

INGENIØREN 2. SEKTION

ELEKTRONIK

14 4. APRIL
2025

TEMA: LYDTEKNOLOGI

AKUSTIK

**I DTU's lyddøde
rum kan ingen
høre dig skrike**

SIDE 10

MÅLEUDSTYR

**Håndlavede
mikrofoner til
hele verden**

SIDE 2

SOLCELLER

**Populære
solceller forbudt
for danskere**

SIDE 14

MIKROFONER NY TEKNOLOGI REDUCERER FORVRÆNGNING TIL DET UMÅLELIGE

Håndlavede mikrofoner fra Asnæs bruges på verdens største scener

En lille fabrik i Asnæs producerer mikrofoner til alt fra store Hollywood-produktioner til Formel 1.

Af Mathias Abildskov
maa@ing.dk

På en fabrik i den sjællandske by Asnæs sidder omkring 80 medarbejdere i virksomheden DPA Microphones og kigger i mikroskoper, mens de lodder, samler og tester mikrofoner, som ender med at blive brugt i alt fra Game of Thrones til Formel-1.

Hver eneste mikrofon, der forlader fabrikken, har gennemgået en minutøs proces, hvor den testes gentagne gange for at sikre, at alle mikrofoner, der sendes ud, lyder på den samme måde.

Præcis hvor mange mikrofoner der bliver sendt ud fra fabrikken i Asnæs, vil DPA ikke afsløre over for Ingeniøren. Det er dog »mere end 100.000«, fortæller produktionsdirektør Morten Rubæk.

En stor del af pakkerne bliver sendt til Colorado, hvor deres amerikanske distributionscenter står for at sende mikrofonerne videre til det amerikanske marked, hvor de bl.a. anvendes ved store Broadway-produktioner og Hollywood-film.

Kvalitet frem for hurtighed

DPA's fabrik er opdelt i flere produktionshaller, hvor medarbejderne sidder i lange rækker og kigger gennem mikroskoper, mens de lodder, samler og tester. Arbejdet er meto-

disk og kræver en rolig hånd, men de ansatte er hverken uddannet i akustik eller elektronik.

»Vi kigger ikke på folks uddannelsesmæssige baggrund. For os er det nødvendigt, at vi får folk ind, som har forståelse for, at det handler mere om kvalitet end om hastighed, og som kan arbejde præcist,« siger Morten Rubæk.

Som på mange andre fabrikker arbejder DPA også med automatisering af produktionsopgaver, selvom de ikke har det som et erklæret mål.

»Vi automatiserer ikke for automatiseringens skyld. Vi prøver at bruge teknologien til at forbedre arbejdet, ikke til at fjerne mennesker fra processen,« siger produktionsdirektøren.

Morten Rubæk fortæller dog, at der er adskillige dele af produktionen, som allerede er blevet automatiseret. Han forklarer, hvordan man tidligere har haft medarbejdere til at sidde og manuelt forme hver enkelt bagelektrode til mikrofonerne.

Det kan en maskine nu klare for medarbejderen, så man i stedet kan hente 1000 færdigtillpassede bagelektroder fra en maskine, uden at medarbejderen selv skal tilpasse dem.

Morten Rubæk understreger dog,



På DPA's fabrik i Asnæs produceres nogle af verdens bedste mikrofoner. De er håndlavede og er i gennemsnit 13 dage undervejs, inden de sendes ud til kræsne brugere verden over.
Foto: Mathias Abildskov

at automatiseringen på fabrikken ikke må ses som en spareøvelse.

»Automatiseringen skal først og fremmest gennemføres, for at forbedre vores kvalitet, og så er det selvfølgelig positivt, hvis vi kan fjerne nogle meget repetitive processer fra vores medarbejdere,« siger Morten Rubæk.

Når komponenterne er samlet, gennemgår DPA's mikrofoner som nævnt en flere forskellige test, der skal sikre, at alle mikrofoner har den samme lydgenivelse.

»Vi arbejder ikke med stikprøver og den slags. Hver eneste mikrofon, vi sender ud, er blevet testet flere gange her på fabrikken, inden den er blevet pakket ned,« siger Morten Rubæk.

Det er et langvarigt arbejde at gøre mikrofonerne klar, og i gennemsnit tager det 13 dage at fremstille en mikrofon, forklarer Morten Rubæk.

Innovativ teknologi løfter lyden

Inden de ansatte i Asnæs begynder at samle mikrofonerne, er der gået et stort arbejde forud med at regne på, hvordan man får dem til at fange lyden med så få forstyrrelse som muligt.

Ifølge DPA har de muligvis nået et gennembrud inden for mikrofon-

teknologi. Teknologien hedder Core+ og skulle optimere lyd kvaliteten ved høje lydtryk og reducere forvrængning til et hidtil uset niveau

»Det kan ikke laves bedre end det her,« lyder det begejstret fra Toni Torras Rosell, der er technology manager hos DPA og uddannet akustikingeniør fra DTU.

Han forklarer, at man med den nye teknologi kan eliminere så meget forvrængning fra mikrofonerne, at man hverken kan høre eller måle det i optagelsen.

“

Vi automatiserer ikke for automatiseringens skyld. Vi prøver at bruge teknologien til at forbedre arbejdet, ikke til at fjerne mennesker fra processen.

MORTEN RUBÆK

Produktionsdirektør, DPA Microphones.

Toni Torras Rosell præsenterer teknologien og viser undervejs ligninger, beregninger og matematiske modeller, der ligger til grund for den.

Hvordan DPA præcist har udviklet den nye teknologi, vil de helst ikke sige for meget om, da de stadig afventer at få patent på den, men det bygger på de mange matematiske beregninger og modeller ingeniører hos DPA har udført.

»Præcis hvordan vi gør det, kan vi ikke gå ind i, men vi er gået ind og optimere på det samlede system i mikrofonen ved at udvikle teoretiske modeller, som er testet gennem mange simulationer og eksperimentelle målinger,« forklarer akustikingeniøren.

Modeller møder virkeligheden

Toni Torras Rosell er en del af et større hold af ingeniører hos DPA, som alle sammen arbejder på måder og metoder til at gøre DPA's mikrofoner endnu bedre. Men på fabriksgulvet kommer de matematiske modeller gennem et *reality check* hos dem, der skal fremstille mikrofonerne.

»Tonis afdeling kan have en masse ideer til, hvordan vi optimerer lyden, og så er det op til os at kun-

ne bygge den,« forklarer Morten Rubæk, som indrømmer, at ingeniørerne ofte er hurtigere til at finde på nye modeller og forbedringsmetoder, end fabrikken i Asnæs er til at få dem løst i virkeligheden.

