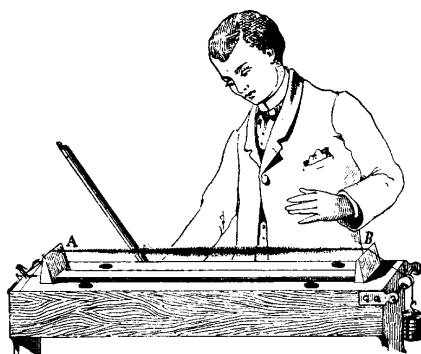


**MUSIKAKUSTISKA FORSKNINGSGRUPPEN  
ÅRSRAPPORT 2001**

**Omslagsbilden** visar rörelseprofiler av över- och underarmen, handen och trumstocken hos fyra slagverkare som spelar en sekvens, där vart fjärde slag är accentuerat. Rörelserna har registrerats på de ställen som markerats med nummer i streckfiguren, och samma nummer återfinns på kurvorna. Förberedelsen inför det accentuerade slaget kan ses som en större ögla jämfört med de mindre, oaccentuerade. Rörelserna är mestadels mycket regelbundna men strategin varierar mellan spelarna. Spelare S1 utnyttjar främst handleden medan spelare 2 använder hela armen för att accentuera. Registreringen är hämtad från Sofia Dahls pågående avhandlingsarbete.

TRITA TMH 2002:2  
ISSN 1104-5787  
ISRN/KTH/TMH/FR--2002/2--SE



## MUSIKAKUSTISKA FORSKNINGSGRUPPEN ÅRSRAPPORT 2001

Musikakustiska forskningsgruppen vid institutionen för tal, musik och hörsel, KTH, presenterar här sin 34:e årsrapport. Den utsänds som förut kostnadsfritt till cirka 700 personer med intresse för verksamheten. Forskningssammanfattningar finns dessutom i en engelsk version på Internet på vår hemsida [http://www.speech.kth.se/music/music\\_research\\_topics.html](http://www.speech.kth.se/music/music_research_topics.html).

Årsrapporten är ett av flera sätt på vilka gruppen sprider kännedom om sina forskningsrön. Vid KTH ges sedan mer än 20 år en kurs i musikakustik, och sedan 1986 hålls högre seminarier. Särtryck av nya artiklar erbjuds årligen ett 100-tal personer och institutioner.

Musik betraktas ofta som en förfinad konstform för en liten elitklick. Detta är fullständigt fel. Musik är den kulturform som har den största publiken. Nästan alla människor på vårt klot tar initiativ för att lyssna på musik. Detta gör musiken alldeles unik. Vår forskning strävar efter att belysa skälen till att musiken har denna särställning.

Musikakustikens strategi är att beskriva och förklara musiken i dess ljudande form. Formen bestäms av två faktorer, hur ljuden bildas i instrumenten och sammansätts till strukturer och hur ljuden uppfattas av människan. Att undersöka hur musikinstrumenten fungerar akustiskt är fysikalisk grundforskning. Att studera hur vi uppfattar musik ligger nära musikpsykologin och ger insyn i hur människan uppfattar ljud och ljudföljder, och resultaten kastar ljus över den musikaliska kommunikationsprocessen.

Musikakustikens tillämpningsområden ligger inom flera av musikkulturens områden, som exempelvis musikinstrumentbyggeri, musikteori, musikpedagogik, musikpsykologi, elektroakustiskt musikskapande och annat slags komposition. Den inom musikkulturen unika kombinationen av musikforskning och teknisk högskola gör det angeläget för gruppen att dessutom pröva hur ny teknik kan utnyttjas i musikens tjänst.

Internationellt sett styrs aktiviteten inom musikakustik i hög grad av syntindustrins teknologiska inriktning. En viktig trend är att efterbilda funktionen hos traditionella musikinstrument. Man formulerar matematiska modeller av instrumenten, och använder dessa för syntes. I fallet gitarr formulerar man exempelvis ekvationer för strängen och korpus liksom för knäppningen av strängen. Ekvationerna används sedan för att framställa gitarrtoner på syntetisk väg. En förutsättning för såna modeller är musikakustisk grundforskning av den typ som bedrivs i vår forskningsgrupp.

Här spelar vår grupp en särskilt viktig roll, eftersom den kontinuerligt kunnat bedriva grundforskning under mycket lång tid. Vi intresserar oss även för att finna syntes- och tonalstringsmetoder som är mer spelmässigt relevanta och mer direkta än att simulera befintliga instrument. Behovet av teorier för musikinstrumentens funktion finns naturligtvis också inom traditionellt instrumentbyggande, som säkerligen kommer att fortsätta för överskådlig framtid. Vi är därför övertygade om att vår grundforskning kommer att spela en alltmer betydelsefull roll i framtidens musikodling.

