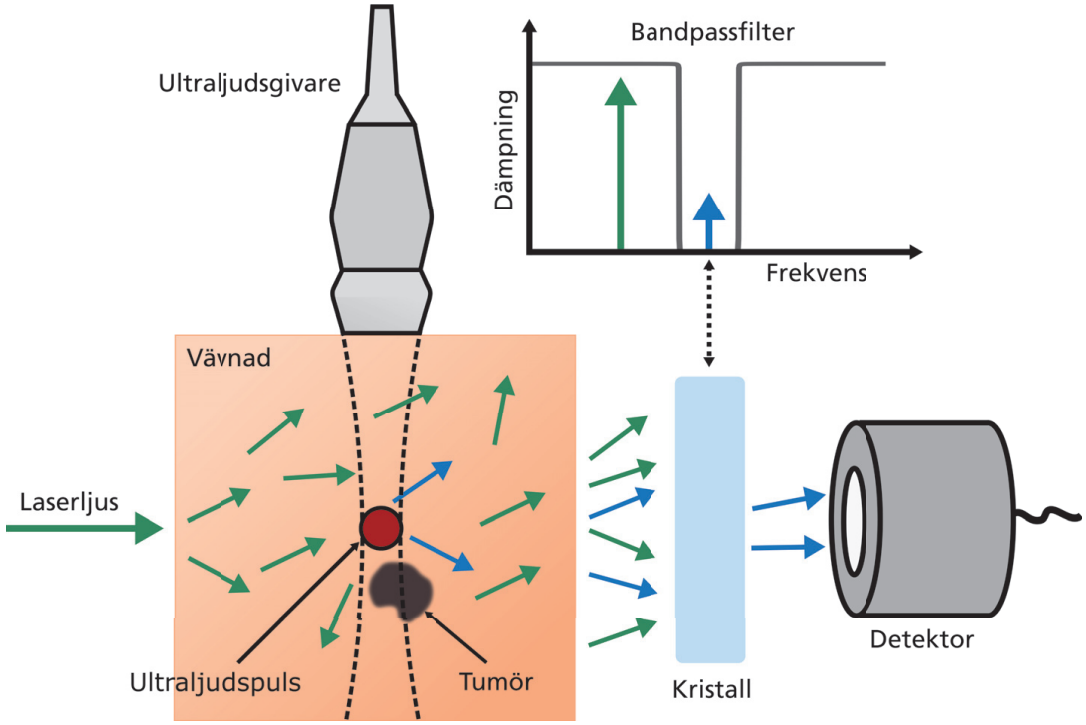
Populärvetenskaplig sammanfattning på svenska

Bildgivande tekniker inom medicinsk diagnostik som magnetisk resonanstomografi (MRI), röntgen, ultraljud, etc. är väldigt viktiga i dagens samhälle, och har bidragit till att öka både livslängden och livskvaliteten för många människor. Beroende på vilken vävnadstyp man vill avbilda, fungerar teknikerna olika bra, eftersom det är olika fysikaliska mekanismer som ger upphov till bildkontrasten. Tekniker som använder ljus har en molekulär kontrast som inte kan fås med andra tekniker, och har därför vissa fördelar. Till exempel, så är ljus väldigt bra för att detektera hemoglobinmolekylen i blodet, och är det stor skillnad på hur ljus interagerar med syresatt och icke syresatt hemoglobin. Det kan man bland annat använda för att skilja på frisk och cancersjuk vävnad. En teknik som använder ljus för att avbilda hjärnan skulle vara väldigt användbar för att öka vår förståelse för hur hjärnan fungerar, och för sjukdomar som till exempel stroke, för att nämna några användningsområden.

Det finns dock ett stort problem med att använda ljus för att ta bilder inne i kroppen. Till skillnad från radiovågorna som används för MRI, röntgenstrålning, och ultraljud, som färdas rakt igenom vävnad, så sprids ljus kraftigt. Redan efter att ha färdats några millimeter inne i vävnaden så är ljusets färdriktning helt slumpmässig. Eftersom man inte vet vilken väg ljuset färdats, tappar man rumsupplösning, och man kan inte återskapa en skarp bild. För närvarande finns det därför inte någon medicinsk teknik som använder ljus för att ta skarpa bilder av hjärnan eller andra djupliggande organ i kroppen.