Det er også i mødet mellem den teoretiske og det faktiske, at DPA bliver klogere på, hvordan deres produktionsprocesser fungerer og kan optimeres.

»Hvis vi ikke kan reproducere teorien i det, der praktisk er muligt for os, så fortsætter vi med at lede efter, hvor i processen det går galt, eller hvordan vi skal ændre processen for at lykkes. Vi kender alle dele af mikrofonen til bunds, og det er det, der gør, at vi kan lave så store ændringer som Core+,« fortæller Toni Torras Rosell.

Han sidder normalt på firmaets hovedkontor i Kokkedal, hvor de fleste af firmaets ingeniører hører til.

Morten Rubæk har derimod sin daglige gang på fabrikken i Asnæs.

Det er her på fabrikken, at målinger og modeller fra Toni Torras Rosell og de andre ingeniører bliver omsat til mekanik af medarbejderne i Asnæs, inden de bittesmå mikrofoner pakkes ned og sendes ud til store events i hele verden. ■

LYDPRODUKTION BAG KULISSENE I DR KONCERTHUSET

Lydens usynlige mestre har 70 mikrofoner som instrument

Mens publikum nyder tonerne fra Poulencs orgelkoncert og Orffs 'Carmina Burana', arbejdes der i producerboksen for at finjustere hver eneste nuance og skabe en lyd, der næsten overgår koncertoplevelsen.

Af Mathias Abildskov
maa@ing.dk

På scenen i DR's koncerthus er orkestret i gang med opvarmningen, mens publikum tager plads i den dæmpede belysning og finder programhæfterne frem. 1800 mennesker er mødt op i DR's koncerthus denne torsdag aften i februar.

Aftenens program byder på to forskellige værker. Først en orgelkoncert af Poulenc, dernæst Orffs 'Carmina Burana'.

Men for Mikkel Nymand og Eskild Skovbakke Winding, der sidder i producerboksen, er dette mere end en koncert – det er en præcisionsopgave, hvor hver eneste lyd skal finjusteres, både til live-udsendelsen på P2 og til den endelige optagelse.

Denne aften er en af DR's traditionsrige torsdagskoncerter, hvor DR Symfoniorkestret opfører store klassiske værker. I producerboksen sidder tonemester Mikkel Nymand og den musiske producer Eskild Skovbakke Winding.

Mens publikum finder deres pladser, og orkesteret stemmer instrumenterne, har de to lyd mestre allerede været i gang i timevis. Der er ingen tilfældigheder i aften – lyden skal være perfekt, både i salen og i radioen.

Inden musikken begynder, skal en testtone sendes fra radiostudiet videre til Master Control Room (MCR), hvor lyden monitoreres, før den sendes live til lytterne.

»Så er vi igennem til P2 direkte,« konstaterer Mikkel Nymand, mens han lytter intenst til signalet.

Ti minutter før koncertstart tager han sin sidste runde i salen. Han vender tilbage med et smil.

»Alt er, som det skal være,« siger han begejstret.

Noget lyder helt forkert

Den første del af koncerten er Francis Poulencs orgelkoncert, og det er meget sjældent, at orglet bruges til torsdagskoncerterne i DR's Koncerthus.

DR Koncerthusets orgel er gigantisk og består af mere end 6.000 piber, som varierer i størrelse fra helt små til næsten 25 meter lange og strækker sig fra gulv til loft. Det er en udfordring at fange for mikrofonerne, fordi lyden fra piberne breder sig over et enormt område og skaber en akustisk dybde, der er svær at gengive præcist.

»Noget lyder helt forkert,« siger Eskild Skovbakke Winding undervejs, da orglet spiller.

»Overstemmen er helt væk,« konstaterer han.

Mikkel Nymand forsøger at ret-

te niveauet til P2's lyttere, men man kan fornemme på dem begge, at de ikke får den ønskede lyd.

»Vi har heldigvis et godt sted fra prøven,« siger Eskild Skovbakke Winding opmuntrende.

Den gode indspilning fra prøven bliver vigtigt for den endelige optagelse, der bliver lagt ud. Til den udgivelse står Mikkel Nymand for at klippe lyden fra prøverne og den endelige koncert sammen for at få den bedst mulige udgave.

“

Jeg kan styre lyden fra hvert eneste instrument i salen.

MIKKEL NYMAND
Tonemester, DR

På den måde kommer der til at ligge en nærmest perfekt lydoptagelse – selv hvis orglet rammer lidt forbi på aftenen.

Optager på 76 spor

Mens Mikkel Nymand fingre danser henover mixerpulten foran ham, hvor han konstant justerer lydniveauerne fra instrumenterne, tjekker han samtidig en optagelse, der kører på en stor skærm ved siden af ham. Det er på denne skærm, optagelserne fra alle salens mikrofoner fremgår.

Der er over 70 mikrofoner i salen, blandt andet fra den danske mikro-

fonproducent DPA, Sennheiser og Schoeps. Hver mikrofon har et individuelt lydniveau, og Mikkel Nymand balancerer dem konstant.

»Mikrofonerne er mit instrument,« siger han.

»Jeg kan styre lyden fra hvert eneste instrument i salen og hver eneste solist hele vejen igennem.«

Hver eneste mikrofon optages på hvert sit spor under koncerten. Hvis en af strygerne spiller forkert undervejs, kan han pille den ud og erstatte den med en anden indspilning, hvor strygeren spillede korrekt.

Det er blandt andet også derfor, Eskild Skovbakke Winding er til stede. Han sidder løbende med noderne fra koncerten og markerer, hver gang der sker fejl, som skal finpudses, inden værket skal udgives på DR's platforme.

Samtidig holder han øje med slagets gang og forbereder Mikkel Nymand på koncertens forløb.

»Strygerne kommer lige om lidt,« siger Eskild Skovbakke Winding, og Mikkel Nymand justerer balancen, så lyden rammer det rigtige niveau. Hele vejen igennem koncerten foretager de små rettelser, så det lyder bedst muligt for radiolytterne.

Sæder reflekterer lyden

Med orgelkoncerten overstået går både publikum og orkester til pause. Små problemer prægede første koncert, men heldigvis optages der et sted mellem 700 til 800 gigabytes materiale, som kan klippes sammen for at sikre, at man ikke kan høre det, når koncerten lægges ud til streaming.



Aftenens hovedværk, 'Carmina Burana', skal spilles om 30 minutter, og på scenen bliver der gjort klar til den udvidede opstilling. Det er et stort og internationalt anerkendt værk, hvor især 'O Fortuna' vil lyde bekendt for de fleste.

