

# HUR FUNGERAR ULTRALJUDSMASKINEN?

Den första frågan som man ställer när man vill förstå sig på tekniken bakom en ultraljudsmaskin är kanske:

## ”Hur uppstår ljudvågorna?”

Svaret är piezoelektricitet.

I ultraljudsmaskinens givare (som också kallas transducer) sitter det en rad med piezoelektriska element. Att ett material är piezoelektriskt innebär att det expanderar om en negativ spänning läggs över det, och kontraherar om en positiv spänning läggs över det. Effekten fungerar även på andra hållet, d.v.s. materialet genererar en positiv spänning om det utsätts för sträckande krafter och en negativ spänning om det utsätts för komprimerande krafter. Så genom att lägga en spänning över elementen i givaren kan man få dem att vibrera i önskad frekvens och därmed ge upphov till en ultraljudsvåg.

Text till illustration om spänning: Piezoelektriskt material som trycks samman -- Resultatet blir en negativ spänning. Piezoelektriskt material som dras isär -- Resultatet blir en positiv spänning.

## Givarens uppbyggnad

Det finns ett par olika typer av givare men gemensamt för dem alla är att de innehåller en piezoelektrisk platta, ett så kallat matching-lager och ett backing-lager. Backing-lagret fungerar som en dämpare i givaren. Den piezoelektriska plattan har en nackdel i att den har ungefär 20 gånger högre impedans i jämförelse med mjukvävnad. Det leder till att en stor del av ljudvågen reflekteras mellan vävnad och givare.

Bara ca 20 % av vågens styrka tar sig igenom in i kroppen och resten reflekteras. Om inget görs åt detta kommer den reflekterade vågen att stanna kvar och skapa en massa ekon som stannar kvar långt efter det att spänningen på elementen upphört. Dessa ekon ger upphov till något som kallas ringning. Ringning gör att ultraljudsbilden får väldigt dåligt upplösning. Men backing-lagret tar effektivt hand om detta genom att dämpa det reflekterade ekot mellan vävnad och givare.

Text till illustration av en givare. Inuti givaren: Piezoelektrisk-platta, Elektriska ledare, Backning-lager. Utanför givaren: Lins, Matchning-lager

## Så hur får man en bild då?

När ekot skickats in i kroppen kommer ljudet att sprida sig in i kroppen till ett visst djup beroende på den frekvens och våglängd man använder sig av. En hög frekvens har en kort våglängd och kommer inte så djupt in i kroppen men ger å andra sidan en bra upplösning av signalen. En låg frekvens har en lång våglängd och kommer längre in i kroppen men ger sämre upplösning.

Valet av frekvens styr hur de piezoelektriska elementen vibrerar och vilken typ av våg de skickar ut. När vågen gått in i kroppen kommer den att reflekteras mot olika vävnadstyper. Den

reflekterade vågen skickas tillbaka till givaren där de piezoelektriska elementen komprimeras och ger upphov till en spänning som sedan ultraljudsmaskinen tolkar. Beroende på hur mycket av vågens utgångsintensitet som har reflekterats och hur lång tid det tog kan ultraljudsmaskinen räkna ut var i kroppen vågen reflekterades och utifrån detta bygga upp en bild.

Illustration av givare/ljudvågen: Varje element skickar ut en ljudvåg.

Ultraljudsbild 1: Ekot från efterföljande pulser adderas.

Ultraljudsbild 2: Färdig bild.

## **A-mode, B-mode och M-mode**

Bilder kan återges i A-mode, B-mode, M-mode och 3D.

B står för brightness och innebär att de reflekterade vågornas intensitet anges genom att bilden som skapas får olika gråskalor, från svart till vitt. Ju mer intensitet som kommer tillbaka desto ljusare blir den återgivna punkten och tvärt om. B-mode bilder är mycket lika det man faktiskt skulle se om man gjorde ett tvärsnitt av kroppen och tittade med egna ögon. En annan fördel med B-mode är att det kan användas för att skapa bilder i realtid.

Bildtext: B-mode bild av ett hjärta.

M-mode står för motion mode och används för att visa de temporala förändringarna i ett eko. Bilden visas längs en linje där den ena axeln motsvarar ekots djup och den andra tiden. Det hela ger en uppfattning om hur vävnaden rör sig i förhållande till givaren.

