Av interesse er det også å nevne at V.O. Knudsen, som tidligere er nevnt under forsøkene mine på å bestemme ørets frekvensfølsomhet for tonehøydeendringer, kom på besøk til Norge og ble hjertelig mottatt av Holtsmark. V.O. Knudsen hadde bemerket seg Holtsmarks vitenskapelige produksjon. Det var en meget interessant omvisning i NRK. Også vi hovedfagstudenter i faget fikk være med. Vi så og lyttet til hvordan den store, - for oss gjennom litteraturen verdsette V.O. Knudsen, - undersøkte de akustiske forhold, bl.a. med håndklapp og andre personlige lyder for å måle etterklangstid og frekvensfordeling i rommet.

Fra denne perioden bør forøvrig nevnes samarbeidet med professor Selmer ved Fonetisk Institutt. På dette tidspunkt var muligheten til en objektiv taleanalyse tilgjengelig takket være et amerikansk instrument: Speech Analyser, som vi fikk anskaffet til Det Audiologiske Institutt. Professor Selmer var engstelig for at dette hjelpemiddel ville bli misbrukt av uerfarne og ukynlige «akustikere» innen hans fag fonetikk. Derfor ønsket han samarbeide, først og fremst med meg, som han kjente fra mine forelesninger på Granhaug for talepedagoger, hvor han også selv foreleste.

Denne del av audiofysikken, taleanalysen, hadde sine to forskere her i Norge (Oslo), nemlig Helmut Ormestad og Martin Kloster-Jensen. Deres arbeider resulterte i to doktorgrader:

*Helmut Ormestad: Høreskarphet og Taletydelighet. Forståeligheten av Norske Språklyder (1955)*

*Martin Kloster-Jensen: Tonemicity (1961)*

Også musikk ble akustisk analysert ved et par hovedarbeider:

*Jacob Arnfinn Knudsen: Apparaturer og metoder til måling av tonehøyder. Noen målinger fra folkemusikkens område (1949).*

*Sivert Bakkeliid: Bygging av apparatur til kontinuerlig og treghetsfri registrering av grunnfrekvensen i melodier. Opptak av melodikurver (1952).*

Både fiolin og renstemt orgel og norsk folkemusikk var i fokus, og fysikkforeningen arrangerte møte med Groven og diskusjon av rentoneprinsippet.

Problemet med støy i industrien var også gjenstand for forskning og for aktuell hjelp til noen av våre større industrier. Holtsmark var meget positiv til dette arbeidet, og jeg ble engasjert av Norsk Hydro til støyanalyse på Herøya og også noe senere på anlegget i Glomsfjord, Nord-Norge. Av kuriositetsgrunn kan nevnes en episode med en av assistentene ved den akustiske avdeling på Fysisk Institutt. Han var med som medhjelper da jeg utførte støymålinger på Eidanger Salpeterfabrikk, Herøya. Spesielt høyt nivå ble målt i en kjelleretasje, hvor det høye lydnivået, sannsynligvis også sammen med en viss klaustrofobiopplevelse, medførte at assistenten var nær ved å besvime og måtte få stillhet og frisk luft for ikke å kollabere fullstendig. Støybekjempelse og bruk av hørselsvern ble positivt vurdert av Norsk Hydro og sjefslegen der, dr. med. Eyvind Thuis-Evensen (Helsevern i Norsk Hydro A/S, 1985 og Hørselskade på grunn av larm. En undersøkelse i Norsk Hydro Eidanger Salpeterfabrikk).

Av pionerene på denne sektor bør nevnes legene Hans Fredrik Fabritius og Sverre Quist-Hanssen og på den tekniske siden forskningssjef Helmer Dahl, Chr. Michelsens Institutt, Bergen og ingeniør Møller, samt førsteamanuensis Wilhelm Løchstøer, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo.

Det Audiologiske institutt var ved å bli en realitet, og professor i øre-



nese-hals faget ved Rikshospitalet, Odd Opheim, tok kontakt med professor Holtsmark, med sikte på å få hjelp til både de akustiske krav som skulle oppfylles i de rom som sto til disposisjon for et slikt institutt og ellers de oppgaver som et slikt institutt burde konsentrere seg om. Holtsmark henviste Opheim til meg. Han sa med en gang klart ifra at mitt engasjement ikke måtte betraktes som noen forpliktelse for instituttet til å ansette meg. Ingeniør Møller hadde vært og var muligens også på det tidspunkt med i bildet som akustisk konsulent.

Selve tilblivelsen av instituttet, ved hjelp av skipsreder Anders Jahre's gave til Universitetet i Oslo er et kapittel for seg. Opheim ansatte to øre-nese-hals spesialister, den ene med avgjørende rolle, Sv. Quist-Hansen. Etter de opplysninger jeg sitter inne med, var nestor blant øre-nese-halslegene, dr.med. Reidar Gording en venn av Anders Jahre og den viktigste «påvirker» for at Anders Jahre skulle dedikere en del av pengegaven til universitetet for et spesielt formål. Nemlig opprettelse av et audiologisk institutt ved universitetet, beliggende på Rikshospitalet. Dr. Gording hørte ikke normalt - av ukjent årsak for meg. Hans hørseltap resulterte i en tragedie på Slemdal stasjon. Han hørte ikke Holmenkolltrikkens signal, og ble påkjørt og drept der. Gordings betydning for opprettelse av Det Audiologiske Institutt må imidlertid ikke gå i glemmeboken.

Et viktig arbeide som fant sted på Fysisk institutt i disse årene mellom 1947 og 50 var min oppdagelse av det jeg kalte en «personlig tone». Hos enkelte forsøkspersoner kunne jeg ved stimulering med en ren tone fremkalle en «egen-tone» hos vedkommende og bestemme frekvensen av egentonen ved hjelp av stimulustones frekvens, idet denne reagerte med egentonen ved «beats» Ved å telle hastigheten av disse «beats» kunne jeg nøyaktig bestemme egentonens frekvens. Det som var besynderlig ved denne egentonen var dens stabilitet. Jeg hadde spesielt to forsøkspersoner som begge var musikalske, og konstaterte gjennom ca. 2 år at denne egenfrekvensen lå fast innenfor nøyaktigheten av metoden, dvs. innenfor (1 Hz. Ved å foregripe begivenhetenes gang kan jeg på dette tidspunkt nevne at arbeidet med egentonen fortsatte i

USA, da jeg, etter å være pålagt av min sjef Holtsmark å søke statsstipendium for opphold ved Psycho-Acoustic Laboratory, Harvard University, hvor professor Stevens var sjef og Békésy var førsteforsker, fortsatte forskningen på «egentonen» i USA. Stevens satte navnet på «egentonen» til «idiotone», og Békésy advarte meg mot å fremme noen hypotese for denne tonen. Min hypotese, som var så fristende, skyldtes et par forskere fra England (Gold, T. and Pumphrey, R.J., 1948) som antydte at det burde være visse frekvenser i øret som kunne stimuleres til egensvingninger på grunn av «for sterk tilbakekobling». Og dette var jo nettopp noe jeg hadde bevist. I min publikasjon i «Fra Musikkens Verden» om disse funn, er en slik teori antydte. Men i publikasjonen som utgikk fra Psycho-Acoustic Laboratory har jeg ikke antydte noen hypotese for idiotonens herkomst. Det var i forbindelse med diskusjonen om en mulig hypotese at Békésy med stort alvor sa: «Flottorp, don't make theories, theories last for 20-25 years, good measurements last forever. Therefore make good measurements».

Da den britiske forsker V. Kemp innkalte (1979) til et symposium i London om produksjon av toner i det indre øre, ble jeg invitert for å holde et innlegg om mine påviste idiotoner. Det er i denne forbindelse interessant å opplyse at Grason Stadler Company ikke har villet betale avgift til Kemp for apparatur bygget til påvisning og måling av disse «otoakustiske emisjoner», som det heter. For, som firmaet sier, Flottorp påviste dette for mange år siden. Grason selv var med og diskuterte disse funn. Rufus Grason var nemlig, da jeg kom til Harvard og hele tiden mens jeg arbeidet ved Psycho-Acoustic Laboratory, sjef på Elektronikklaboratoriet. Han deltok i diskusjonene omkring mine funn, som resulterte i publikasjonen om The idiophonic effect i Acta Oto-Laryngologica 1953 (396-415). Her er det på sin plass å nevne at en av forsøkspersonene fra Oslo, nemlig ingeniør Bjarne Aarseth, kom til MIT (Massachusetts Institute of Technology) som stipendiat fra Norge, ble nabo i samme hus som vi leide, og gjorde tjeneste som forsøksperson ved laboratoriet hvor jeg arbeidet. Hans idiotone hadde ikke endret frekvens og ble nøye kartlagt. Dermed var hele laboratoriet involvert i diskusjonene om denne spe-

sielle effekt, og Rufus Grason var en meget våken og dyktig ingeniør, som selvsagt deltok i drøftelser og i spørsmål om apparatur til videre forskning om også dette fenomen.

Tilbake til Fysisk institutt og tiden før 1950. Jeg var sterkt engasjert i alt som hadde med ørets fysikk å gjøre og forskjellige former for lydopplevelser. Derfor var arbeidet til S.S. Stevens om The Electrophonic Effect av interesse for meg. Denne forskning var publisert i J.A.S.A. (Journal of Acoustical Society of America). Sammenholdt med visse andre erfaringer førte Stevens' publikasjoner til at jeg gjorde forsøk med elektrisk stimulering av øret. Ved siden av å anvende metoden med saltvann i øregangen, som var Stevens' vanlige metode, prøvde jeg på mastoidbenet med en elektrode av messing som varierte i form: Noen cylindrisk formet med varierende diamter, andre runde som en ball med ulike diametre. Mer eller mindre tilfeldig, begynte jeg å gni denne elektroden mot huden og opplevde at dette medførte en lydopplevelse. Og denne lydopplevelsen svarte i tonehøyde til den frekvens som jeg anvendte i den elektriske kilden, en av våre tonegeneratorer fra Philips. Dette var forskjellig fra Stevens' arbeider, hvor det var annenharmoniske, altså stimulusfrekvensen  $\times 2$ , som ble hørt. Dette fenomenet fortsatte jeg derfor å forske på.

Min opprinnelige tanke med mitt studium som realist var å bli lektor i min fødeby Mandal. Jeg søkte også en avertert lektorstilling og fikk denne. Det viste seg imidlertid at den lektor som hadde denne stilling midlertidig, ikke hadde søkt noen ny stilling. Hans kone var gravid, og rektor ved Mandal Høyere Almenskole anmodet meg da om å vente et år med å tiltre. Jeg konfererte med professor Holtmark om dette, og det var intet i veien for å fortsette som forsker ved hans institutt. Meget overbevisende fortalte han meg at det er mange nok av realister som kan gå inn i skolen, men det er meget få som har anlegg for forskning. Du er en av disse, og derfor skal du, når du nå fortsetter her, søke årets statsstipendium. Det er en ordre! Og da måtte jeg jo følge denne ordren. Det naturlige for meg i denne sammenheng var selvsagt å søke et stipendium for å kunne studere den effekten som jeg hadde funnet ga lydopplevelse, og som jeg kalte for «The fricative effect» - «frikasjonseffekten» -. Og

stedet ga seg selv: Det laboratorium hvor den internasjonalt best kjente forsker innen elektrisk stimulering av hørsel fantes: S.S. Stevens ved Psycho-Acoustic Laboratory, Harvard University, Cambridge, USA. Jeg fikk dette stipendiet. Jeg har aldri undersøkt hvordan det egentlig foregikk, men jeg mistenker at en anbefaling fra Holtmark må ha vært utslagsgivende her. Dermed ble det i begynnelsen av oktober 1950 avreise til USA med Cambridge som mål. Jeg må jo erkjenne at det var en fantastisk spennende reise med «Oslofjord» og med min hustru, som var gravid. En fantastisk opplevelse å komme til USA, seierherren i siste verdenskrig, og ikke minst videre fra New York/Brooklyn hvor vi hadde slekt, til Cambridge. Vi hadde ikke noen slektskontakter der. Men Georg von Békésy, knyttet til det laboratoriet som jeg nå skulle arbeide ved, var jeg kjent med fra Oslo. Så min mottagelsen ble som å komme inn på den røde løper. Det var bare velvilje og hjelp med å få husvære, og alt ordnet seg på beste måte. Forskningen ved dette institutt kom igang umiddelbart.