Det er et imponerende ensemble, der skal op på scenen, og det kræver omfattende tekniske foranstaltninger for at fange lyden.

Mikrofonerne til både Københavns Drengkor og herrekoret skal aktiveres, der sættes mikrofoner op til solisterne, der skal optræde, og Mikkel Nymand kommunikerer over radioen med en scenetekniker, som knipser ind i alle mikrofoner for at



Musisk producer Eskild Skovbakke Winding (t.h) og tonemester Mikkel Nymand forbereder aftenens koncert. Foto: Mathias Abildskov



Mikkel Nymand (tv.) holder både styr på lydniveauerne og optagelserne fra aftenens koncert. Foto: Mathias Abildskov



Bag kulisserne i DR's Koncerthus trykker teknikerne på knapperne, der får lyden ud af salen og ind i radioen.
Foto: Flemming Bo Jensen

sikre sig, at lyden går igennem, som den skal.

Hele setuppet er allerede blevet gennemtestet til generalprøven, og selvom man skulle tro, at der var stor forskel på en propfuld og en tom koncertsal, har man faktisk taget højde for det.

»Sæderne er bygget, så de har en støjrefleksion, der svarer til, at der sidder publikum i. De er absorberende på forsiden og reflekterende på bagsiden. Det er også derfor, man ikke må tage jakker og tasker med, for så skaber det pludselig en anden akustik,« forklarer Mikkel Nyman.

Forberedelserne og producernes store rutine gør, at der en afslappet stemning i boksen, hvor Mikkel Nyman endda har tid til at brygge »DR Byens bedste kaffe – når cafeen i Indre Gade altså har lukket«, som han siger med et smil.

En sidste runde bliver gået i salen, og selvom nogle af de mikrofoner, som hænger fra loftet, har drejet sig en smule, konstaterer Mikkel Nyman, at alt er klar til aftenens hovedværk.

En sidste kraftpræstation

Carmina Burana begynder med et brag, da de velkendte toner fra 'O Fortuna' strømmer ud over publikum og igennem de mange højtalere i producerboksen.

»Så er vi i gang – fandme en god start« udbryder Eskild Skovbakke Winding.

»Ja, den sad,« istemmer Mikkel Nyman.

I producerboksen flytter fingrene sig hastigt over knapper og skærme. Nye balancer bliver justeret, solisterne får et lille løft, koret får mere plads, mens orkesteret stiger i intensitet.

»Så kommer det store slag,« siger Eskild Skovbakke Winding lavmælt, idet paukerne tordner gennem salen. Både han og Mikkel Nyman følger musikken minutiøst, klar til at finjustere de sidste detaljer.

Koncerten nærmer sig sin afslutning, og i producerboksen er der fortsat dyb koncentration. Hver eneste nuance bliver finpudset, mens koncertens klimaks udfolder sig i salen. Solisterne præsterer deres sidste kraftpræstationer, og koret synger med en intensitet, der får rummet til at sitre.

Da den sidste tone ringer ud, og publikum bryder ud i stående applaus, læner de to sig kortvarigt tilbage. Arbejdet er dog langt fra slut. De sidste lydjusteringer skal laves, optagelserne gennemgås, og den endelige version skal klippes sammen.

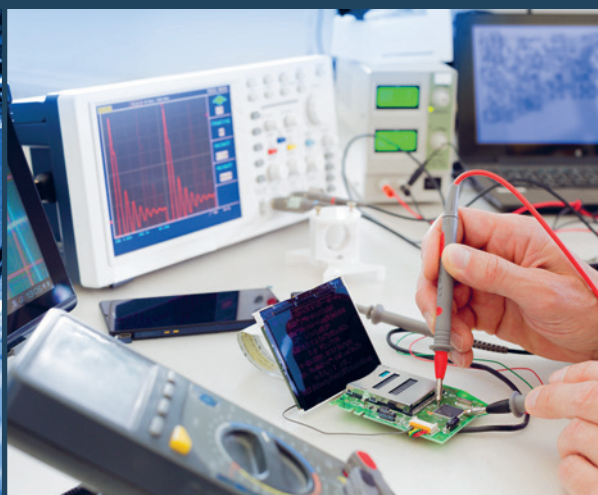
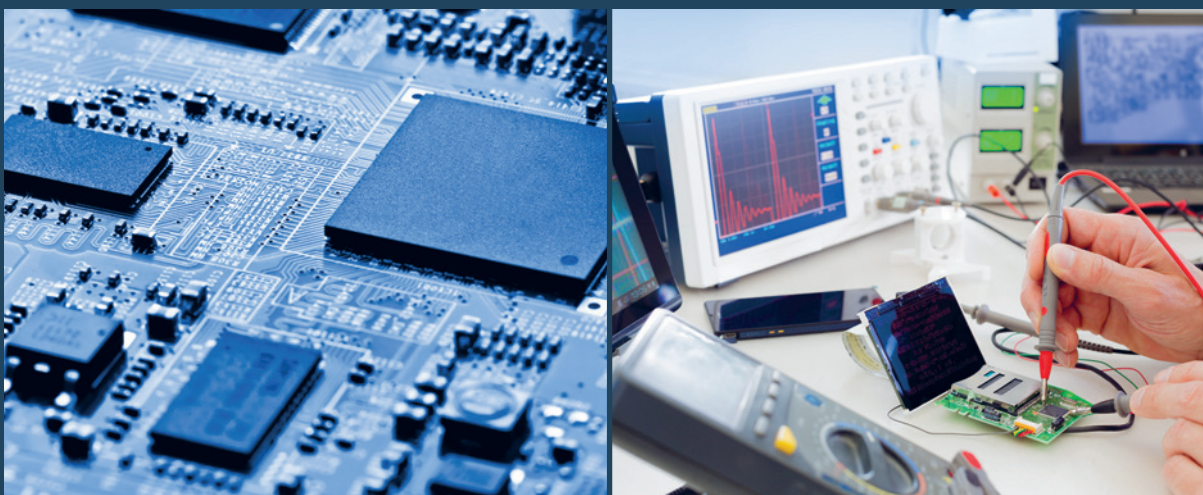
»Det var en god en i aften,« siger Mikkel Nyman og sender et smil til Eskild Skovbakke Winding, inden de giver hinanden et kram som tak for i aften.