Bildtext: Grafisk representation av M-mode.

A-mode står för amplitude-mode, och är den enklaste bildåtergivningstekniken. Det används dock sällan idag. Det kan användas för en noggrannare bestämning av ljudpulsens gång tid då den återkommande amplituden mäts. De tidigaste ultraljudsbilderna inom diagnostik avbildades i A-mode.

Bildtext: Grafisk representation av A-mode.

## **Typer av givare**

Det finns som sagt ett antal olika typer av givare som används beroende på vad och var i kroppen man vill titta. En linjär givare, till exempel, används när man vill titta på vävnader som ligger nära ytan i kroppen. Ett vanligt föremål är blodkärl. En linjär givare är ofta rektangulär i formen men den finns även i kurvformade varianter som ger en något större djup. Dessa givare används då man vill studera bukregionen. I en linjär givare skickas signalen från ett aktivt element i taget. När en puls har sänts iväg fungerar en grupp av andra element som mottagare. När alla eken återvänt till den aktiva gruppen, flyttas ett element från denna grupp till nästa aktiva grupp och processen börjar om. En annan variant av givare är den fasade givaren. I denna givare sprider sig strålen alltid solfjäderform. Till skillnad från i en linjär givare så består sändning och mottagning av ljudimpulsen av samma element i en fasad givare. Man kan även ändra fokus i en linjärgivare genom att styra när de olika elementen skall aktiveras.

Bild 1: Linjär givare, med färgdoppler

Bild 2: Kurvformad linjär givare

Bild 3: Fasad givare, här med färgdoppler

## Dopplereffekten

Alla har nog märkt av dopplereffekten någon gång i sina liv. Det karaktäristiska lätet som uppstår när en ambulans kör förbi kan till exempel tillskrivas dopplereffekten. Dopplereffekten är förändringen i den observerade frekvensen från en ljudvåg i rörelse i jämförelse med den utsända frekvensen från ljudkällan. Dopplerskiftet är det som uppstår när ljudkällan rör sig bort från detektorn. Då kommer avståndet mellan ljudvågorna att öka och den detekterade frekvensen blir lägre än den utsända. Storleksordningen på dopplerskiftet är proportionell mot hastigheten som ljudkällan rör sig. Tack vare detta fenomen kan man använda ultraljud för att mäta blodflöde. Man mäter helt enkelt skillnaden i frekvens från det utsända ljudet och det eko som reflekteras tillbaka från blodkroppar i rörelse.

Bildtext: Figuren visar principen för dopplereffekten. När blodkropparna rör sig mot källan ökar frekvensen ( $\lambda$ ) och när de rör sig från källan minskar frekvensen.

## Färgdoppler

Det finns även något som kallas färgdoppler. Då kodar man den uppmätta frekvensen med en färg. Vanligtvis låter man blått betyda att blodet är på väg bort från givaren och rött att det är på väg mot givaren.

## Kontinuerligt och pulsad doppler.

Doppler kan sändas kontinuerligt eller i pulser.

Kontinuerligt doppler innebär att man hela tiden sänder in en våg och får en lika dan tillbaka. Det kräver att man måste ha skilda delar för sändning och mottagning. Kontinuerligt doppler gör det möjligt att studera snabba flöden eftersom det inte finns någon hastighetsbegränsning, dock kan man inte begränsa djupet eller bestämma en exakt punkt man vill titta på. Kontinuerligt doppler återbildar allt i dess väg. Med pulsad doppler har man möjlighet att bestämma hur långt in i kroppen pulsen ska gå och var fokus ska hamna. Samma element kan användas för sändning och mottagning.

Pulsad doppler innebär att man skickar in en puls i vävnaden och väntar på ekot innan man skickar in en ny. Detta ger begränsningar vad gäller hastigheter. Därför är det inte rekommenderat att använda pulsad doppler om man vill titta på flödes hastigheter eftersom mycket information hinner gå förlorad mellan pulserna.

## Jenny Bengtsson, Michaela Westerberg

Civilingenjörsutbildning Medicin och teknik

Handledare: Monica Almqvist

Lunds universitet, Lunds Tekniska Högskola