Statsstipendiet var beregnet til å rekke for ca. 1/2 års opphold, men jeg fikk i tillegg til den norske utbetaling en liten lønn ved Psycho-Acoustic Laboratory. Etter det første året ble jeg fast knyttet til staben, som forsker med den lønn som dette medførte i henhold til reglene ved instituttet. Arbeidet med «The Fricative Effect» medførte en publikasjon i Journal of Acoustical Society of America om «Various Mechanisms in the Electro-phonetic Effect». Som tidligere nevnt, ble også mitt arbeide med idiotonen, eller som jeg kalte det: Den personlige tone, men av Stevens døpt «The idiophonetic effect», videreført og resulterte i den tidligere nevnte publikasjon i Acta Oto-Laryngologica.

Det sier seg selv at disse 2 års opphold ved Psychoacoustic Laboratory ble mine viktigste læreår i det faget som siden har vært mitt spesialfag, og som jeg har fått være med å utvikle hjemme i Norge, ved at jeg ble ansatt ved Det Audiologiske Institutt. Men i denne forbindelse synes jeg det er passende å være så personlig at jeg også tar med de forhold som gjorde at jeg ikke forble i USA.

Først må det nevnes hvilke forskere jeg hadde nær kontakt med ved Harvard, ved siden av de ledende personene Stevens, Newman, Boring, og

fremfor noen andre, Georg von Békésy. I den perioden som jeg var der kom Josef Zwislocki til Harvard og ble ansatt. Ved instituttet var der også flere forskere som enda ikke hadde nådd internasjonal anerkjennelse slik, som det skjedde under mitt opphold der og kanskje enda mer siden: Ira Hirsh, Rosenzweig, Dickson Ward, George Miller og et par andre hvis navn jeg skal komme tilbake til siden.

Laboratoriet hadde sine ukentlige møter, hvor man drøftet aktuelle problemer som forskerne ved laboratoriet var engasjert i. I tillegg hadde vi ofte ekstramøter med inviterte foredragsholdere, og alltid givende diskusjoner i forbindelse med dette.

Det var to store operasjonsrom i laboratoriet. Det ene var i forbindelse med Georg von Békésys kontor/ arbeidsrom, det andre sentralt i bygget, hvor det stadig var aktivitet med forskjellige dyrearter. Laboratoriet hadde sin egen dyrestall og «oppasser», for katter, duer, marsvin. Det var spesielt målinger på ulike nivåer av hørenerven og det indre øret med cochleas mikrofon-effekt som ble grundig studert. For meg var det en helt ny opplevelse, blant annet å kunne snakke til en katt i narkose og overføre lyden via forsterker til høyttaler, og konstatere den meget gode kvalitet som cochleas mikrofon-effekt representerte. Békésy gjorde som kjent en rekke undersøkelser av bølgemønsteret i det indre øret, og instituttets ungarer nr. 2, Bob Galambos (lege), undersøkte aktiviteten i de forskjellige nivåer fra cochlea og mer sentralt. Interessant var det å konstatere, da jeg fortalte om min kontakt med professor Alf Brodal, at Galambos kjente meget godt Brodals arbeider og berømmet Brodals dyktighet.

Av de mer eksperimentelle psykologiske arbeider kan nevnes Ira Hirsh's prosjekt: Hvordan opplæring og øvelse kunne forbedre resultatene ved hørerskelmålinger. Hans resultater viste at det var særlig i det lavfrekvente området at øvelse ga forbedringer på terskelverdiene. Forøvrig hadde Stevens selv en rekke parallelle arbeider med undersøkelse av difference limen både for lydstyrke og for følelsen i fingrene med hensyn til tykkelse av plater, strenger etc., og for øyet med endring av lysstyrke, altså psykoakustikk og psykofysikk.

Det bør vel også nevnes at aktiviteten ved dette laboratoriet ikke varte

fra 9 til 4. Dersom man ønsket å produsere noe og være med i eliten, så kom man tilbake til laboratoriet etter middagen og holdt på til kl. 10-11 om kvelden. Lørdag og søndag var imidlertid arbeidsfrie dager, stort sett.

Alle manuskripter ble «kontrollert» av enten Stevens eller Newman eller Boring, og dette var praksis også for de nevnte tre ledere og seniorer i arbeidet. Personlig hadde jeg den skuffende opplevelse å få mitt første utkast til foredrag i Acoustical Society of America (også manus til tidsskriftet JASA) temmelig rød-rettet av Stevens. Jeg mente at mitt engelsk kanskje ikke var godt nok, men Stevens fortalte meg at det var ikke mye å si på engelsken, men det var selve fremstillingsmåten. Da han skjønnte at jeg nesten var ved å miste motet, kom han frem med et brev som han skulle sende til vitenskapsakademiet i Washington og som han hadde oversendt Boring for kontroll. «Du anser meg for en god skribent», sa han. «Se hva jeg fikk tilbake fra Boring». Det var jo virkelig en oppmuntring, for der manglet det heller ikke på en rekke røde strykninger og rettelser.

Det var sekretæren «Didi» som foretok den endelige maskinskrivning, og hun var meget dyktig i både engelsk og i «Scientific Writing». En publisasjon fra Stevens og henne hadde tittelen: Scientific Writing, Easy and Hard. Selvsagt var også von Békésy's arbeider gjenstand for hennes kontroll, rettelser og forbedringer. Et grunnprinsipp for Stevens' læremåte i skriftlig form var forenkling: kun ta med det som er nødvendig, fortell om hva som er eksperimentet på en måte som gjør at leseren forstår hvorfor det blir utført og hvem som utførte eksperimentene. Han var for eksempel helt imot den vanlige norske måten, særlig blant medisinere, å anvende tredje person: En gjorde så og så, istedenfor å si: Jeg gjorde det og det, utførte det sammen med den og den, osv. Etter hans prøver på eksperimentell basis, mente han å kunne anføre at denne direkte beskrivelse lettet lesningen og tilegnelsen av stoffet. Forøvrig hevdet han som et av sine grunnprinsipper: «Go to the Bible and learn how to write, short and precise».

Språk og språkforståelse var et sentralt tema, og ikke minst gjenstand for undersøkelse av betydningen av styrke og frekvensbånd i forbindelse med



bruk av forsterkning og høreapparater.

Et pionerverk om høreapparater stammer fra Psycho-Acoustic Lab., 5 år før jeg kom dit: *Hearing Aids: An experimental study of design objectives* by Hallowell Davis, S.S. Stevens, R.H. Nichols, Jr., 1947. Dr. (MD) Davis hadde fraflyttet laboratoriet, da jeg kom dit, men var relativt ofte på besøk. Nichols var også sluttet.

Forskning på hørsel/høreapparat, på lyd og tale fortsatte imidlertid for fullt på laboratoriet. Spesielt bør kanskje nevnes forskningsprosjekt med taleoppfattelse i støy, et problem som på den tid hadde stor militær interesse.

Mens jeg var på Harvard fikk jeg oversendt fra Norge utlysingen av stillingen for «Elektroakustiker» ved Det Audiologiske Institutt, med oppfordring om å søke stillingen. Jeg gjorde dette, ikke minst fordi familiære begivenheter hjemme i Norge tilsa min retur til hjemlandet. Men jeg må være personlig og bekjenne at lysten til å fortsette i USA ved Psycho-Acoustic Laboratory var meget stor, - i særdeleshet også fordi jeg var ønsket der.

Imidlertid ble planleggingen med å komme hjem til det nyopprettede institutt satt ut i praktisk tiltak. Spesielt må nevnes det forhold at jeg hadde fått «frie hender» til å gjøre innkjøp av utstyr som jeg mente var ønskelig/nødvendig for det nyopprettede institutt på Rikshospitalet. Jeg hadde det beste forbildet fra laboratoriet hvor jeg arbeidet, men møtte visse praktiske vanskeligheter, idet vi ikke var kommet lenger i tid fra den annen verdenskrig enn at USA opprettholdt flere eksportforbud for visse varer. Det Audiologiske Institutt trengte for eksempel et kunstig øre med alt det utstyr som hører til et slikt måleinstrument, presisjonskondensatormikrofon, forsterker og relevante terskelverdier. Problemet ble løst ved at Psycho Acoustic Laboratory, Harvard University, gjorde innkjøpene, og jeg kjøpte utstyret av universitetet. Direktør S. Stevens var nemlig fullt innforstått med at Flottorp ved Det Audiologiske Institutt i Oslo ikke betød noen fare for USA av militær eller handelsmessig type, snarere tvert imot. Derfor fant vi det helt legitimt med denne måten å handle på. Imidlertid hadde jeg søkt om utsettelse med tiltredelse ved Det Audiologiske Institutt, og fått dette innvilget.

Jeg finner det nødvendig med et kapittel hvor jeg redegjør for de rent personlige forhold, som var med å prege min utvikling som forsker og min karriere eller ansettelsesforhold.

Som nevnt var min hustru gravid da vi i begynnelsen av oktober 1950 reiste til USA. De opprinnelige planene, som var bestemt av et realistisk forhold til muligheten med statsstipendiet, medførte at planleggingen med USA-oppholdet ikke strakte seg over lengre tid. En viss mistillit til amerikanske lege/sykehusforhold medførte at vi planla hjemreise for min hustru, slik at hun kunne føde i Norge. Dette gjennomførte vi. Hun nedkom med en datter like etter 17. mai -51. Jeg fortsatte forskningen ved Psycho-Acoustic Laboratory, og mottok de tidligere nevnte gode tilbud om å fortsette arbeidet der. Resultatet av dette ble en ny tur over Atlanteren for min hustru og nå også med vår førstefødte sammen med den nye babyen. Turen gikk som private passasjerer med en lastebåt, hvis reder var venn av min svigerfar. Jeg kunne kjøre til Philadelphia i min Willys stasjonsvogn og hente familien til en meget attraktiv bolig, med hage, like i nærheten av Psycho Acoustic Laboratory i Memorial Hall, Cambridge.

Som gressenkemann ble det lange arbeidsdager på laboratoriet. Men også flere bilturer til Brooklyn/New York for å delta med sang i den norske sjømannskirke og den norske kirke i 46th Street. På disse bilturene hadde jeg ofte med Békésy som passasjer.

Vi hadde som regel en liten pause ved en «pølsebod» og spiste pølsebrød, som vi kunne «pynte» med hakket løk, sennep, ketchup etter fritt valg. Békésy valgte alltid: «With everything».

Békésy skulle besøke dr. Lempert, som på den tid var kanskje verdens fremste operatør på otosklerosepasienter, med ny metode til å bedre hørselen for disse pasientene. Békésy deltok i disse operasjonene og var som den fremragende kjenner av øret sikkert en god hjelper for den medisinske operatøren.

I tillegg besøkte Békésy det berømte kunstgalleri på Manhattan. Han var nemlig en stor kunstelsker og kunstkjønner, og hadde på laboratoriet alltid minst en eller to kunstgjenstander som han kunne hvile sine øyne på under

pauser i sitt forskningsarbeide.

Men tiden for oppbrudd kom, kanskje vesentlig på grunn av to brylluper som skulle finne sted i Mandal og i Arendal, for henholdsvis søster og bror.

Dermed kom jeg til Norge og kunne komme igang ved Det Audiologiske Institutt i begynnelsen av september 1952, og bygge opp instituttet med apparatur medbrakt fra USA og ellers andre nyinnkjøp, - en fantastisk utfordring og spennende tid.

Professor Odd Opheim var sjef for Det Audiologiske Institutt, i henhold til giverens bestemmelse: Professoren i øre-nese-hals faget ved Rikshospitalet skal være Det Audiologiske Institutts leder (sjef). Han var meget opptatt av å bygge opp det nye instituttet og utnytte det nye faget: Audiologi innenfor øre-nese-hals faget. Jeg fikk meget frie hender til å nyttiggjøre meg erfaringene fra USA og den apparatur jeg hadde fått bygget opp og den erfaring jeg hadde med meg fra USA.

I første rekke dreiet det seg om å utnytte det kunstige øret til kalibrering av alle audiometrene som var i bruk hos oss. Jeg hadde kalibreringsdata fra Psycho Acoustic Laboratory. Disse ble lagt til grunn for nye norske terskelverdier for normal hørsel. Dermed strømmet det på med oppgaver utenfra, slik at alle norske audiometre skulle få samme 0-terskel. Dette ble ekstraarbeide på overtid og mot betaling.

Høreapparatet kom selvsagt også inn i bildet, et felt som Opheim var særdeles interessert i, som formann i Norges Hørselvern (det senere Norsk Forbund for Hørselhemmede).