Musikken er spillet – men bag kulisserne fortsætter arbejdet med at forevige aftenens oplevelse. En oplevelse, som ifølge de to lydmænd kommer til at lyde mindst lige så godt på stream, end den gjorde i salen. ■

DEVELCO

Technology Development Partner

develco.dk



Produktudvikling

med

Elektronik / Hardware

Embedded Software

- fra idé til

færdigt produkt og

løbende produktion



HØREAPPARATER OTICON VIL AFLÆSE DIN INTENTION

AI og sensorer justerer lydbilledet i realtid

Med en kombination af kunstig intelligens og avancerede sensorer skal Oticons nye høreapparat hjælpe brugere med at navigere i komplekse lydmiljøer og forbedre deres evne til at fokusere i samtaler.

Af Mathias Abildskov
maa@ing.dk

Mennesker med høretab oplever ofte, at samtaler i støjende omgivelser bliver en kamp. Baggrundsstøj gør det svært at skelne ord fra hinanden, og traditionel teknologi har haft begrænsninger i at håndtere dette problem.

Nu forsøger Oticon at komme nærmere en løsning med høreapparatet Oticon Intent, der kombinerer kunstig intelligens og sensorer for at registrere brugerens intentioner og justere lydbilledet i realtid.

Hvor traditionelle høreapparater arbejder med at forstærke lyd, er formålet med Oticon Intent at justere lyden, efter hvad brugeren faktisk ønsker at fokusere på.

Med 4D Sensor-teknologi registrerer høreapparatet hoved- og kropsbevægelser samt lydmiljøet og kombinerer disse data med kunstig intelligens for at justere lydbilledet i realtid.

Tilpasser sig brugeren

I høreapparatet sidder teknologi, som minder om en gyrosensor, der kan måle, hvordan bæreren bevæger sig. Derudover kan den indbyggede AI genkende støjmønstre, der fortæller, hvilket miljø brugeren er i.

Det betyder, at høreapparatet automatisk kan dæmpe baggrundsstøj, når en bruger er i samtale, og åbne op for flere lydindtryk i dynamiske omgivelser.

»Ved at kombinere sensorinformation med AI har vi skabt et høreapparat, der ikke blot forstærker lyd, men faktisk fange de adfærdsmønstre, som er et udtryk for brugerens intention,« forklarer Thomas Behrens, Head of Audiology og Director ved Centre for Applied Audiology Research hos Oticon.

Ifølge Thomas Behrens adskiller Oticon sig fra konkurrenterne på dette område.

»Vi er de første der benytter os af integration af avancerede sensorer, som gør AI stærkere, fordi vi kan bruge teknologien mere præcist på den støj, som er en barriere for brugeren.«

For eksempel skruer høreapparatet op og ned for baggrundsstøjen, så støjen tilpasser sig det miljø, som brugeren befinder sig i.

Teknologien bygger på en ny plat-



Med brug af avanceret teknologi og AI har Oticon udviklet et høreapparat, der justerer lyden efter brugerens intentioner. Foto: Oticon

“

Ved at kombinere sensorinformation med AI har vi skabt et høreapparat, der ikke blot forstærker lyd, men faktisk fange de adfærdsmønstre, som er et udtryk for brugerens intention.

THOMAS BEHRENS

Head of Audiology og Director ved Centre for Applied Audiology Research hos Oticon.

form kaldet Sirius, der indeholder anden generation af Oticons kunstige intelligens, som de kalder Deep Neural Network (DNN 2.0). Den er blevet trænet på millioner af indsamlede lydbidder for at kunne skelne mellem tale og støj med høj præcision.

»Høreapparatet fungerer lidt som en redaktør, der fjerner irrelevante elementer i en tekst og fremhæver det vigtige,« siger Thomas Behrens.

»Vores model kan filtrere støj langt mere intelligent end tidligere, hvilket betyder, at brugeren får en naturlig og klar lydoplevelse, selv i udfordrende miljøer,« fortsætter han.

Hjernen danner mentalt kort

Oticon har trænet sin egen AI på over 12 millioner lydbilleder, hvilket har gjort den i stand til at genkende lydbilleder, selv når de er omgivet af baggrundsstøj.

På den måde kan den kunstige intelligens skelne mellem, hvilken støj der skal sorteres fra, og hvilke lyde der skal sendes videre.

Hørelsen er en kompleks proces,

der starter, i det øjeblik lyd trænger ind i øret.

»Hjernen arbejder konstant på at sortere lyd og skabe mening i det, vi hører. Det er en dynamisk proces, hvor vi hele tiden justerer vores fokus, alt efter hvad der er vigtigt i situationen,« forklarer Thomas Behrens.

Først orienterer hjernen sig ved at danne et mentalt kort over omgivelserne og registrere, hvor lydene kommer fra. Dernæst skifter fokus til den lyd, der vurderes som vigtigst, for eksempel en stemme midt i baggrundsstøj. Til sidst genkendes og tolkes lyden, så brugeren kan forstå samtalen og reagere relevant.

Ifølge Thomas Behrens er baggrundsstøj ofte skyld i, at hørehæmmede ikke kan opfange lyden omkring dem.

»Når der kommer for meget støj ind, bliver det sværere at orientere sig og fokusere i lyden. Det gør, at det er meget vanskeligere at genkende lyde og høre, hvad der bliver sagt omkring en,« forklarer han.

Thomas Behrens forklarer, at den nyudviklede teknologi gør det mu-

ligt for den indbyggede AI at rense lydbilledet, så det bliver nemmere for brugerne at orientere sig i og genkende lyden, de hører.

Kom først med AI

Selvom AI er blevet et buzzword de seneste år, er teknologien ikke ny for Oticon.

»Vi har arbejdet aktivt med AI i mere end ti år, og vi var de første, der formåede at kombinere AI med høreapparater,« siger Thomas Behrens.

Fremtiden bringer dog stadig nye muligheder. Ifølge Behrens vil kommende forbedringer kunne finjustere AI'en yderligere, så den i endnu højere grad kan tilpasse sig den enkelte brugers behov. Bedre integration med eksterne enheder og muligvis en mere præcis brug af visuelle signaler som mundaflæsning er nogle af de områder, der forskes i.

»Vi arbejder på at gøre høreapparater endnu mere intuitive, så brugere ikke skal bekymre sig om teknologien – den skal bare fungere og støtte deres naturlige hørelse,« siger han. ■

DEMANT SÆTTER STANDARDEN:

DRIVER TEKNOLOGISK FRONT MED AI, STÆRKE FIRMWARE-KOMPETENCER OG EGEN CHIPUDVIKLING

Hos Demant handler udviklingen inden for verdens mest avancerede høreapparater om endnu mere AI, integration af nye typer sensorer og en ny chipgeneration.