Till årets motgångar får räknas svårigheterna att erhålla tillräckliga anslag. Å andra sidan har vi under år 2001 kunnat glädja oss åt cirka 15000 besök på vår hemsida, vilket är ca 50% mer än året innan. Gruppen har dessutom engagerats i flera europeiska forskningsprojekt bekostade av European Commission: MEGA, MOSART, SOb och Marie Curie Training Site. Det sistnämnda innebär att gruppen klassats som ett "Center of Excellence". Detta engagemang har inneburit stor stimulans för vår verksamhet genom att vi har fått många unga begåvade och hängivna gästforskare i vår grupp.

### **Personal och ekonomi**

Vår medarbetare sedan 70-talet, violinisten och teknologie hedersdoktor, professor **Lars Frydén**, avled i oktober efter en lång tids alltmer plågsam sjukdom. Tillgången till hans enorma sakkunskap, som han kombinerade med tålmod, humor och anspråkslöshet, har varit ovärderlig i vår forskning både vad gäller musikalisk interpretation och fiolens akustik. Gruppen känner gränslös tacksamhet över hans insatser för vår forskning.

Gruppens sammansättning har under år 2001 varit:

*Johan Sundberg*, professor i musikakustik, pensionerad 01-06-30

*Erik Jansson*, docent

*Anders Askenfelt*, docent, omvald till prefekt för TMH på 4 år.

*Sten Ternström*, docent

*Anders Friberg*, teknologie doktor (deltid)

*Roberto Bresin*, teknologie doktor

*Mikael Bohman*, civ.ing. (deltid sedan förste oktober)

*Eric Prame*, civilingenjör, doktorand  
*Sofia Dahl*, ingenjör, doktorand  
*Monica Thomasson*, sångpedagog, doktorand (deltid)  
*Svante Granqvist*, civilingenjör, doktorand  
*Peta Sjölander*, (f White), PhD, gästforskare, föräldraledig från 1 augusti  
*Erwin Schoonderwaldt*, gästforskare  
*Kjetil Falkenberg Hansen*, gästforskare, (deltid)  
*Alexander Galembo*, gästforskare  
*Carlo Drioli*, gästforskare sedan förste oktober

Personalkostnaderna har bestridits av KTH, Teknikvetenskapliga forskningsrådet TFR, Naturvetenskapliga forskningsrådet NFR, Forskningsrådet för Arbetsliv och Socialvetenskap (FAS), Wenner-Gren Stiftelsen, Carl Tryggers Stiftelse, samt av European Commission. Under året har Jansson fått huvuddelen av sin lön garanterad fram till pensioneringen.

### **Professuren i musikakustik**

Professuren i Musikakustik återbesattes inte i samband med Sundbergs pensionering den 1 juli, som nämndes i förra årsrapporten. Ämnet och gruppen företräds tills vidare av ett verkställande utskott, där gruppens samtliga seniora forskare ingår.

## **FORSKNING**

### **Operasångare och lungvolym**

Inom sångpedagogik och talträning läggs stor vikt på andning och andningsbeteende. Varför stämbandets skulle bry sig om vilken andningsstrategi som används är dock inte helt klarlagt.

Inom projektet "Breathing and phonation", har vi tidigare visat att lungvolymen har betydelse för hur röstkällan fungerar hos röstligt otränade personer. När lungvolymen minskar, blir stämbandets slutfas längre, luftflödet genom glottis liksom det glottala läckaget minskar, och subglottala trycket blir lägre. Sammantaget tyder detta på att stämbandssammanknipningen, eller adduktionskraften, som påverkar röstkällan, är mindre på hög än på låg lungvolym hos otränade sångare. Dessutom visade sig struphuvudet stiga med avtagande lungvolym. Allt detta kan förklaras av att luftstrupen utövar en nedåttiktad dragningskraft på struphuvudet, det sk trakealdraget. Det avtar med minskande lungvolym.

Tillåts trakealdraget att inverka på tonbildningen också hos röst användarnas olympiska atleter, de professionella operasångarna, eller är detta något som de

har tränat bort? *Monica Thomasson* har replikerat den ovannämnda undersökningen med 9 manliga professionella operasångare. Olika röstkälleparametrar samt subglottalt tryck och struphuvudshöjd har analyserats på hög respektive låg lungvolym. Analysen av resultaten är inte helt klara än, men vissa preliminära resultat tyder på att lungvolymens påverkan på röstkällan och struphuvudshöjden inte är densamma hos sångarna som hos de otränade, medan andra är det.

Trakealdraget påtalades och uppmättes redan på 1950-talet av en då ung anatom, Wolfgang Zenker. Johan Sundberg hade tillfälle att sammanträffa med honom under sitt besök i Zürich under våren. Zenker var en lika vänlig som vital professor emeritus, som gladdes oerhört åt att hans nästan halvsekelgamla uppsatser nu hade resulterat i fortsatt forskning och doktorsavhandlingar; tidig produktivitet parad med ett långt liv verkar vara omistliga tillgångar för forskare som blir glada av att se sina resultat komma till användning.