En meget sterk «innledning» til høreapparat-området var et nordisk møte om pedagogiske og tekniske hjelpemidler/problemer i arbeidet med hørselhemmede. Jeg hadde på den tid innledet samarbeid med Bertil Johansson i Stockholm, og vi var begge opptatt av dette med høreapparater og støy. Det tekniske problem med intermodulasjon i høreapparater hadde jeg funnet frem til en egen test for, slik at jeg kunne objektivt måle hvor mye intermodulasjon et høreapparat hadde, og demonstrere hvilken effekt dette hadde på høreapparatets bruk i stillhet og med støybakgrunn. Jeg hadde til disposisjon høreappa-

rater som var godkjent av den danske stat til bruk for hørselhemmede, og demonstrerte hvordan disse apparater var fullstendig «håpløse» hva angikk intermodulasjon. I et foredrag på kongressen demonstrerte jeg dette. Resultatet ble blant annet at det største norske høreapparatforhandlingsfirma den gang: Tunghørtes Apparatdepot A/S ved sin disponent Jelstrup, kom til meg med noen høreapparater og ba meg teste disse med min intermodulasjonstest. Selvsagt målte jeg også frekvensgang, forsterkning etc. Dette var begynnelsen til høreapparatkontrollen i Norge. Etter hvert kom de andre norske forhandlere også til meg med sine høreapparater. Jeg hadde kunnskap og erfaring fra Psycho Acoustic Laboratory (bl.a boken Hearing Aids) hvor seminar/ drøftelser ledet til normerte krav til høreapparater. Jeg spesifiserte metode og krav til en objektiv vurdering, som sammen med en lyttetest dannede grunnlaget for vurderingen av de innsendte apparatene. Det var en privat oppgave, og målingene måtte også utføres etter endt arbeidstid, for å oppnå ønsket stillhet i omgivelsene. Store Camera Silence i S-etasje til Kirurgisk blokk var et utmerket testlokale, men vi hadde behov for minimal trafikk med heisen utenfor og telefoner. Den assistanse jeg trengte for å utøve kontrollen, ble lønnet av meg, idet arbeidet fant sted utenfor vanlig arbeidstid. Professor Opheim hadde intet imot denne ekstra aktivitet på privat basis.

Som et kuriosium kan det nevnes at en Oslo-mann, ansatt i et av høreapparatfirmaene gikk igang med å produsere et norsk høreapparat. Opheim var meget begeistret for tiltaket og ga meg frie hender til å støtte prosjektet. En lovende modell (kroppsbåren) ble laget, men vedkommende ønsket å lære mer om høreapparater og dro til USA for å lære. Han kom inn ved en av de større høreapparatfabrikkene i USA og vendte aldri tilbake til Norge.

Imidlertid bør det nevnes, selv om det forekom på et litt senere tidspunkt, at en forhandler av Erik Høyenes høreapparater i Vestfold så seg lei på prisen på apparatene. Han hadde en bestemor som var tunghørt og trengte apparat, og satte igang en egen høreapparatproduksjon, - hvor jeg også trådte støttende til med målinger og råd om gunstig frekvenskarakteristikk, forsterkning etc, og det første norske høreapparat kom på markedet gjennom Erik Høye.

Det var et utmerket kroppsbåret apparat, men det ble med denne ene modellen.

Teknisk direktør ved NRK, Julsrud var formann i teknisk komité 29 i Norsk Elektroteknisk Komité, et utvalg som hadde ansvaret for internasjonal standardisering innenfor elektroakustikken. Fra Det Audiologiske Institutt opprettelse hadde vi den beste kontakt med NRK, ikke minst på grunn av personalforholdene, med Helmut Ormestad, i sin tid den akustiske leder i NRK, etterfulgt av Gunnar Nesheim, begge deltakere i de akustiske kollokviene som ukentlig ble holdt på Blindern, Fysisk institutt A.

Jeg fungerte til å begynne med som rådgiver for Elektroteknisk utvalg, spesielt hva angikk høreapparatene. Men så kom formannen til det resultat at jeg burde innlemmes som medlem av dette norske utvalget. Dermed begynte min karriere innenfor internasjonal standardisering, hvor høreapparater, kunstige ører, impedansmålinger og apparatur for dette på menneskets øre, audiometri-metoder og apparaturkrav, høreterskler for normalt-hørende, også som funksjon av alder og kjønn ble viktige arbeidsområder hvor Det Audiologiske Institutt var en aktiv medvirker.

Det dreiet seg om to internasjonale standardiseringsorganisasjoner: International Electrotechnical Commission, IEC og International Standards Organisation, ISO. I den sistnevnte var førsteamanuensis Wilhelm Løchstør, min tidligere arbeidskollega, formann. Denne internasjonale standardisering medførte reiser til utlandet og en rekke internasjonale kontakter, samt topp informasjon om de ulike lands arbeider innenfor audiologi og akustikk, (audiofysikk, - som på denne tid ble innført som det korrekte ord, til erstatning for elektroakustikk). Det er antagelig korrekt å komme med en forklaring på hvorfor dette navn-skiftet fra elektroakustikk til audiofysikk nå var nødvendig eller ihvertfall ønskelig. Elektroakustikk var på dette tidspunkt nesten utelukkende brukt om alt som hadde med opptak og produksjon av musikk, sang, tale på lydbånd. For å unngå denne assosiasjon fant vi det ønskelig/ nødvendig å ta i bruk begrepet/ordet audiofysikk, som egentlig var et produsert ord ved Det Audiologiske Institutt i samarbeid mellom dr. Quist-Hanssen og vår sjef Odd Opheim og meg.

Imidlertid ville jeg gjerne komme tilbake til høreapparatkontrollen, som var utviklet til en «typekontroll av høreapparater», hvis resultater Rikstrygdeverket ønsket å bruke ved tildeling av støtte til trygdekontorene for tildeling av høreapparater til hørselhemmede.

Typekontrollen så langt var egentlig en frivillig ordning, hvor også Norsk Otolaryngologisk Forening kom inn med sin støtte til denne kontroll. I en fase av denne kontroll fungerte jeg som utøver av kontrollen på vegne av, eller kanskje rettere i samarbeide med Norsk Otolaryngologisk Forening. Det var som tidligere antydte en privat ordning, kommet i stand ved mitt initiativ. Men mitt ønske var egentlig å få dette inn i en del av Det Audiologiske Instituttets oppgaver. I den anledning ble det holdt et møte mellom helsedirektør Karl Evang, professor Odd Opheim og meg. På dette møtet redegjorde jeg for utviklingen av denne kontrollen og den nytte som de hørselhemmede hadde av å få tildelt kun typegodkjente apparater. Men at jeg gjerne så at denne min private virksomhet ble overtatt av Det Audiologiske Institutt, med dertil nødvendig hjelp både teknisk og sekretærmessig (skrivearbeid), slik at jeg kunne fortsette min forskning innen audiologien/audiofysikken.

Både Evang og Opheim ønsket å imøtekomme mitt ønske, som jo var logisk korrekt, idet Rikstrygdeverkets midler og Det Audiologiske Instituttets kontroll burde ha en helt offentlig bakgrunn i sin virksomhet og sin funksjon for kontroll og økonomi hva angikk høreapparater.

Jeg husker meget godt direktør Evangs utsagn i denne konferansen: «Flottorp har her vist et nyttig initiativ og har en privat virksomhet med en viss inntekt. Han bør ha en kompensasjon for at dette overtas av instituttet». Evang og Opheim var enige om at Flottorp burde få et dosentur ved Universitetet i Oslo, slik det opprinnelig hadde vært meningen at elektroakustikeren/audiofysikeren's stilling egentlig skulle være, men hvor tidsaksen for Universitetet var langsommere enn ved Rikshospitalet, så lønn til elektroakustikeren måtte derfor midlertidig belastes RH.

Som en parentes i denne beretning synes jeg det er på sin plass å la historien komme frem: I et par år etter dette «vedtak» av Opheim og Evang fore-



gikk det en innstilling av medisinske dosenturer ved Universitetet i Oslo, hvor jeg en gang oppnådde å bli innstilt som nr. 3. Men løftet om dosenturet jeg fikk den gang, ble aldri innfridd.

Typekontrollen ved Det Audiologiske Institutt kom imidlertid inn i mer ordnede forhold, med bedre hjelp både teknisk og sekretærmessig, og de årlige lister over typegodkjente høreapparater kom på markedet.

Det forskningsmessige arbeidet ved Instituttet konsentrerte seg nå først og fremst om bruken av ørets overtoneproduksjon i forbindelse med nevrogene hørseltap. Et vitenskapelig arbeid ble publisert i *Acta Oto-Laryngologica* av Opheim og Flottorp i 1955 om bruk av overtoneproduksjonen til påvisning av recruitment, dvs. målinger av overtoneterskelen ved hjelp av beats (svevning) som en metode til bestemmelse av cochleære hørseltap, uten å behøve å støtte seg til en sammenligning av terskel mellom de to ørene ved forskjellige nivåer.

«The Aural Harmonics in Normal and Pathological Hearing. A new Method of Demonstration of the Recruitment Phenomenon.» *Acta Oto-Laryngologica* 45;1955,513-531.

Her var det nødvendig med bygging av en spesialapparat. Denne er såvidt jeg kjenner til, fortsatt i Instituttets eie, og er etter min mening et interessant supplement til akustisk historie, med start i den såkalte «Tartini pitch».

Av andre ideer til forskning som jeg hadde på denne tid gjaldt ørets forunderlige forhold hva angikk tonehøyde og lydstyrke for stimulering omkring en frekvens som sto på med bestemt lydstyrke.

Tanker omkring studiet av dette besynderlige forhold ved øret medførte at jeg gjerne ville tilbake til Psycho-Acoustic Laboratory og utføre eksperimenter i samarbeid med professor Stevens. Jeg søkte derfor om permisjon fra instituttet for å kombinere sommerferien med en viss lengre permisjon for dette studiet.

Professor Opheim var forståelsesfull for mitt ønske og for selve forskningsprosjektet, og støttet min søknad med innvilgning.

Dette førte til at jeg ved pinsetider 1956 dro med Amerikabåten til USA

og fikk oppleve en båts jomfrutur, nemlig Den Norske Amerikalinjes siste Amerika-båt «Bergensfjord» på jomfrutur til USA.

Jeg ble mottatt med stor glede av Stevens og mine gamle arbeidskamerater ved Psycho-Acoustic Laboratory, ikke minst av Georg von Békésy. Stevens hadde på dette tidspunkt en noe mer begrenset idé innen det samme felt som jeg hadde anmodet om å få lov til å utføre målinger og forskning på hans institutt. Han spurte meg derfor om ikke jeg kunne «glemme» mitt opprinnelige prosjekt og slutte meg til hans, som også var en idé hos den tyske forsker Zwicker. Selvsagt sa jeg ja med en gang og kom igang med målingene et par dager etter ankomsten. Det konkrete forskningsprosjektet gjaldt hørestyrken av en rekke toner, hvis frekvens ble spredt med økende avstand fra én standardfrekvens som lå fast. Apparturen var for hånden, Grason var den sikre hjelper rent elektroakustisk på dette området, og et helt perfekt Camera Silence var stedet hvor forsøkspersonene skulle plasseres, mens jeg satt utenfor dette rommet i komfortable omgivelser. Instituttet sørget for forsøkspersoner, jeg satt stadig og målte gjennom hele sommeren. Nevnes bør et hyggelig besøk av Gunnar Fant fra Stockholm, som både overvar målingene mine og også fikk lytte til eksperimentet. Dette har han til glede for meg fortalt om i beretning fra besøket, med understrekning av at det var Flottorp som utførte alle disse målingene, som førte til den berømte publikasjon i JASA: Zwicker, Flottorp and Stevens: Critical band width in loudness summation, - det 14de mest siterete arbeidet innen audioakustikk (i henhold til opplysning fra minneforelesning i forbindelse med Zwickers død).

Selvsagt var det særdeles hyggelig å være tilbake i Cambridge, - hvor jeg ved tidligere bekjentskap fikk en hyggelig hybel i nærheten av Memorial Hall, hvor Psycho-Acoustic Laboratory holdt til i underetasjen.

Men det var selvsagt også hyggelig å komme tilbake til Norge etter fullført arbeide og komme igang igjen med videre forskning ved Det Audiologiske Institutt.

Det som meldte seg som en naturlig konsekvens av arbeidet med Critical Band Width i USA, var å undersøke hvorvidt denne kritiske bånd-

bredde også kunne påvises ved impedansmåling.

Skandinavia hadde, med København som sentrum, fokusert på et uhyre interessant og nyttig aspekt ved hørselen, nemlig måling av ørets impedans, i normal og i sykkelig tilstand for øret.

I København var det dr. Metz som utførte det første grunnleggende arbeidet. Det ble fulgt opp av Møller (København, Sverige), et par svenske forskere og i Oslo ved Djupesland og Flottorp. Skandinavia og kanskje Norge i særdeleshet var nå i noen år ledende i utforskningen av ørets impedans, inkludert praktisk diagnostisk bruk av impedansmålinger.