Af Tech Relations
for Demant

Midt i Europas jagt på teknologisk uafhængighed markerer Demantkoncernen sig som en stille, men stærk frontløber. Med Oticon i spidsen demonstrerer koncernen, hvordan dansk innovation kan konkurrere i verdensklasse – ikke mindst gennem udviklingen af egne specialdesignede chips til høreapparater. Her arbejder over 1.000 R&D-specialister på grænsen af det teknisk mulige, hvor AI, sensorintegration og skræddersyet hardware baner vejen for næste generations intelligente høreapparater.

»Et høreapparat er det eneste apparat, jeg kender, hvor chippen går fra den ene ende af apparatet til den anden. Der er ikke meget plads at gøre med. Samtidig kommer der hele tiden nye features til, der kræver plads og strøm. Det er en kæmpe udfordring for os udviklere,« siger Klaus Petersen, firmware-udvikler i Oticon, der er del af Demantkoncernen. Ud over at producere høreapparater udvikler og producerer Demant diagnostiske løsninger inden for høreområdet samt driver et globalt net af høreklinikker.

Netop egenudviklede chips er en afgørende forudsætning for, at Oticon kan fortsætte med at presse grænserne for, hvad et høreapparat kan. Der er masser af begrænsninger i et høreapparat: Ikke blot er pladsen trang. Strømforbruget skal være minimalt, og samtidig er convenience og brugeroplevelse fuldstændig centralt.

»På et tidspunkt var vi så pressede på *memory*, at vi brugte flere mandeuger på at frigøre nogle få hundrede bytes, så vi kunne presse en ny feature ned,« fortæller Klaus Petersen.

Med så skarpe krav til optimering og ressourceudnyttelse giver det god mening at udvikle egne chips designet til Oticons særlige behov. Det gør det muligt at presse et par ekstra procent *performance* ud af IC'en.

Oticons nuværende platform består af tre egenudviklede chips: en frontend-chip, der bl.a. håndterer forbindelse

til batteri, en DSP/AI-chip, der processerer lyd, og en RF-chip, der styrer forbindelsen til eksterne enheder. Ifølge Klaus Petersen er man lige nu startet på at udvikle et nyt chip-set til fremtidige generationer af høreapparater.

Der, hvor magien foregår

Lena Nilsson er en af de ingeniører, der arbejder med den DSP/AI-chip, hvor 'magien' i høreapparatet foregår. Stadig mere af det, der sker der, kombinerer mere klassisk DSP (*digital signal processing*) med neurale netværk. Den tværfaglige kombinationsøvelse er ifølge hende virkelig spændende, ikke mindst fordi Oticon var de første, der formåede at integrere AI i høreapparater. Nøglen til den bedrift har været data. Umiddelbart forbinder man AI med energisultne serverparker. Et høreapparat er det stik modsatte: et højoptimeret stykke miniatureelektronik proppet med funktionalitet og med begrænset batterikraft.

»Men vi har vildt meget data til rådighed,« fortæller Lena Nilsson.

»Det betyder, at vi kan give de neurale netværk præcis den information, de har brug for, så de kan træffe de bedste beslutninger. Vi skærer alt unødvendigt fra og fokuserer på der, hvor AI'en performer bedre end den konventionelle audiologi, vi har udviklet.«

Generelt kræver AI enormt mange ressourcer og dermed strøm. Det kræver derfor dyb domæneviden at kunne specialisere AI'en til at fungere optimalt uden at dræne batteriet.

Lena Nilsson understreger samtidig, at Oticon har virkelig god audiologi, som ikke er baseret på AI. Den har man ikke tænkt sig at smide ud ad vinduet. Det handler om at kombinere de to tilgange. Desuden skal man hele tiden have brugeren med.

»Vi kan godt optimere med AI, men giver det mening for brugeren? AI-algoritmer bliver helt sikkert en kæmpe del



Demants specialister tester lydkvalitet og brugeroplevelse ved at finjustere høreapparater på realistiske øremodeller. På den måde sikres optimal lydkvalitet for brugeren.

Hos Demant arbejder over 1.000 R&D-specialister med at udvikle næste generations høreapparater. Her står Klaus Petersen, firmware-udvikler og Lena Nilsson, Signal Processing Engineer i Oticon, i et af koncernens avancerede testmiljøer. Fotos: Jeppe Carlsen



af fremtiden, men vi skal ikke bare gøre det bedste af det bedste rent teknisk. Vi skal gøre det bedste for brugeren.«

Spiller kort med brugerne

Selv har hun tæt kontakt med brugere af de høreapparater, hun er med til at udvikle. Bl.a. har hun spillet kort med nogle af dem i et af Oticons lydstudier for at teste software, der tilpasser høreapparatets funktion til den konkrete situation, brugeren sidder i: Sidder man over for én person og vil gerne koncentrere sig om præcis den samtale? Sidder man i et større selskab og vil gerne kunne følge med i, hvad f.eks. børnebørnene snakker om ved den anden enden af bordet? Eller går man på gaden og har brug for at høre ambulancen bag sig og cyklen på cykelstien?

Senest har Oticon lanceret adaptive høreapparater, der integrerer andre typer sensorer end mikrofoner. Lena Nilsson har bl.a. arbejdet på at integrere data fra et accelerometer i et nyt høreapparat lanceret sidste år. Oticon arbejder løbende med at gøre intelligensen bag fortolkningen af sensordata endnu stærkere.

Netop den korte vej fra idé til færdigt produkt er noget af det, Lena Nilsson fremhæver som særlig spændende ved at arbejde som udvikler i Oticon.

»Jeg er uddannet medicoingeniør, og i den branche kan der gå mange år, før et produkt rammer markedet. Men når det gælder høreapparater, er der konstant fokus på innovation. Den internationale konkurrence er hård, og man skal hele tiden være foran konkurrenterne. Derfor er udviklingstempoet højt, og vi har tæt samarbejde med universiteterne og forskningen for hele tiden at have adgang til den nyeste viden og de nyeste metoder.«

Tårnhøje proceskrav

Det høje innovationstempo betyder samtidig, at der er tårnhøje krav til de processer og rammeværk, der styrer

udviklingsarbejdet og det tætte tværfaglige samarbejde mellem teamsene. Som eksempel nævner Klaus Petersen test, der ifølge ham er en hjørnesten i organisationen.