Denna avhandling handlar om en teknik som heter ultrasound optical tomography (UOT) som kombinerar laserljus med ultraljud för att kringgå problemet med dålig upplösning på grund av spridning. Målet för UOT är möjliggöra medicinsk avbildning med ljus flera centimeter in i kroppen. Figur 1 visar hur en UOT-mätning fungerar. Laserljus och en ultraljudspuls skickas in i vävnaden. Laserljuset sprids över ett stort vävnadsområde. Ultraljudspulsen däremot kan fokuseras till en liten volym. En bråkdel av laserljuset passerar genom, och växelverkar med ultraljudspulsen, vilket gör att ljuset ändrar frekvens (alltså färgen på ljuset ändras). I Figur 1 visas det frekvensskiftade ljuset med blå pilar, och det icke frekvensskiftade bakgrundsljuset, alltså det ljus som inte passerat genom ultraljudspulsen och ändrat frekvens, med gröna pilar. Även om vi inte vet vilken väg det frekvensskiftade ljuset som kommer ut ifrån kroppen har tagit, så vet vi att det måste ha gått genom ultraljudspulsen, eftersom det frekvensskiftade ljuset enbart genererats i den volym som ultraljudspulsen upptar. Om man mäter intensiteten på det frekvensskiftade ljuset när man skickar ultraljudspulser till flera olika ställen i vävanden, så kan man en pixel i taget, skapa en bild där kontrasten kommer ifrån ljuset och upplösningen kommer från ultraljudet.



Figur 1: Under en UOT-mätning skickas både laserljus (gröna pilar) och ultraljudspulser (röd skiva) in i kroppen. Laserljuset sprids över ett stort vävnadsområde, men en liten del av ljuset går genom, och växelverkar med ultraljudspulsen, vilket gör att ljuset ändrar frekvens (blå pilar). Om man bara detekterar det frekvensskiftade ljuset kan man ta bilder med ljus djupt inne i kroppen. Man kan separera det frekvensskiftade ljuset (blå pilar) från bakgrundljuset (gröna pilar) med bandpassfilter som skapats i kristaller som innehåller joner av sällsynta jordartsmetaller.

Frekvensändringen som ultraljudspulsen ger upphov till är dock extremt litet jämfört med frekvensen på laserljuset (ungefär en del på hundra miljoner). Dessutom, så kan bakgrundsljusets intensitet, vara hundratusen gånger högre än intensitet på den frekvensskiftade signalen vi vill mäta för att kunna ta en UOT-bild. Vi måste alltså blockera det starka bakgrundsljuset, som inte innehåller någon användbar information, eftersom det ljuset inte passerat genom ultraljudspulsen. Detta är väldigt tekniskt utmanande, och även om UOT-konceptet har funnits sedan 1993, och flera olika metoder för att detektera signalen har undersökts, har man inte lyckats utveckla tekniken till ett stadie där den kan användas på sjukhus.

I Lund så undersöker vi hur man kan använda kristaller som innehåller joner av sällsynta jordartmetaller för att filtrera ut den frekvensskiftade signalen. Genom att belysa jonerna i kristallen med laserljus med samma frekvens som signalen, så kan man få dem att bli genomskinliga för signalen, samtidigt som de blockerar backgrundsljuset. Man kan skapa ett så kallat bandpassfilter i dessa kristaller, som visar sig ha unika egenskaper. Filtren kan ha väldigt small bandbredd, hög dämpning, och fungerar oberoende av vilken riktning ljuset har genom kristallen, vilket är väldigt användbart då det spridda ljuset lämnar vävnaden i alla riktningar. Att samtidigt ha dessa tre filtere-

genskaper är inte möjligt med någon annan typ av filter som finns idag.

I denna avhandling presenteras forskning på ny typ av kristall (Tm^{3+}:LaF_3) för UOT. Resultaten visar på en stor potentiell förbättring i filterprestande jämfört med tidigare använda kristaller. Vidare, så presenteras även UOT-mätningar på vävnadsfantomer i syfte att bättre förstå hur signalstyrkan beror på olika experimentparametar, vilket förbättrar vår förståelse för hur ett optimerat UOT-system kan presentera. Resultaten tyder på att UOT med hjälp av våra kristaller, skulle kunna användas för att ta bilder på mycket större djup än vad som är möjligt med andra tekniker idag, och till exempel, så skulle man kunna hitta tumören som ligger gömd flera centimeter ner i vävnaden i Figur 1.