Jeg fikk nå istand et samarbeid med Djupesland og Winther, og snart kunne vi publisere våre resultater, som bl.a. viste at Critical Band Width også lot seg påvise ved impedansmålinger: Djupesland, Flottorp og Winther: Size and duration of acoustically elicited impedance changes in man. *Acta Oto-Laryngologica Suppl.* 224, 220-228 (1967). And Flottorp, Djupesland, Winther: The acoustic stapedius reflex in relation to critical bandwidth. *JASA* 49, 457-461, 1971.

Impedansforskningen var sentral for instituttet i flere år fremover. Forskning på ører med otosklerose viste at impedansendring ved stimulering med lyd til det kontralaterale øret ga et eget karakteristisk bilde på otosklerose-øret, nemlig med et difasisk forløp for impedansendringen. Dette funn ble først presentert på et nordisk otolaryngologisk møte ved Flottorp og Djupesland (Flottorp som foredragsholder). Flottorp and Djupesland: Diphasic impedance change and its applicability in clinical work. *Acta Oto-Laryng. Suppl.* 263, 200-204, 1970.

Impedansforskningen dannet grunnlaget for et doktorarbeide av Gisle Djupesland: *Contractions of the tympanic muscles in man.* Universitetsforlaget 1967.

Det bør også nevnes at en hovedfagstudent ved Fysisk Institutt, Sverre Gran i samarbeide med DAI utførte et studium av ørets impedans og en del om bølgeimpedans i sin alminnelighet, som resulterte i en publikasjon i *Acustica* 20, 81, 1968.

Som et kuriosium kan nevnes at Gran ble ansatt i firmaet Norske Veritas, som hadde spesialoppdrag vedrørende oljeplattformer i Nordsjøen, hvor impedansforholdene ved slike plattformer for bølgene som treffer disse, matematisk er helt analoge til lydbølgenes møte med trommehinnen. Så Gran fikk bruk for sin kunnskap om ørets impedans i sin behandling av havbølger mot plattformer i Nordsjøen!

Innenfor internasjonal standardisering ble impedansbegrepet satt på dagsordenen og en arbeidsgruppe opprettet med kvinnelig sekretær, doktor Zelda Dossena, knyttet til det italienske verdensfirma og forskningssenter Amplifon i Milano. Selvsagt ble jeg et aktivt medlem av denne arbeidsgruppen.

Av viktige aktiviteter på skandinavisk plan bør nevnes dannelsen av Nordiska Audiologiska Sällskapet og dets kurs i audiologi i Göteborg 24.-28. juni 1962. Her møttes alle de fire nordiske lands spesialister i audiologi/audiophysikk som forelesere. Resultatet ble blant annet en glimrende lærebok i faget, 260 sider, og utmerket kontakt mellom fagpersonellet i Norden.

Nevnes bør også Danavox symposiene, opprettet av innehaveren av Danavox høreapparatfabrikk, Rosenstand, men helt frigjort fra spesielle Danavox interesser, idet grunnreglene fastsatte et uavhengig styre for disse symposiene, dog selvsagt med nasjonalt dansk preg.

Danmark hadde helt fra 1950-tallet en ledende internasjonal posisjon hva angår produksjon av høreapparater: Danavox, Oticon, Widex, - og produksjon av elektroakustisk utstyr: Brüel & Kjær, Madsen, Radiometer.

Den viktigste årsak til dette var, slik det ofte er tilfelle i livet, en eller to ruvende personligheter, og her dr. Wilhelm Lassen Jordan, romakustiker av internasjonalt format, og professor P.O. Pedersen. I minneboken til professor Fritz Ingerslev: «Akustiske Perspektiver» skriver bl.a. Jordan: Det begynte med Sabine, «etterklangstidens far», - med hans målinger omkring 1920 i Memorial Hall, Cambridge, USA - bygningen hvor Psycho-Acoustic Laboratory holdt til i «basementet». Og her i denne hall kunne han beskrive de akustiske egenskaper ved hjelp av etterklangstiden, og ved hjelp av absorp-

sjonsmatter forandre på etterklangstiden og dermed på akustikken.

Dette med virkelig objektive målinger av akustiske egenskaper for musikk auditorier, saler, teatre etc. ble en spesialitet for Jordan. Karakteristisk i den sammenheng er det at den svenske arkitekt for det norske nybygg med konsertsalen nede i Vika, valgte Jordan som akustisk konsulent. Altså overså at det også fantes norske meget dyktige akustikere i dette felt. Muligens kan imidlertid dette valg skyldes at det såkalte akustiske utvalg, som fungerte som et råd blant annet for Forskningsrådet, hadde skrevet til Oslo kommune at den planlagte tomt for det nye Konserthuset var uegnet, fordi man aldri ville kunne oppnå det perfekte lydbildet i den sal som tomtens form gjorde nødvendig å anvende.

Behovet for måleutstyr til kartlegging av etterklangstid etc. medførte at Brüel, som assistent laget slikt utstyr og videreførte dette til sin egen nyopprettede fabrikk sammen med sin venn og forretningsmann Kjær. Likeså utstyr laget for teknisk audiologiske formål av Madsen og av Radiometer. Det er en parallellsituasjon til dannelsen av det store amerikanske firma Grason-Stadler. Rufus Grason var som tidligere nevnt leder av det elektroakustiske laboratorium på Psycho-Acoustic Laboratory. Han bygget utstyr for forskningen på laboratoriet, i særdeleshet for Georg von Békésy, og drev på kveldstid litt privat bygging, som etter hvert utvidet seg. Sammen med sin venn og forretningsmann Stadler ble dette «kjeller-firmaet» etter hvert et verdenfirma: Grason Stadler Company.

Disse store firmaene hadde behov for kontakt med forskningscentrene og ikke minst med standardiseringsarbeidet. Per Brüel, som tok sin doktorgrad i Sverige, var en fremragende fagmann og en ener i standardiseringsutvalgene. Rufus Grason deltok også meget aktivt i flere av arbeidsgruppene i den internasjonale elektrotekniske komité. Vi pleide å si at på denne måten så var f.eks. Brüel & Kjær klar, omtrent før den internasjonale standard for visse apparater var helt ferdig, med apparatur som helt ut tilfredsstilte slike standarder.

Selvsagt var også det nordiske samarbeid mellom de audiologiske og de teknisk- audiologiske spesialistene av stor betydning for både forskning og

utvikling av den passende apparatur for både klinisk arbeide og mer ren forskning.

Hva angår forskning og utdanning av personell til nyopprettede hørselssentraler og audiologiske «seksjoner» ved øre-nese-hals avdelinger, var Det Audiologiske Institutt aktivt med i bildet. Våre teknikere og leger fra Øre-Nese-Hals avdelingen ble etter hvert spredt til forskjellige sykehus landet over.

Samarbeidet og utviklingen ved de ledende audiologiske sentrene i Norden satte sine spor i stillings-ansettelser. Bergen fikk sin professor ved Haukeland sykehus øre-nese-hals avdeling, dr.med. Fritz Tonning, utdannet i Danmark, og med derav dansk navn til hørselssentralen «Høresentral». Et viktig arbeide for alle sentrene for audiologi i Norden i denne tiden, slutten av 60-årene, var utvikling av nasjonal taleaudiometri. I Danmark hadde vi her et doktorarbeide ved Christian Røjskjær og i Sverige en lignende doktorgrad ved Gunnar Lidén. I Norge la professor Opheim press på både Quist-Hanssen og meg om at vi måtte få utviklet norsk taleaudiometri.

Et viktig tema på et av de første Danavox symposiene var taleaudiometri. Her fremla Sverre Quist-Hanssen sitt arbeide med norsk taleaudiometri. Dessverre er hans arbeide ikke blitt publisert slik det var meningen, nemlig som et doktorarbeide. Den vesentlige årsak til dette var hans innlevering av notatene vedrørende statistiske forhold ved sitt taleaudiometriarbeide, til Aktuarinstituttet ved Universitetet i Oslo, for ekspert-behandling. Her havnet alle hans notater ved en ulykke i papirkurven, visstnok takket være en rengjøringshjelp. Tidsfaktor og krefter forhindret en gjenopptagelse av alt det arbeid som forsvant i en papirkurv. men en skisse av arbeidet finnes heldigvis i Danavox symposium nr. 2, 1970.

Det bør imidlertid i denne sammenheng nevnes noe mere om detaljene ved utarbeidelse av norsk taleaudiometri. Det skjedde ved et samarbeid mellom Quist-Hanssen og Flottorp, med sistnevnte som den tekniske utfører av lydbåndopptakene og medhjelper i ord-utvalget. Dette skulle være representativt for det norske språk, samt hvert ord skulle justeres til samme oppfattbarhet for normalt-hørende.



Først og fremst måtte vi finne en innleser som hadde et artikulasjonsforhold som var ideelt og en evne til å holde konstant lydstyrke, selvsagt også ved hjelp av VU-meter, men i det vesentlige talerens egen kontroll med sin stemmestyrke. Vi gjorde prøver med 2-3 innlesere, hvis stemmepreg vi vurderte som brukbart for oppgaven, og fant at den beste innleser var Helmut Ormestad. Så ble det søndagsarbeide i NRK, hvor det mest profesjonelle utstyr for opptak på lydbånd var lokalisert, og hvor vi også kunne vente et positivt samarbeide, - av årsaker som er nevnt tidligere. Kontroll med opptakene og med kopiene, i første omgang med bruk av nivåskriver, var et arbeide der vår tekniker Mihaly Salay ble en viktig medarbeider. Men det var flere som var med i kontrollen med å la normalthørende lytte til taleaudiometrien, nemlig Arne Sundby på Ullevål sykehus, Fabritius ved Namdal sykehus og samarbeide også med Bodø sykehus og Tromsø sykehus.

Enkelte ønsket også norsk taleaudiometri på nynorsk, men dette ble avslått, idet vi ved våre undersøkelser fant at også nynorskfolk, inklusive en nynorsk professor ikke hadde noen problemer med vår norske taleaudiometri.

Til slutt bør som en kuriositet nevnes at grunnlaget for arbeidet til Quist-Hanssen og Flottorp var blant annet visse trykksaker fra det norske forsvar. Jeg avtjente nemlig min verneplikt etter krigen i Forsvarets Overkommando. Med min akademiske bakgrunn fra Fysisk Institutt, karakter i bifag matematikk og kanskje også på grunn av visse personalforhold, hva angår studenter ved Fysisk Institutt, ble jeg knyttet til den del av Forsvarets Overkommando som har med forsering av kryptogrammer å gjøre. Jeg ble også medlem av en klubb som drev en slik forsering som hobby. Dette medførte at jeg fikk tilgang til dokumenter som blant annet viste det norske språks oppbygging hva angår alfabetets konsonanter og vokaler. Dette er nemlig grunnleggende kunnskap om forskjellige språk, hvis forsering av kryptogrammer skal utføres. Norsk taleaudiometri er konstruert i henhold til hyppigheten av alfabetets bokstaver i det norske språk. Og ordene som er brukt tilfredsstillende også krav til ordenes bruk i vanlig norsk tale og skrift (aviser).

Som et kuriosium i forbindelse med vår bruk av medisinske studenter

som lyttere til vår norske taleaudiometri, vil jeg få nevne at etter våre opplysninger om ønsket om å bruke disse medisinerne, som forutsattes å ha normal hørsel, til å lytte til våre prøveord, meldte det seg en student, hvis far var lege. Studenten mente seg å ha normal hørsel. Ved toneaudiogrammet av denne student, - vi tok nemlig audiogram av samtlige lyttere, viste det seg at han hadde et meget stort hørseltap av bassengform. Hverken han selv eller hans far hadde merket noe galt med hørselen.

Denne observasjon medførte at jeg hadde stor oppmerksomhet ved rentoneaudiogrammer av bassengtypen, som etter flere års studium må sies å representere congenit, genetisk betinget hørseltap (i hvertfall i den alt overveiende del), og hvor hørseltapet ofte gjør seg gjeldende som et problem, først når presbyacosis setter inn.

Flystøyproblemene har engasjert meg og instituttet meget sterkt gjennom mange år. Det var i 1962 at jeg ble oppnevnt av Sosialdepartementet som medlem av Flystøykommissjonen, som i korrespondanse med utlandet ble betegnet som «The Royal Norwegian Aircraft Commission». Formannen var ekspedisjonssjef Barton i Samferdselsdepartementet og et av medlemmene var overlege Due-Strand.

Som rimelig var ble problemene ved Fornebu sterkt fokusert på, og et eget måleanlegg med 8 måleposter var allerede installert. Det ble en hovedoppgave for meg å finne frem til de mest korrekte mikrofonplasseringer, samt få til et effektivt registreringssystem, sentralt beliggende. Vi valgte Norwegian Electronic, senere omdøpt til Norsonic, som vår leverandør av utstyret og med plikt til vedlikeholdet. Bedriften er idag en internasjonalt viktig produsent av elektroakustisk måleutstyr.