»Vi bruger rigtig meget tid på at lave testsystemer, der verificerer den korrekte funktionalitet af det, vi har lavet. Nede i kælderen står der høreapparater på rad og række sammen med chip-set-boards, FPGA'er osv. De kører i døgndrift for at verificere den nye kode, der laves hver dag.«

Ifølge Klaus Petersen handler det rigide testregime om at undgå fejl, der vil blive ekstremt dyre, hvis de først opdages, når et nyt apparat er ude hos brugeren.

Desuden styres de komplekse udviklingsprocesser af DevOps og *continuous integration/continuous deployment*-filosofier, agile metoder og scaled agile framework-koncepter (SAFE).

Tæt tværfaglighed

Det er systemer, der er helt uundværlige, når man har at gøre med innovative, constraint-baserede produkter udviklet i et tæt samspil mellem mange tekniske discipliner.

»Det gør det superspændende at være her,« mener Klaus Petersen, der har arbejdet i Oticon siden 2014.

»Og du har et kæmpe fagligt netværk. F.eks. er vi 50 firmware-udviklere, så der vil altid være nogen, du kan sparre med. Samtidig arbejder du tæt sammen med andre tekniske discipliner, og du har gode muligheder for at videreudanne dig, også hvis du har lyst til at gå nye faglige veje.«

Lena Nilsson bekræfter. Hun er især interesseret i det hurtige flow i produktudviklingen fra feature til færdigt apparat, der kendetegner Oticon.

»Desuden får du mulighed for at forme din egen rolle herinde. Om du vil dykke ned og blive ekspert på et snævert område, eller om du vælger at være generalist – det bestemmer du i høj grad selv.«

FAKTA OM DEMANT

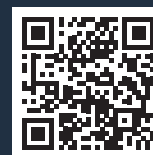
Demant blev grundlagt i Odense i 1920 af Hans Demant, hvis kone led af høretab. Hans Demant mporterede et af de første høreapparater til Danmark og grundlagde samtidig Demant. I dag er Demant en af verdens ledende høresundhedsorganisationer.

Hovedkontor: Smørum, Danmark

- **Medarbejdere:** mere end 22.000 globalt
- **Aktiviteter:** udvikler, producerer og sælger høreapparater og diagnostisk udstyr samt driver professionelle høreklinikker
- **Kernebrands:**
 - *Oticon* – høreapparater
 - *Bernafon* og *Sonic* – høreapparater
 - *Oticon Medical* – høreimplantater
 - *Interacoustics* og *MAICO* – audiologisk diagnostik
 - *Audika* – globalt netværk af høreklinikker
- **Global tilstedeværelse:** salg i over 130 lande, egne kontorer i mere end 30 lande.

JOB OG KARRIEREMULIGHEDER

Vil du være en del af Demants R&D team?



Scan QR koden og søg en af de ledige stillinger eller gå til:
www.careers.demant.com

Ingeniøren var på besøg i DTU's lyddøde rum, hvor al lyd forsvinder med det samme. Her tester forskerne bl.a. akusto-optiske målemetoder for at undersøge, hvordan lyd påvirker lys for at opnå præcise målinger af akustiske bølger og vibrationer.

Foto: Mathias Abildskov



AKUSTIK ET OPHOLD I DTU'S LYDDØDE RUM FÅR BLODET TIL AT LARME I ØRERNE

Her kan ingen høre dig skringe

På DTU bruges et lyddødt rum til forskning i ny lydteknologi. Ingeniøren besøgte rummet for at høre stilheden.

Af Mathias Abildskov
maa@ing.dk

På DTU's campus i Lyngby, hvor grå barakker skyder op i landskabet, kan man finde et rum, der lyder helt anderledes end alle de andre. På resten af DTU fyldes luften af summende studiegrupper, byggearbejde og biler, der kører på tværs af campus. Men ét sted kan man træde helt væk fra støjen. Ingeniøren møder Finn Agerkvist, lektor og gruppeleder for akustisk

teknologi på DTU, som har nøglekortet til et rum, hvor man ingen-ting kan høre. Han har indvilliget i at lukke Ingeniøren ind i DTU's lyddøde rum, som normalt har en helt anden funktion end at underholde journalister. »Vi bruger rummet til at lave ekstremt præcise lydmålinger, hvor vi skal sikre, at der ikke er nogen refleksioner, der forstyrrer,« forklarer Finn Agerkvist. Et lyddødt rum – også kaldet et anekoisk kammer – er konstrueret til at eliminere alle former for lydrefleksioner og ekstern støj. Her dør lyden øjeblikkeligt i stedet for at blive kastet tilbage fra vægge, gulv og loft, som den gør i almindelige rum. På den måde giver det lyddøde rum DTU muligheden for at må-

le den helt nøjagtige lyd, der afgives fra en støjkilde. Her har forskere blandt andet optaget individuelle instrumenter fra et symfoniorkester for derefter at samle dem virtuelt i en digital koncertsal, hvor lyden kan opleves fra forskellige tilskuerpladser. Rummet er også blevet brugt til at teste akusto-optiske målemetoder, hvor forskere undersøger, hvordan lyd påvirker lys for at opnå præcise målinger af akustiske bølger og vibrationer.

Et ekko uden ende
Før Finn Agerkvist åbner op til det lyddøde rum, som Ingeniøren er kommet for at se (og høre), er der et andet stop på vejen. Modstykket til det lyddøde rum findes nemlig også på DTU. I et koldt, aflukket rum med rå

betonvægge og plastplader spændt ud har forskere skabt et miljø, hvor lyden ikke forsvinder – den bliver hængende, som om rummet nægter at give slip på den. Når Finn Agerkvist klapper, bliver lyden hængende, skarp og næsten overvældende. Den kastes frem og tilbage mellem væggene i en refleksion, der ikke ophører, som man forventer. Jo længere man bliver i rummet, jo mere føles det, som om lyden presser sig på. »Herinde dør lyden ikke med det samme, men bliver ved med at reflektere frem og tilbage. Efterklangen er ekstrem, fordi væggene er designet til at maksimere genklangen og forsinke lydens naturlige aftagen,« forklarer Finn Agerkvist, mens hans ord lyder unaturligt høje og insisterende mellem de blanke betonvægge.

Lyden er så insisterende, at man ubevidst trækker sig mod døren for at undgå det evindelige ekko, der er i lokalet. **Fra larm til stilhed** Hvis ekkorummet får én til at træde tilbage, er det den modsatte oplevelse, der venter i det lyddøde rum. Rummet er en imponerende konstruktion: en 8 gange 10 gange 12 meter stor kasse, hvor man træder ud på et finmasket net, så man nærmest svæver mellem gulvet og loftet. Under og over én er vægge dækket af kiler dækket af isoleringsmateriale, der suger al lyd til sig. Her findes ingen reflekterede lyde – kun en tomhed, der opsluger alt. »Kilerne er designet til at bryde lydbølgerne op og absorbere dem fuldstændig. Hvis overfladerne var

RÅDGIVNING & TEST

- Lækstrømsmålning
- Højspændingstest
- Isolationsspænding
- Temperaturtest
- Jordmodstandsmålning
- Brændbarhedstest
- IP test m. fl.