Min oppgave var å kontrollere anlegget og måle-dataene så hyppig som det ville vise seg å være nødvendig, samt å utferdige en månedlig rapport om resultatet av flystøymålingene i Fornebus omgivelser. På bilen min fikk jeg en egen parkeringstillatelse og forøvrig innkjøringstillatelse der hvor det var aktuelt med kontroll av mikrofonene.

Grensen for akseptabel flystøy i Fornebus nære omgivelser var av Stortinget fastsatt til 112 PNdB (Perceived Noise deciBel). PNdB var det internasjonalt standardiserte målesystem for flystøy. Det var utviklet ved Psycho-Acoustic Laboratory av S. Stevens. Men det er en egen historie hvordan Stevens trakk seg ut fra det internasjonale standardiseringsarbeidet, da man også standardiserte en alternativ enhet til PNdB. Han fant det selvmotsigende i en internasjonal standard å ha to enheter. Senere gikk Norge over til å anvende dB(A), med en overførselsfunksjon på pluss 12 dB fra dB(A)-systemet til PNdB-systemet.

Jeg rapporterte månedlig hvor mange overtredelser vi hadde og på hvilke mikrofoner. Det var spesielt ved avgang mot nord, mot Bygdø at overtredelsene fant sted. I en periode var det British Airways (BA) som var den hyppigste overtreder, og Flystøykommisjonen skrev brev om mulig utelukkelse av de fly i BA som til stadighet overskred grensen på 112 PNdB.

Et forskningsprosjekt om hvordan befolkningen omkring Fornebu reagerte på flystøy, blant annet som funksjon av værforhold, ble satt igang da vi fikk en mann knyttet til Det Audiologiske Institutt som sivilarbeider. Vi planla arbeidet og søkte Forskningsinstituttet om støtte, og fikk dette innvilget. Resultatet av arbeidet er publisert i en større utredning: Gordon FLOTTORP og Sigurd SOLBERG: Støyutstråling fra Fornebu Flyplass, 1974, 185 sider, utgitt av Universitetet i Oslo.

Som en kuriositet kan nevnes at jeg benyttet denne publikasjon i forbindelse med en rettssak for Høyesterett i 1996, startet opp som en sak for Herredsretten, hvor en reineier fikk medhold i krav om erstatning på grunn av 2 x 2 jagerfly F16 som hadde fløyet i nærheten av reinflokkene. Støyen forårsaket panikk hos reinsdyrene, som var innhegnet og ventet på å kunne ferges over til den andre siden av fjorden. De bet hverandre ihjel, brøt innhegningen, og skaden ble vurdert til omkring 150.000 kroner. Staten appellerte til Lagmannsretten, som frikjente Staten for erstatning, men Høyesterett i 1996 endret Lagrettens dom og tildelte erstatning for hendelsen. Her benyttet jeg våre resultater om hvordan luftfuktighet medførte mindre absorpsjon av høy-

frekvent flystøy (regnbyger den aktuelle dagen), og påpekte at overveiende sannsynlig var slike høyfrekvente komponenter mere urovekkende for reinsdyr, som i likhet med andre pattedyr har et mye større frekvensområde for hørselen enn oss mennesker. Selvsagt var det en rekke andre forhold også som ble fremhevet, og erfaringer fra Flystøykommisjonens observasjoner av hvordan flystøy hadde medført at revemor bet ungene ihjel.

Arbeidet i Flystøykommisjonen medførte en rekke flyreiser, først og fremst til flyplassene i landet vårt, men også til en rekke steder i Europa og i USA, slik at kommisjonen til enhver tid var fullt orientert om forskjellige tiltak mot flystøy, både ved flyplasser og i flyene. Nyttige opplysninger om flystøy fikk vi ved besøk i fabrikker som laget flyene, både i Frankrike - Toulouse (Caravellen) og i USA, Los Angeles, setet for Douglas-fabrikken, og Seattle, hvor Boeing-fabrikken holder til.

Min deltagelse i internasjonal standardisering medførte at jeg fikk følge med i utviklingen og de mulighetene som forelå til reduksjon av ulike støytyper inkludert flystøy. Som medlem av Flystøykommisjonen fikk jeg delta i internasjonale konferanser og møter og fikk opplysninger om forskjellige tiltak på ulike steder i verden, både hva angikk måling av flystøy og tiltak for å redusere slik støy. Viktige arbeider kan nevnes både ved London Airport og ved flyplassen ved Amsterdam, Holland. Samarbeidet med Akustisk avd. på NTH førte til publikasjonen: A. Krogstad og G. Flottorp: Handling of airport noise problems in Norway. Proceedings FASE 1984, 309-312.

Nevnes bør også Flystøykommisjonens betydning for valg av flyplass på Karmøy og for valg av ny hovedflyplass. Vi hadde i løpet av min funksjonstid ihvertfall to ganger oppdrag med å vurdere forskjellige forslag til hovedflyplass. Gardermoen ble forkastet som ubrukelig begge ganger på grunn av både flystøyproblemene, men også forurensningsproblemer for landets viktigste vannreserve, som de sakkyndige mente var av avgjørende betydning. Det ble antydnet at en hovedflyplass på Gardermoen svarte til en by på 200.000 innbyggere, og at kloakkforholdene ved den forurensning, som også flyene forårsaket, spesielt om vinteren med bruk av spraymidler for å unngå

ising, krevde at det ble lagt kloakk ifra Gardermoen under Oslo og helt utenfor Drøbak.

Flystøykommisjonen vurderte Hurum som et meget brukbart alternativ, men temmelig kostbart ved de nødvendige sprengningsarbeider som terrenget medførte.

Hobøl ble valgt som den mest ideelle beliggenhet, etter at Flystøykommisjonen hadde vurdert de lokale forhold meget grundig ved hjelp av helikopter. En av de viktige avgjørende konklusjonene gjalt transport av flybensin og passasjerer, som krevde en beliggenhet sønnenfor Oslo og ved fjorden.

Jeg fikk dessverre ikke delta i Flystøykommisjonens siste behandling av det massive ønsket fra Arbeiderpartiets side, ikke minst ved samferdselsministeren, om å legge flyplassen til Gardermoen.

Jeg fikk nemlig beskjed fra Sosialdepartementet at man av hensyn til ønsket om kvinnelige deltagere i ulike utvalg som departementet utnevnte, måtte erstatte meg med en kvinne. Derfor ble en oversykepleier medlem av Flystøykommisjonen, uten å ha noen erfaring eller kompetanse i saken, mens jeg, som ble regnet som en av verdens fremste sakkyndige på området, ble utelukket.

Jeg deltok imidlertid i et «privat» utvalg som ble etablert etter det skjebnesvangre Stortingsvedtak for Gardermoen. I dette utvalget deltok de fremste sakkyndige på flystøyområdet og måtte bare konstatere at politikerne ikke lyttet til sakkyndighet, hverken blandt akustikerne, miljøeksperter eller blant flyvere.

## **Hørselvern**

Det Audiologiske Institutt kom tidlig med i hørselvernarbeidet, både internasjonalt ved standardiseringsarbeidet, og mere nasjonalt hvor både støyproblemer i industrien og problemene i Forsvaret med skyting krevde kontroll av lyd-nivået ved trommehinnen med bruk av hørselvern.

Dette var et felt hvor også professor Opheim var meget interessert, som

formann i foreningen Norges Hørselvern, senere omdøpt til Norsk Forening for Hørselhemmede.

Jeg ble tidlig medlem av arbeidsgruppen innen ISO/TC43: Hearing Protectors. Og nasjonalt, som konsulent for Forsvaret, hvor også dr. Quist-Hanssen var aktivt med som konsulent. Vi hadde som oppgave temmelig tidlig å skaffe til veie korrekte dempningsdata for ulike typer hørselvern.

For å kunne gjøre dette, var det nødvendig å utvikle et «målehode» med innebygget målesystem ved trommehinnen på et hode, som hadde mest mulig likhet akustisk sett med et vanlig hode hva angår ytre øre og øregang frem til trommehinnen. Vi utviklet ved DAI et målehode i eik, med ytre øre og øregang og «kunstig øre» inne i hodet, hvor kondensatormikrofonen av toppkvalitet målte lyden som det kunstige hodet innfanget med og uten hørselvern. Hodet fikk navnet «Lars Eika» en aktuell politisk størrelse på den tiden.

Atskillige år senere fikk jeg i gave fra en bedrift i USA et nyutviklet kunstig hode kalt «Kemar». Hvorvidt det var i erkjentlighet av min innsats innenfor teknisk audiologi eller for å kunne bli brukt og bli gjort kjent gjennom vitenskapelige arbeider og dermed ha en økonomisk interesse for bedriften, har jeg aldri blitt helt klar over. Men Kemar har like til det siste gjort tjeneste ved Det Audiologiske Institutt.

Det var først og fremst Sverre Quist-Hanssen og jeg som var aktive i målingene av hørselvernsdempning og det som også var knyttet sammen med dette: Taleoppfattelse med bruk av hørselvern. For å få helt korrekte verdier av hva slags smell og hvilke signaler som var aktuelt i forbindelse med aktivitet i Forsvaret, deltok vi i Forsvarets øvelsesskyting på Dovreplatået, ved Hjerkind. Måleutstyret besto av oscilloskop, nivåskriver, forskjellige voltmetre, og selv-sagt dagens lydmåler. Og ble fraktet i min stasjonsvogn, medbrakt fra USA.

Vi høstet verdifull erfaring om støy fra eksplosjoner og publiserte i 1960 både ved foredrag i Nordisk Oto-Laryngologisk Forenings 14. kongress i Stockholm og dermed også i Acta Oto-Laryngologicae supplementum 158 fra denne kongressen. Fordelen med glassdun (Billesholm glassdun) som effektivt vern ved eksplosjonsstøy, altså ved smellstøy, samtidig som kommandoord



kunne oppfattes godt gjennom denne type vern, hadde stor betydning for Forsvaret og ved forskjellige andre bedrifter, hvor der er impulslyd og samtidig ønske om å kunne kommunisere lettvinnt med arbeiderene. Produsenten i Sverige: Billesholm, skrev til oss og ba om tillatelse til å trykke opp som særtrykk vår artikkel: The effect of ear protectors against sound waves from explosions (G. Flottorp og S.Quist-Hanssen). Det hadde vi selvsagt intet imot, og publikasjonen gikk ut i et par tusen eksemplarer til forskjellige steder hvor Billesholm var interessert i å få solgt sin glassdun.

Forøvrig må nevnes den interesse som hørselvern hadde innenfor både flytrafikk og skipstrafikk. Quist-Hanssen og jeg ble engasjert til å vurdere situasjonen både i cockpit på fly og i maskinrom i båter og også i styrehus på store båter. Vi foretok flere praktiske målinger på aktuelle fly og båter. Resultatene ble offentliggjort ved foredrag i relevante organisasjoner, og i tidsskrifter for disse.

Det nordiske samarbeidet innen teknisk audiologi blomstret i disse årene fremover mot 1970. Vi hadde en egen arbeidsgruppe for teknisk audiologi (Nordforsk) med følgende sammensetning i ledelsen: Stig Dalsgaard (Danmark), Gordon Flottorp (Norge), Bertil Johansson (Sverige) Eero Lampio (Finland) og sekretær Birgitta Hägerby (Sverige).

I Norge nedsatte spesialskolerådet et eget utvalg som skulle utrede spørsmålet om bruk av forsterkerapparat i døve/tunghørtundervisningen. Utvalget hadde følgende sammensetning: Gordon Flottorp, Arne Sundby, Lars Erik Søyholt (alle fra Det Audiologiske Institutt), Arne Aasen, Kjell Bothne og Einar Graaberg.

Utredningen, 101 sider, ble avgitt 10.10.1970.

Et par eksempler på fruktbart samarbeid med andre undervisnings-sentra kan nevnes en hovedfagstudent fra NTH, Institutt for Akustikk i begynnelsen av 70-årene. Oppgavens tittel var: «En eksperimentell undersøkelse av det høyeste hørbare frekvensområdes betydning for vår fjernkontakt med omgivelsene».

Opgaven hadde sammenheng med DAI's kontakt i et samarbeide med

Blindeskolen bl.a. om utdanning av pianostemmere. Det er nemlig en gammel erfaring at mange blinde har vel utviklet høresans og kan læres opp til å bli pianostemmere. Men da bør de også utvelges ved en grundig audiologisk undersøkelse, som jeg sto for og hvor vi bl.a. også foretok en prøve på evnen til å høre oktaver og kvinter. Men i tillegg hadde vi også interesse av dette med hva som er avgjørende for de blindes orienteringsevne, og hadde da eksperimentert noe med glassdun som jo demper meget godt de høyere frekvensområdene.