Billekst. Foto: xx

CE og EMC

Totalløsninger for CE af elektriske produkter.

Hos Bolls tilbyder vi bl.a. specialtest for eftervisning af overholdelse af el-sikkerhed efter Lavspændingsdirektivet, Medicodirektivet, Maskindirektivet og R&TTE direktivet.

ALT fra 1/2 times rådgivning til total test og dokumentation.

Billekst. Foto: xx

tlf.: +45 48 18 35 66

Elsikkerhed

Bolls ApS

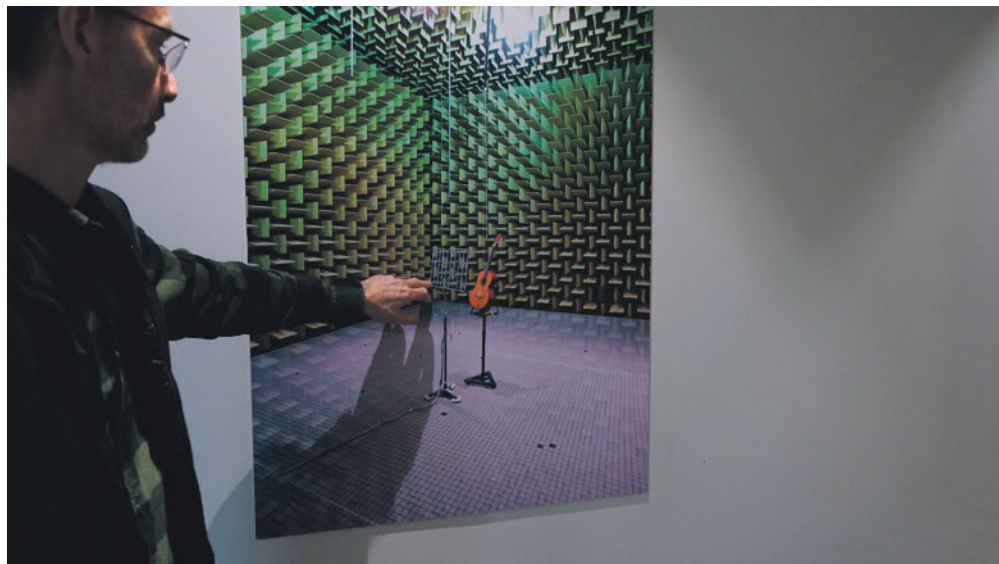
Ved Gadekæret 11 ■ Slagslunde ■ DK-3660 Stenløse

www.bolls.dk

e-mail: info@bolls.dk

Bolls

RÅDGIVENDE TEST- & VIDENSCENTER
- samlet, enkelt, effektivt



Det lyddøde rum på DTU er blandt andet blevet brugt til at måle den præcise lyd fra en akustisk guitar.

Foto: Mathias Abildskov



Ekkorummets på DTU, hvor der høres en unaturlig lang efterklang.

Foto: Mathias Abildskov

flade, ville lyden kunne reflekteres tilbage i rummet, og så ville vi ikke få den totale lydabsorbering, som er nødvendig for præcise målinger,« forklarer Finn Agerkvist.

»Det, som skaber refleksionen, er ændringen fra luft til materiale, og på denne måde skaber man en gradvis overgang fra luft til materiale, hvilket gør, at der bliver reflekteret endnu mindre,« siger han.

Finn Agerkvist klapper for at illustrere forskellen. Hvor ekkorummets kastede lyden rundt mellem de hårde vægge, dør lyden her øjeblikkeligt. Intet ekko, ingen efterklang – kun stilhed.

Det giver en underlig fornemmelse i ørene, når man kan høre sit eget blod, og det genkender Finn Agerkvist.

»Når man går herinde en hel termiddag, kan man godt have brug for at komme ud bagefter,« siger han.

Finn Agerkvist forlader på et tidspunkt rummet og lukker døren, hvorefter jeg bliver efterladt alene i rummet.

På det tidspunkt ændrer oplevelsen sig. Stilheden er ikke bare fraværet af lyd – den bliver en form for larm i sig selv.

Det eneste, der er tilbage, er kroppen. Lyde, der normalt drukner i omgivelsernes baggrundsstøj, træder nu skarpt frem. Blodet suser i ørerne, kæben knager svagt, og et enkelt ryk i nakken sender en række små klik op gennem ryghvirvlerne.

Ord, klap og alle andre lyde, man

kan frembringe, forsvinder i væggene, og det eneste, der hænger ved, er følelsen af at være alene i en lydløs verden – fanget med de lyde, man aldrig kan slippe væk fra. Selv når man prøver at hæve stemmen, virker det mærkeligt. Et skrig i et lyddødt rum kastes ikke tilbage – det dør, før det rigtigt når ud.

Finn Agerkvist nikker genkendende til oplevelsen.

»Når jeg står herinde, kan jeg høre min tinnitus. Der er ingen baggrundsstøj til at maskere den, så den står helt skarpt,« siger han.

Tilbage til larmen

Når man træder ud på campus efter at have opholdt sig i det lyddøde rum, bliver studiegrupperne, gravearbejdet og bilerne pludselig utroligt larmende. Mellem betonbygningerne kastes lydene frem og tilbage, og en matematisk diskussion fylder en af de lange, nøgne gange på campus.

Efter et ophold i total stilhed føles omgivelsernes akustik anderledes. Lyde, man normalt ville ignorere, trænger skarpere igennem. På DTU bliver både stilhed og støj studeret videnskabeligt – den ene for at måle lydrens, den anden for at forstå dens uundgåelige tilstedeværelse.

I ekkorummets forsvinder lyden aldrig. I det lyddøde rum dør den øjeblikkeligt. Men uden for rummene, i den virkelige verden, eksisterer lyden konstant – som en baggrund, vi sjældent lægger mærke til, før den pludselig forstummer. ■



Unik beskyttelse af elektrisk og elektronisk udstyr

Brug Roxtec kabel- og rørtætninger til at sikre beskyttelse mod elektromagnetiske forstyrrelser (EMI) og elektromagnetiske impulser (EMP).