Store Camera Silence på DAI ble «ominnredet» slik at det gikk an å spasere på nettinggulvet og forsøk anordnet til å måle det øvre frekvensområdets betydning for «akustisk navigering». Hovedoppgaven resulterte i en bekrefteelse av hypotesen om den store betydning hørsel i det høyeste frekvensområdet har for blindes orienteringsevne.

Et av de viktigste kildeskrifter ved denne hovedoppgaven var en artikkel av professor G.H. Monrad-Krohn: De blindes avstandsforneemmelse, Tidsskrift for Den norske Lægeforening nr. 1, 1960, 1-8.

Det var allerede da inngått et samarbeid med Monrad-Krohn om et annet, meget aktuelt akustisk/audiologisk emne: Talens prosodi: Vår internasjonalt berømte professor i nevrologi hadde nemlig behandlet spørsmålet om «talens melodi, rytme, betoning», som han med et felles ord hadde «døpt» prosodi. Ofte kan talens prosodi formidle større informasjon enn selve ordene, - var noe Monrad-Krohn hevdet og hadde konkrete eksempler på.

Ved britenes forsøk på å bombardere Gestapos hovedkvarter i Viktoria Terrasse, Oslo, rammet en bombe trikken på vei oppover fra Stortingsgaten, og en kvinne ble sterkt hodeskadet. Monrad-Krohn som nevrolog fulgte den videre utvikling, med bakgrunn i kunnskap om hvilke deler av hjernen som var mest skadet. Hun kom seg, men fikk en vond tid i det okkuperte Norge, idet hennes prosodi fikk folk til å tro at hun var tysk, og hadde lært seg norsk. Monrad-Krohn tok kontakt med meg i slutten av 50-årene og ville gjerne få et samarbeid om en akustisk analyse av de såkalte prosodiske grynt (i bokstavform: Hm, hm). Det førte til en meget interessant og morsom undersøkelse,

hvor Monrad-Krohn og Per Aabel var mine to mester-gryntere. Den akustiske analyse av spektrene for disse grynt gjorde det mulig å inndele dem i to hovedtyper:

1. Mørkt tonefall med fallende tonehøyde mot slutten av gryntet.
2. Lyst tonefall med økning av tonehøyden mot slutten av gryntet.

Lydbåndopptak av gryntene ble presentert for ulike nasjonalitetsgrupper, skandinaver, engelskmenn, japanere/kinesere. Resultatet var entydig for alle gruppene: Det mørke, fallende pitch-grynt representerte noe negativt, mens det lyse, stigende pitch-grynt var positivt. Resultatet ble presentert ved mitt foredrag på VII Internasjonale Nevrologikongress, Roma, 1961, Kongressrapporten 611-619. Foredraget fikk en sjelden begeistret mottaking.

Dette samarbeidet med Monrad-Krohn og de resultater som dette ledet til, førte til flere foredrag og skriftlige utredninger, som f.eks.: «Psyko-akustiske grunnbegrep vedrørende hørsel og tale», «Audiologiske synspunkter på tale og hørsel», etc. etc.

Det er sannsynligvis en nær sammenheng mellom prosodi og forståelighet. Det er jo en kjent sak at en sørlending oppfatter lettere talen til en sørlending enn til en finnmarking, selv om det kan være helt korrekt norsk i begge tilfellene. Ikke minst vil dette gjøre seg gjeldende hvis der kommer forstyrrende faktorer inn i forbindelse med oppfattbarheten av tale, nemlig hørseltap og støy.

Det Audiologiske Institutt har vært interessert i disse problemene gjennom flere år, men til ulike tider, tildels avhengig av personalet og presserende andre oppgaver. Vi hadde en undersøkelse som Hans Borchgrevink (lege, cand.mag., knyttet til DAI i 1979) var ansvarlig for, en undersøkelse hvorvidt hørbarheten av morsmålet tåler mer støy enn å lytte til et tillært språk som kan beherskes godt. Da engelsk er det offisielle flyspråk, var vi spesielt interessert i hvordan signalstøyforholdet ville være for morsmåls-engelskmenn i forhold til andre som behersket engelsk helt perfekt. I henhold til Borchgrevinks målinger, var kravet til godt signalstøyforhold desidert større hos gruppen som ikke hadde engelsk som morsmål.

Quist-Hanssen, som nevnt har hatt meget god kontakt med Flymedisinsk Institutt, har drøftet disse spørsmål og kan opplyse at både latin-språkene og øst-europeiske språk opplever dette med signalstøyforholdet ved engelsk som flyspråk frustrerende. Noen bedre ordning kan imidlertid vanskelig finnes. Samtlige nasjoner bør nok finne seg i at engelsk må være vårt hovedspråk i alt som har med internasjonal trafikk å gjøre.

Veterinær Isak Foss søkte kontakt med meg første gang i anledning testing av hørsel hos hund. Som hundeeier i mer enn 30 år av mitt liv (skotsk collié - fårehund) var jeg kjent med å omgås hunder, og testingen med bruk av ulike lydkilder i Camera Scilence gikk bra.

Vi hadde også spesialrom i underetasjen på Rikshospitalet, hvor det var betryggende å oppbevare dyr, og hvor vi kunne drive våre forsøk uforstyrret med stor høyttaler og tonegenerator som jeg betjente og med Isak Foss med de forskjellige dyr mellom hendene sine, som hvilte på en pute. Resultatene ble publisert i to artikler, den første i 1974: *A comparative study of the development of hearing and vision in various species commonly used in experiments*. I. Foss and G. Flottorp, *Acta Oto-Laryngologica* 77:202-214, 1974 og kanskje den viktigste i denne sammenheng: *Development of hearing in hereditary deaf white mink (Hedlund) and normal mink (standard) and the subsequent deterioration of the auditory response in Hedlund mink*. *Acta Oto-Laryngologica* 87: 16-27, 1979.

Denne artikkelen er antageligvis den første som viser det er mulig at individer (pattedyr) som fødes med bortimot normal hørsel, i løpet av ganske kort tid blir døde. Årsaken til dette tror vi henger sammen med medfødte blodforhold, som gjør at når hørselen kommer i bruk, blir den hurtig ødelagt fordi der er ikke nok blodtilførsel, nok surstoff til det arbeide som utføres.

Isak Foss og jeg er fortsatt i arbeide med hørsel og vestibulærapparatet hos dyr, i en større internasjonal publikasjon: *En veterinærhåndbok som utkommer i USA i nær fremtid*.

Et område som er uhyre viktig for å bevare hørselen i vårt teknifiserte

samfunn, med det store utvalg av verdifulle tekniske hjelpemidler og produksjonsmidler, som imidlertid for en stor del lider av for stor støyproduksjon, er produksjon av og bruk av støydempende metoder og personlig hørselvern (som allerede nevnt) og en lovgivning som omfatter både støy i hjemmet og støy på arbeidsplassen. Vi har på dette område vært innom både internasjonalt standardiseringsarbeide og nordisk samarbeide, hvor Det Audiologiske Institutt og andre teknisk-audiologiske sentre i Norge har vært og er involvert.

Arbeidsdirektoratet har ansvaret for miljøet på arbeidsplassen, og søkte hjelp ved akustisk laboratorium - NTH, Det Audiologiske Institutt og Statens Teknologiske Institutt da direktoratet skulle utarbeide utkast til forskrifter om støy på arbeidsplassen. Forskriftene ble fastsatt ved kongelig resolusjon 10. september 1982. Egne veiledninger om bl.a.: «Kontroll av lydforhold på arbeidsplassen», «Støydata for maskiner og utstyr» og «Hørselkontroll av støyeksponerte arbeidstakere». Den sistnevnte veiledning er i det alt vesentlige utarbeidet av Det Audiologiske Institutt ved G.F.

Det sier seg selv at enhver teknisk audiolog med innsikt i disse forskriftene og veiledningene vil være meget interessert i hvilken sikkerhet disse forskriftene gir for arbeidstakere og deres hørsel.

Jeg vil derfor gjerne få referere og beskrive hvordan Det Audiologiske Institutt kom inn og påtok seg en slik kontrollfunksjon av forskriftene.

Direktøren på Tiedemann's Tobaksfabrik (JLT) hadde ved verneleder Harry Haslestad fått målt støynivået på de nærmere 100 aktuelle arbeidsplassene, og levert dette støykartet til overlege Due-Strand ved Næringslivets Hovedorganisasjon for å få råd om hvordan fabrikken burde forholde seg for å kunne oppfylle forskriftene om støy på arbeidsplassen.

Due-Strand tilkalte så meg for å kunne gi råd til JLT.

Ved nærmere ettersyn kom jeg til at støysituasjonen på JLT egnet seg meget godt til et forskningsprosjekt om effektiviteten av de nye støyforskrifene og tiltakene som ble forordnet. Etter konferanse med instituttets daværende sjef, professor Winther, ble det utformet en kontrakt mellom DAI/UIO og JLT om de praktiske tiltak, utførelsen av prosjektet og bidraget fra JLT.

Det dreiet seg om årlig hørselkontroll av mellom 250 og 300 arbeidstakere, samt om spesielle målinger av Temporary Threshold Shift (TTS), samt om kontrollmålinger av støynivået. Opprinnelig trodde jeg at en 3-års periode burde kunne gi oss resultater av prosjektet. Underveis høstet jeg nye erfaringer om gjennomføring av slike forskningsprosjekter, og lærte også av lignende prosjekter utført andre steder, blant annet i Sverige, at en lengre periode ville være nødvendig for å øke validiteten av resultatene.

På ICA-kongresen (International Congress on Acoustics) i Trondheim sommeren -94 la jeg frem resultatene i et foredrag og en publikasjon til Proceedings fra kongressen.

Konklusjonen var at de norske støyforskriftene sikrer mot erhvervelse av larmskade, når de bare oppfylles til punkt og prikke. «Ten year test of Norwegian regulations relating to noise at the workplace» Proceedings of the 15th International Congress on Acoustics, Volume III, 225-228, 1995.

Som et «biprodukt» ved dette prosjektet fremkom det at høreterskelen i frekvensområdet fra og med 4000 Hz, men spesielt ved 6 og 8000 Hz, - bestemt ved vanlig rentoneaudiometri og bruk av vanlig telefon- «cushion» TDH 39, var følsom for endring av plasseringen mot øret. Dette arbeidet ble publisert i Audiology 1995, 34: 221-230.

Et eget kapittel synes jeg mitt doktorarbeide om elektrofoneffekten fortjener.

Det var mange oppgaver som måtte prioriteres høyere enn mitt doktorarbeide for at Det Audiologiske Institutt skulle markere sin tilstedeværelse i norsk medisinsk og fysisk miljø. Men midt i 70-årene søkte jeg permisjon for å skrive min avhandling for den filosofiske doktorgrad.

Som nevnt tidligere, var et av mine emner ved søknad om statsstipendium elektrofoneffekten. Denne effekt med fremkalling av hørselinstrykk ved elektrisk stimulering av øret, med Stevens' metode: Elektrode i saltvann fylt i øregangen, var nøye beskrevet i JASA.

Jeg hadde prøvd denne metoden under mitt forskningsarbeide etter min matematisk-naturvitenskapelig embedseksamen, mens jeg var forskningssti-



pendiat ved Fysisk Institutt A. Som nevnt tidligere, fant jeg mer eller mindre tilfeldig ut at en gnidning av elektroden mot huden bak øret fremkalte hørselinntrykk, hvor tonehøyden korresponderte med frekvensen på det elektriske stimulus. Dette kalte jeg den frikative effekt.

Som et kuriosum kan nevnes at jeg hadde en interessant kontakt med Sovjetunionens ambassade, og fikk tilsendt flere russiske arbeider om elektrisk stimulering av høresansen, dels direkte, dels gjennom ambassaden. Dessverre var det meste på russisk, hvor ikke engang bokstavene var leselige for meg. Det var allikevel 9 leselige artikler, som jeg har med i litteraturlisten.

Nå tok jeg opp hele problematikken ved elektrisk stimulering av høresansen til ny behandling. Forsøk ble utført både på mennesker med ulike former for hørseltap, og på spesiallagede fysiske volum, fylt med væske, og med mulighet for opptak med følsomme mikrofoner både over væsken og i væsken. Resultatet ble boken «Studies on the Mechanisms of the Electrophonic Effect». Acta Oto-Laryngologica, Supplement 341, p. 71, 1976.

De to opponentene var: 1. opponent: Dr. Jozef Zwislocki. 2. opponent: Professor Per Enger (spesialitet: Hørsel hos fisk).

Første-opponenten, dr. Zwislocki, kom fra USA. Han ble som tidligere nevnt knyttet til Psycho Acoustic Laboratory, da han kom til USA fra Sveits, egentlig polakk av nasjonalitet. Selve disputasen i Universitetets Gamle Festsal hører til de store og gledelig/ morsomme opplevelser i mitt liv.

Vi kom under diskusjonen også inn på den nye forskning med elektrisk stimulering av døve/meget sterkt hørselhemmede personer. Mine forsøk med et par individer, med manglende trommehinne og stort hørseltap viste at både toner og tale kunne identifiseres, men tendensen var at flere sanseceller ble stimulert samtidig og produserte da hørselinntrykk som var støypreget. Jeg mente imidlertid at en viss mulighet var for hånden ved bestemt elektrodeplassing, slik at metoden hadde visse muligheter for å anvendes som praktisk hjelpemiddel for døvblitte.

Jeg hadde også et par andre ideer om fortsatt forskning på dette med sterke elektriske felters mulighet for å gi vibrasjoner i perilymfen, som jo kor-

responderer med hjernens væske. Dette hadde jeg påvist i noen av mine glassrør og registrert vibrasjoner i væsken ved mine mikrofoner.

Min sjef, professor Winther, gikk imidlertid ikke med på å skaffe slik hjernevæske, så disse planlagte forsøk ble aldri utført. Imidlertid er ideen fortsatt aktuell for videre forskning, etter min mening, i særdeleshet på grunn av de rapporter/hypoteser som finnes vedrørende elektrisk felt under store kraftlinjer. Man forbyr så vidt jeg vet i dag, bebyggelse eller opphold, bland annet av barnehager, lekeplasser under eller i nærheten av slike kraftlinjer.

#### «Klinisk-teknisk-audiologisk arbeide»

Det daglige arbeidet med pasienter har gjennom alle år tatt mest av min tid, men også vært særdeles interessant og givende.

Opheim hadde fra første stund i tankene med Audiologisk Institutt at det skulle bli en hjelpeinsusjon i det kliniske arbeidet ved Øre-Nese-Hals avdelingen. Dette tror jeg han for en vesentlig del hadde fått i tankene under et besøk i Nederland i de første etterkrigsårene. Takket være Philips-fabrikkene i Nederland hadde man tidlig innen øre-nese-hals faget opprettet teknisk-audiologiske avdelinger. Opheim kom hjem med det inntrykk at en utdannet teknisk audiologisk fysiker/ingeniør skulle også ha såpass medisinsk utdannelse at han gikk inn i det medisinske team ved en øre-nese-hals avdeling.

Dette var sikkert årsaken til at jeg like etter tiltredelsen i stillingen som audiofysiker (elektro-akustiker) ble beordret å delta i undervisningen av de medisinske studenter, under ledelse av professor Opheim. Jeg leste litteratur og deltok i all undervisning, også i undersøkelsene av pasientene, - som om jeg var medisinsk student.

Morgenmøtet på Skiftestuen skulle jeg delta i, og også gå med i legevisitten på avdelingen. Dette ga meg god bakgrunn i alle de oppdrag som i første rekke Opheim da påla meg med audiologisk undersøkelse av pasienter med hørselskade og med svimmelhet. Den første tiden var det særlig recruitment-fenomenet som sto i fokus for å diagnostisere typen av hørseltap: Mekanisk, cochleært eller retrocochleært. Det var ikke alltid mulig å foreta den vanlige

«loudness balance test», som krevde en forskjell i høreterskel på de to ørene for at prøven kunne utføres. Behovet for en selvstendig test utført på det aktuelle øret uten bruk av sammenligning med det andre øret meldte seg derfor med stor styrke. Med basis i min erfaring fra Psycho-Acoustic Laboratory og litteraturstudier, utviklet jeg den såkalte «overtone-test». Vi bygget på DAI en apparatur til utførelse av denne test, bestående av to rentonegeneratorer, oscilloscop og attenuator, samt hodetelefon med mulig valg av en telefon om gangen, eventuelt begge samtidig.

Det lyktes oss å påvise at cochleære tap hadde mye større overtoneproduksjon ved stimulering med en ren tone enn andre hørseltap. Denne distorsjon kunne måles ved hjelp av terskelbestemmelse for overtoneproduksjonens start. Første publikasjon kom i 1955 i *Acta Oto-Laryngologica*: «The aural harmonics in normal and pathological hearing. A new method of demonstration of the recruitment phenomenon» (Odd Opheim and Gordon Flottorp).

Samme år av de samme forfattere kom neste artikkel i samme tidsskrift: «Menière's disease. Some audiological and clinical observations».

Pasienter med svimmelhet og andre symptomer som indikerte Menière's sykdom ble hyppig pasienter på Det Audiologiske Institutt og med grundig undersøkelse ved teknisk-audiologiske prøver. Samarbeid med andre avdelinger, først og fremst Nevrologisk avdeling, ble meget godt, og nyttig for pasienter til Rikshospitalet. Og videre forskning resulterte i nye funn. Som eksempel kan nevnes en publikasjon i 1967 med tittel «Morbus Menière, cerebral atrophy. A preliminary report». For historikkens skyld nevnes samtlige medforfattere:

Peter Berdal, Anthony Brock, Gisle Djupesland, Gordon Flottorp, Einar A. Løken, Arve Lønnum and Roald Opsahl.

I sporet av forskningen som var sentrert mot cochlea, fulgte helt naturlig retrocochleære undersøkelser. Her kan nevnes et arbeide som ble publisert i *Acta Oto-Laryngologica, supplementum 188* med tittel «Pathological fatigue in part of the hearing nerve only» av Gordon Flottorp, 1958.

I dette arbeidet er det en ny teknisk-audiologisk test som er tatt i bruk,

nemlig terskelvandringsprøven. Ved retrocochleære hørseltap viste det seg nemlig at tonens lydstyrke var avhengig av god funksjon i hørenerven. Men ikke nødvendigvis alle deler av hørenerven behøvde å være angrepet om man kunne påvise denne unormale forandring i evnen til å høre lydstyrke i deler av frekvensområdet.

Alle disse nevnte arbeider hadde blitt utviklet og nådd konklusive resultater før vi hadde fått igang taleaudiometrien.

Foreløpig hadde vi da på audiogrammet ikke noe skjema for taleaudiometri-resultater. Derimot hadde vi skjema for aural harmonic threshold med de to standard grunnfrekvenser 250 og 500 Hz.

I og med taleaudiometrien kunne vi utvide våre tester av hørsel til både diagnostisk hjelp og nå med nytt felt: Direkte mål for nytten av forsterkning - høreapparat.

Her måtte jeg da innføre en testmetode som tok «fritt felt» i bruk. Og i og med den nye øre-nese-hals og audiologi-avdeling, fikk jeg meget «frie hender» av Opheim til «design» av spesialrom for ulike test-typer. Ønsket om diverste «Camera Silence» av ulike størrelser ble oppfylt i nybygget.

Konsekvensen av dette ble en ytterligere økning av den kliniske tekniske audiologi med økt arbeide med pasienter. En økning av det teknisk-audiologiske personalet ble også gjennomført.

Som en avskjed med de gamle lokalene og den viktige «hviske-taleprøven» vil jeg gjerne ta med at jeg med bakgrunn i forskning som forlangte tallverdier av det meste som kunne måles ved akustiske prøver, hadde utført et seriøst arbeide om hviske-taleprøven, publisert i 1954 på den akustiske kongress i København, og publisert i Acta Oto-Laryngologica i 1955: «Experimental sound levels during voice tests».

Men nå hadde vi taleaudiometrimaterialet klart og kunne begynne seriøse målinger av taleoppfattelse, både med audiometertelefon og i «fritt felt».

En rekke foredrag og kurs fulgte i sporet av denne nye utvikling ved Det Audiologiske Institutt. Nevnes bør en publikasjon som sammenfattat en del av disse kliniske erfaringene i en liten bok om hørselskade: Undersøkelse og

behandling med høreapparat, ved Sverre Quist-Hanssen og Gordon Flottorp, utgitt av Erik Høye 1966, pp 49.

Det kliniske arbeidet med pasienter utløste også en rekke temaer som vi kunne behandle i den forskning som jeg følte var en viktig del av Det Audiologiske Institutts arbeidsområder. Det var kanskje i første rekke impedansbegrepet som det ble fokusert på. I forbindelse med otosclerosepasienter fikk vi frem nye testmetoder for en meget sikker diagnose av denne sykdom. Jeg tenker da på de såkalte difasiske endringene ved måling av ørets impedans, utløst av akustiske signaler. Her var det et godt samarbeide med Djupesland, og vi publiserte først som foredrag og så i *Acta Oto-Laryngologica supplementum* 263, 200-204, 1970 (G. Flottorp og G. Djupesland): «Diphasic impedance change and its applicability in clinical work». Et annet eksempel på klinisk anvendelse av våre teknisk-audiologiske tester, og frukt i vitenskapelige resultater kan nevnes Gisle Djupesland og Gordon Flottorp: «Correlation between the Fowler loudness balance test, the Metz recruitment test and the Flottorp Opheim Aural Harmonic test in various types of hearing impairment». *J. Internat. Audiol.* vol. IX - no. 2-3-4, August 1970 - pp 156-175.

Et annet eksempel, som viser hvordan disse forhold krevde samarbeid med flere avdelinger er følgende arbeide: «Occipital steal with symptoms of Menière's syndrome». A. Broch, G. Djupesland, A. Engeset, G. Flottorp, A. Lønnum, S. I. Oftedal, O. Sjaastad and O. B. Styri. *Eur. Neurology* 1970, vol. 4, 164-176.

Et meget tidlig arbeide ved G. Flottorp og C. Wille: «Nicotinic acid treatment of tinnitus: A clinical audiological examination.» *Acta Oto-Laryngologica. Suppl.* 118, 1954, 85-98, førte til en rekke henvisninger av pasienter med tinnitus. Denne lidelse er ikke blitt mindre aktuell med årene, slik at vi stadig har hatt bruk for å utvide vår aktivitet med måling av tinnitus for diagnostiske formål, og ved kontrollert behandling med anvendelse av styrkemålinger av tinnitus.

Tittelen på et foredrag jeg holdt på Nordisk Akustisk Selskaps møte i mai 1968 i Trondheim viser hvilken betydning teknisk-audiologisk teknikk

kan ha i diagnostikken: «Ørets ikke-linearitet anvendt i topodiagnostikk av hørselskader».

For meg har kontakten med et bredt pasientmateriale betydd meget for valg av forskningsemner, samt en god følelse av å være til nytte i behandling- en av menneskelige lidelser.

Det er en spesiell glede for meg å rapportere om det arbeidet som i min aller siste tid ved instituttet ble utført ved implantering av elektrode i døve eller døvblitte ører ved det glimrende arbeidende team av legene Teig og Lindemann, audiofysiker Ole Tvette og audiopedagog Solveig Hanche-Olsen, samt den tekniske stab ved Det Audiologiske Institutt.

Det er forøvrig også en glede å ta med de to betydelige doktorarbeidene som DAI's to ledende kirurgi-operatører Teig og Lindeman har levert: Henrik H. Lindeman: «Studies on the Morphology of the Sensory Regions of the Vestibular Apparatus». Springer-Verlag 1969, 113 p, og Erik Teig: «Experimental Studies on the Middle Ear Muscles». Universitetsforlaget, 1973, 43 p.

Min hovedinteresse innen den teknisk-audiologiske sektor de senere år henger kanskje naturlig nok sammen med min store interesse for musikk som årsak til mitt engasjement innen audiofysikken. Det dreier seg om misbruk av musikk til ved hjelp av moderne teknikk med mikrofon, 1000 W forsterkere og store høytalere å fremkalle taktill opplevelse av lyd ved så høye nivåer at øret blir skadet. Det dreier seg om diskotek-musikk og pop-rock konserter.

Ved mine mangeårige arbeider i forbindelse med søknad til NRKs teknikerkurs med hørselundersøkelse av søkerene, ble spørsmålet om musikk som årsak til larmskadet hørsel og til redusert øvre frekvensgrense aktualisert. Mine første funn er reflektert i en publikasjon: «Music - a noise hazard?» Acta Oto-Laryng 75, 1973, 345-347.

Jeg foretok målinger av støynivået i en del ungdomssentre i Oslo og var også ute sammen med journalist i Aftenposten og målte støy på forskjellige diskotek i Oslo-området. Konklusjonen synes jeg er enkel og overbevisende: Det ble stort sett over alt målt nivåer på over 110 dB(A) FAST, altså over den



tillatte grensen på arbeidsplasser. Etter vår erfaring er dette nivåer som gir øyeblikkelig mekanisk ødeleggelse av hårceller i det indre øret.

Jeg skrev brev til helsedirektør Mork om saken og henstillet at han sørget for å få en lovbestemmelse om maksimale nivåer ved diskotek og pop-rock konserter. Hans svarbrev til meg lovet at det skulle settes igang arbeide og at man innen 1993 burde ha klar en utredning og et forslag. Forfatteren, som paraferte brevet, sluttet i -93 i sin stilling, og helsedirektør Mork døde i -94, så saken ble ikke videre behandlet.