- Certificeret beskyttelse mod brand, gas og vand
- Pladsbesparende løsning med indbygget reservekapacitet
- Nem at vedligeholde og inspicere



Igennem hele testen skal Aksel have elektroder spændt fast til hovedet for at måle responsen i hjernen.

Foto: Mathias Abildskov

MÅLEUDSTYR KAN DU HØRE NOGET?

Ny test afslører høretab hos babyer

Små elektroder på hovedet og målrettede lyde kan nu afsløre, om et spædbarn faktisk opfatter lyd gennem sit høreapparat – en metode, der kan forbedre tidlig høreomsorg.

Af Mathias Abildskov
maa@ing.dk

Tre måneder gamle Aksel ligger trygt i sin fars favn. Han er rolig og nysgerrig, mens han kigger rundt i rummet uvidende om, at han netop nu hjælper med at illustrere en vigtig test for spædbørn med høretab.

Aksel har ikke selv høretab, men er med for at demonstrere Interacoustics' nyudviklede Aided Cortical test – en objektiv metode til at vurdere, om høreapparater er korrekt tilpasset spædbørn og andre, der ikke selv kan give respons på lyd. Ifølge Interacoustics er virksomheden den eneste, der har tilbyder en sådan test, som lukker et vigtigt hul i behandlingen af børn med hørenedsættelser.

Med hovedsæde i Middelfart tilbyder virksomheden en bred vifte af produkter, herunder audiometre og systemer til tilpasning af høreapparater. Den beskæftiger over 800

medarbejdere globalt og er repræsenteret i mere end 100 lande.

I dag bliver alle nyfødte i Danmark tilbudt en høretest få dage efter fødslen. Ved den test får omkring 1-2 promille af de nyfødte konstateret, at de er født med en hørenedsættelse, viser tal fra Herlev Hospital. Hvis et barn får diagnosticeret høretab, vil det hurtigt blive tilbudt høreapparat og behandling, da den første tid af barnets liv er afgørende, når det kommer til udvikling af hørecentrene.

Men hvordan ved man, om barnet faktisk får det nødvendige lydininput gennem apparatet, når barnet stadig er i en alder, hvor det ikke selv ved, hvorvidt hørelsen fungerer, som den skal?

Det har der tidligere manglet en objektiv metode til at validere, men det er præcis den funktion, som er blevet udviklet af ingeniører og audiologer i Interacoustics' lokaler i Middelfart.

Sådan virker testen

Aided Cortical Test adskiller sig fra traditionelle høreprøver ved at måle hjernens direkte respons på lyd, når patienten anvender sit høreapparat. Derved kan man validere tilpasningen af høreapparatet.

Små elektroder placeres på barnets hoved for at registrere de elektriske signaler i hørecentret, mens en højttaler afspiller stimuli, der

minder om menneskelig tale. Hvis hjernen reagerer, betyder det, at lyden når frem – og at høreapparatet har den ønskede effekt for brugeren.

»Det er en ren objektiv test, der måler, hvordan hjernen reagerer på lyden,« forklarer Rasmus Skipper, audilog og Clinical Product Manager i Interacoustics.

For at få præcise målinger kræver det, at man har en tryk og afslappet baby.

»Børnene må ikke falde i søvn, men de må jo heller ikke løbe rundt på væggene. Så det gælder om at holde dem aktiveret med lidt legetøj og sådan noget,« siger Rasmus Skipper med et smil, mens han leder efter en bamse, der kan holde Aksel i godt humør.

Testen bliver derfor udført med babyen siddende på skødet af en forælder, som kan holde dem trygge og rolige under testen. Det virker en anelse besværligt, når elektroderne skal fastgøres flere forskellige steder på hovedet af Aksel, som tydeligvis ikke er vant til at være testperson.

Mens elektroderne bliver sat fast, grynter han lidt utilfreds og kigger forvirret op på sin far. Han rækker ud efter sin fars hånd, mens Rasmus Skipper forsøger at fange hans opmærksomhed med et lille grønt tøjdyr. Til sidst er alt klar, og lydene begynder at spille fra højttaleren foran ham. På skærmen foran audiolo-

gen dukker de første målinger op.

I samarbejde med University of Manchester har Interacoustics' egen forskningsenhed på DTU udviklet et sæt af tre talemønstre til testen. De er syntetisk genereret i en computer for at sikre præcis kontrol over frekvenser og forstærkning.

Efter den indledende forskning har Interacoustics arbejdet videre med testen for at gøre den klar til udrulning.

»Vi har brugt i hvert fald et intetst halvdelen år på at udvikle testen her på stedet,« fortæller Rasmus Skipper.

På skærmen foran audiologen vises en kurve, der afspejler hjernens respons på en stimulus fra testen. Målingerne skal derefter analyseres af fagpersoner for at sikre, at høreapparatet leverer korrekt forstærkning.

103 babyer i en varevogn

Den videnskabelige metode bag Aided Cortical Test har været genstand for international forskning, blandt andet i England, hvor et hold forskere fra University of Manchester var blandt de første til at teste metoden i praksis.

I et usædvanligt forskningsprojekt kørte et hold audiologer fra University of Manchester rundt i en ombygget varevogn for at teste spædbørns hørelse.

Projektet, der fik det fængende

de navn *Ladies in the Van*, blev ledet af et team af kvindelige audiologer, som forvandlede bilen til et rullende laboratorium.

I alt testede de 103 spædbørn for at undersøge, om deres høreapparater gav dem den nødvendige lydinput. Ved at tage forskningen ud af klinikken og ind i babyernes daglige miljøer kunne forskerne indsamle mere nuancerede data og dokumentere, at Aided Cortical Test fungerede pålideligt og gav resultater, der kunne bruges til at justere høreapparaterne.

Interacoustics er i gang med at rulle teknologien ud i over 100 lande. Det er en metode, som kan bidrage til at lukke hullerne i behandlingsforløbet for børn med høretab. Ved at sikre, at høreapparater fungerer optimalt fra start, kan testen spille en vigtig rolle i børns tidlige sproglige og kognitive udvikling.

Aksel protesterer lidt, da elektroderne fjernes, men falder hurtigt til ro i sin fars arme. Alle i rummet – testpersonale, en udsendt journalist og Aksels forældre – er enige om, at han var en yderst tålmodig testbaby.

Det er Interacoustics håb, at testen i fremtiden vil gøre en stor forskel for mange andre børn, som fødes med nedsat hørelse og skal have teknologisk hjælp for at kunne høre ros og kærlige ord fra forældre og omgivelser. ■