Imidlertid har jeg tatt kontakt med vår nye helseminister: Gudmund Hernes, og i forbindelse med Dagbladets store oppslag om problemet sendte jeg ytterligere litteratur til Hernes. Min første henvendelse ble besvart med hyggelig takk for ideen. Og den andre henvendelsen med mere litteratur resulterte i et enda hyggeligere svarbrev med løfte om at noe skulle bli gjort med denne saken.

Musikk, sang og tale er stimuli for høresansen, vår viktigste sans, med den største innflytelse på vårt sjelsliv. Også den av våre sanser med den største mottakerkapasitet for informasjon.

Det er et paradoks at dagens ungdom, som jo er meget engasjert i å bevare naturen slik den er ifra Skaperens hånd og unngå forurensning og kunstige inngrep, at denne ungdom skal gjøre bruk av tekniske hjelpemidler for tunghørte, nemlig mikrofon-forsterker og høyttaler, til å stimulere den taktile sans.

Dessverre må jeg føye til at NRK synes å støtte opp om denne tendens ved det valg som gjøres i en rekke programmer, - Østlandssendingen, Nittimen, etc, hvor det stort sett er skråll og skrik og trommelyder, som dominerer, i likhet med det som presenteres på diskotek, pop-rock, istedet for å fremme den riktige bruk av høresansen til å lytte til musikalske perler og utnytte det området av høresansen hvor diskriminasjon av frekvens og intensitet er best.

Måtte vi alle som er beskjeftiget med øret, høresansen, teknisk audiologiske hjelpe-midler etc. bidra til en sanseopplevelse gjennom øret til berikelse av vårt sjelsliv og vår kommunikasjon mellom menneskene.

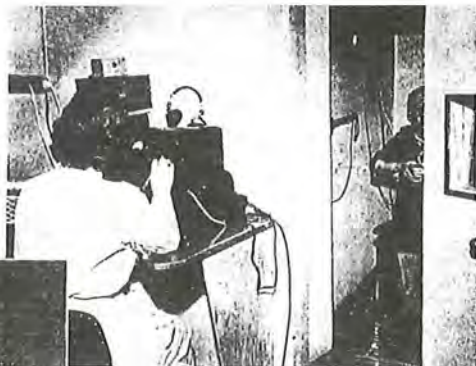
For meg har dette alltid vært en stor utfordring, men en særdeles tilfredsstillende oppgave gjennom et ganske langt arbeidsliv. Den teknisk-audiologiske forskning og dens praktiske resultat er det en fornøyelse å ha fått delta i og vært med å utnytte, til glede for store grupper handicappede mennesker.

Jeg er Norsk Teknisk Audiologisk Forening stor takk skyldig for stipendiet og oppgaven jeg fikk og anledning til å gjenoppfriske mange års hyggelige faglige opplevelser. Jeg har ikke på langt nær fått med meg alt, som kunne ha fortjent plass. Men jeg håper de viktigste momenter til forståelse av norsk teknisk audiologisk utvikling er med. Arbeidet er blitt tildels svært personlig preget, men det var for vanskelig for meg å være helt objektiv.

Takk, hjertelig takk!

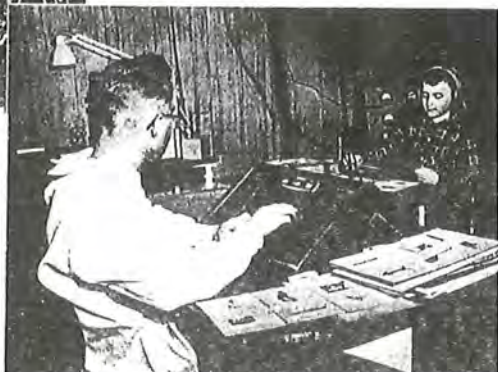
Gordon Flottorp.

Rutine-audiometri



Overtoneprøve  
Apparaturen bygget ved instituttet

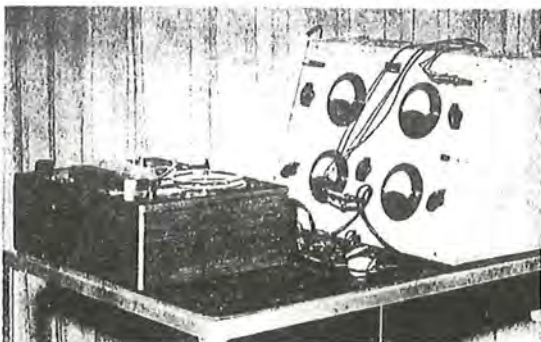
Leke-audiometri



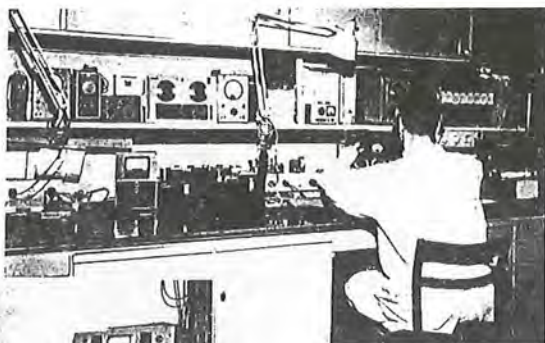
Impedanse-måling



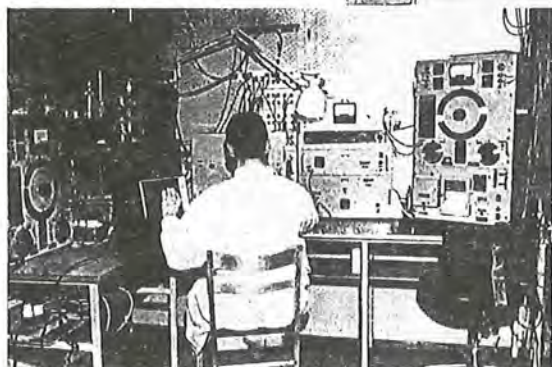
Apparatur til undersøkelse av elektro-  
foneffekten, bygget ved instituttet.



Teknisk laboratorium



Kontrollrommet



Sonagrafen



Modell-forsøk

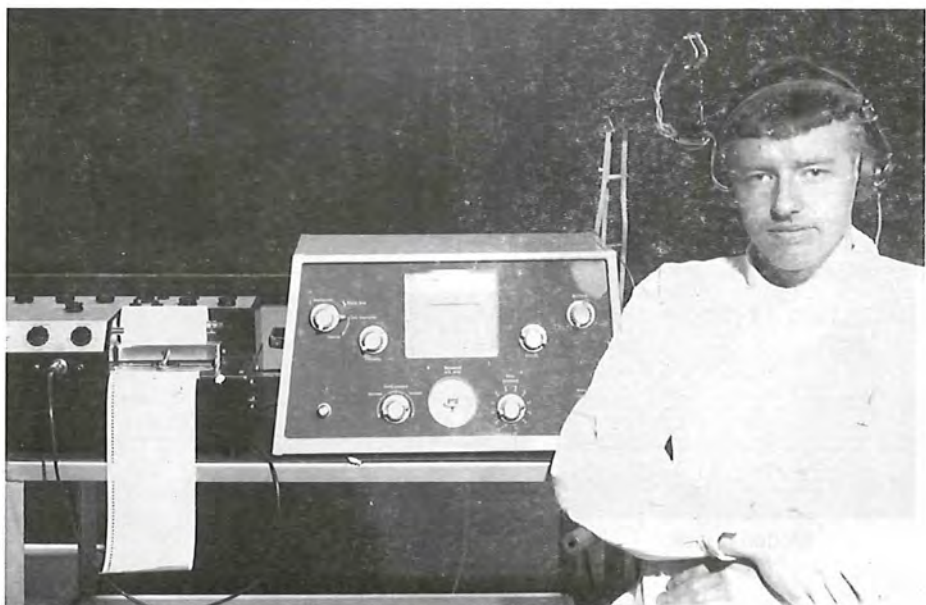
Modell-forsøk



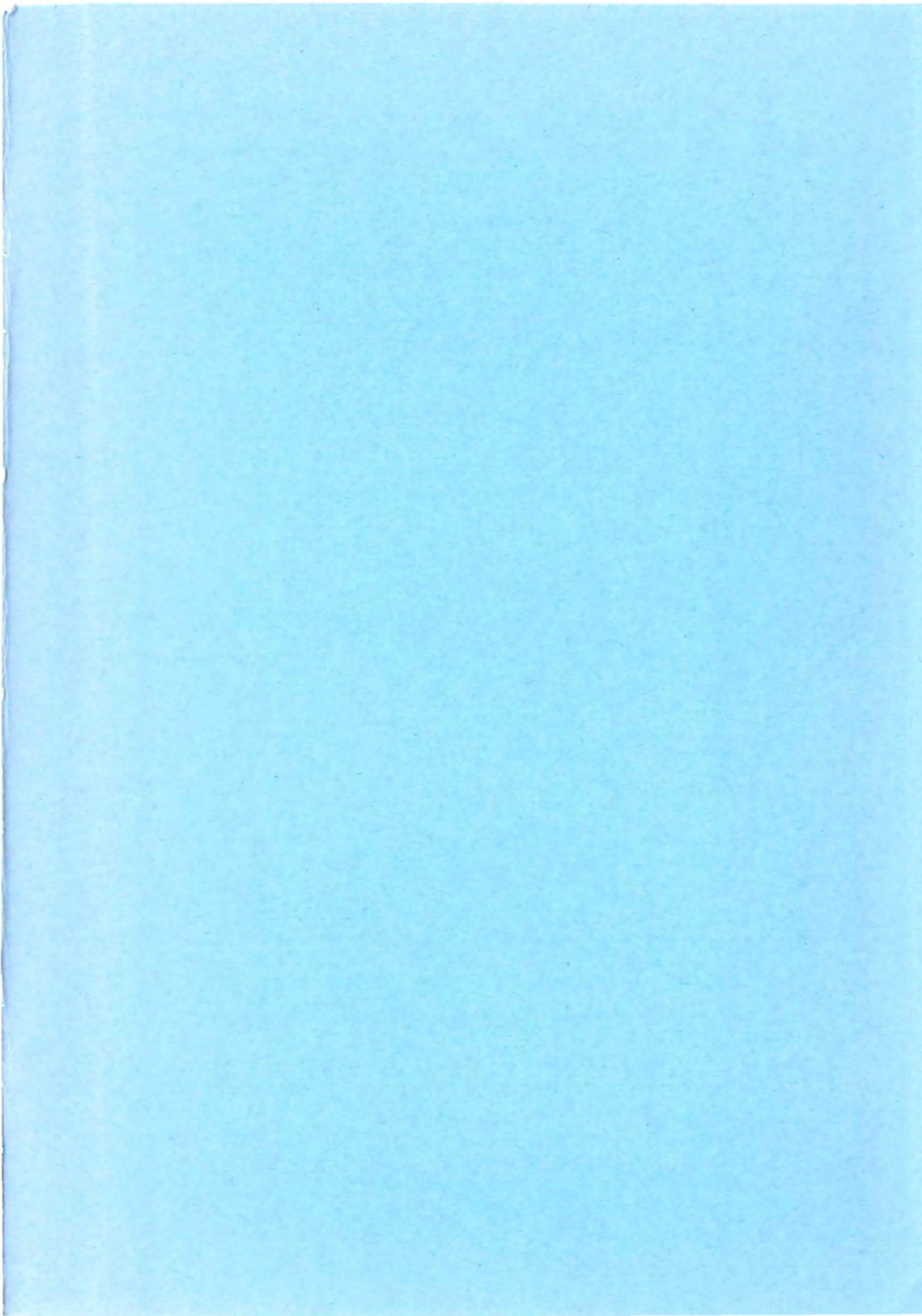




«Pistol» for generering av smell.



Norges første inpedansaudiometer.





## Audiologiens historie i Norge

Audiologien har utviklet seg med store skritt de siste 30 år. Den viktigste personen som i norsk sammenheng har bidratt til utviklingen er Gordon Flottorp.

Norsk Teknisk Audiologisk Forening ba Flottorp i 1995 om å skrive ned noen av de viktigste hendelser i denne utviklingen, slik at historien skulle kunne være tilgjengelig for kommende generasjoner innen faget. Denne forespørselen resulterte i dette dokument.

Styret takker Gordon Flottorp for denne interessante informasjon om audiologiens utvikling.

Boken ble ferdig til NTAF / NAF's etterutdanningskurs i Kristiansand november 1998.

På vegne av  
Norsk Teknisk Audiologisk Forenings styre  
Olav Kvaløy

Trondheim november 1998.