### **Vitsen med velum på glänt?**

Många sångare sjunger vokalen [a] som i *bar* med öppningen till näshålan mer eller mindre på glänt. Det visade en tidigare undersökning som *Johan Sundberg* genomförde tillsammans med de danska sångpedagogerna *Peer Birch*, *Bodil Gjømoes* och *Hanne Stavad*, samt foniatern *Svend Prytz*. Undersökningen gällde 18 professionella operasångare av olika kategorier, från höga sopraner till låga basar. Frågan inställer sig då varför de öppnar velum när de sjunger [a]. Den frågan studerades i en ny undersökning.

Med tredimensionell röntgenteknik avbildades ansatsröret och näshålan hos en baryton medan han sjöng vokalen [a]. Undersökningen gjordes av överläkaren *Agnete Karle* på Bispebjergs Hospital i Köpenhamn. Bildmaterialet, som visade att sångaren hade en mindre velumöppning, omvandlades sedan med hjälp av datorteknologi till en avgjutning i epoxi som motsvarade sångarens ansatsrör och näshåla. Två exemplar av denna avgjutning gjordes. I det ena frästes hela velumpartiet bort och ersattes alltså med ett stort hål, i vilket 2 cm långa rörstumpar av olika diameter kunde infogas lufttätt med hjälp av modeller. På det sättet kunde olika vida hos dessa modeller kunde sedan uppmätas.

Resonanserna i den obearbetade modellen låg vid frekvenser som liknade sångarens formantfrekvenser. Tredje, fjärde och femte formanterna låg sålunda i ett ca 1000 Hz brett kluster, vilket bildar en akustisk förutsättning för att den sk sångformanten skall uppkomma.

Velumöppningen införde ett minimum i modellens frekvenskurva vid en frekvens som låg i närheten av näshålans resonansfrekvens. Näshålan suger alltså ut ljudenergi ur ansatsröret vid sin resonansfrekvens. Denna frekvens

varierade beroende på velumöppningens storlek. Avgjutningen av näshålan var emellertid avskuren i höjddled och därigenom hamnade lägsta näsresonansen alltför högt i frekvens. Genom att bruka tidigare uppmätningar av näskaviteter kunde konstateras att denna resonans bör ligga i närheten av 500 Hz. En resonator konstruerades med denna resonansfrekvens och anslöts till ansatsrörsmodellen. Med lämpligt vald storlek av velumöppningen i denna modell kunde minimum i modellens frekvenskurva stämmas ner till ansatsrörets första formantfrekvens. Därigenom dämpades tillhörande topp i frekvenskurvan.

Vad kan en sångare vinna genom att införa ett sånt minimum i frekvenskurvan för sitt ansatsrör i vokalen [a]? Ett troligt skäl är att man på det viset kan få sångformanten att bli mera dominant i spektrum. Första formanten bildar nämligen den högsta toppen i spektrum av den vokalen, och om velumöppningen bara gör den toppen svagare, kommer de högre formanterna att bli mera framträdande i spektrum.

Velumöppning verkade inte förekomma när sångarna sjöng vokalerna [i] och [u], som i *bit* och *bot*. De vokalerna har sin första formant ungefär en oktav under första formanten i [a]. Det lär knappast vara möjligt att stämma ner näsresonansen till så låga frekvenser. Det vi hittills sett tyder alltså på att sångarna utnyttjar näshålans lägsta resonansfrekvens för att ge mera klanglig briljans åt vokalen [a].

### **Broadwaystil eller klassisk operateknik?**

*Johan Sundberg* har fortsatt sitt samarbete med *Tom Cleveland* och *Ed Stone* vid Voice Center, Vanderbilt University, Nashville. *Jan Prokop*, sångerska som sjunger professionellt i både Broadwaystil och i klassisk operastil, var försöksperson. I försöket sjöng hon samma sånger i båda stilar och dessutom inspelades hennes tal i olika styrka. Ett lyssnartest med experter på olika sångstilar visade att hennes exempel på de båda sångstilarna var typiska.

Röstklngen visade stora skillnader mellan stilarna även om ljudnivån var likartad. Vibrato förekom i båda stilarna, men användes mera sparsamt i Broadwaystilen. Grundtonen var genomsnittligt betydligt starkare i operastilen medan deltonerna mellan 800 och 1600 Hz var ca 10 dB svagare.

Dessa olikheter verkar bero på både röstkällan, dvs hur stämbanden fungerar, och på ansatsrörets resonanser, formanterna. Röstkällan jämfördes i exakt samma toner i de inspelade sångerna. Jämförelsen visade att hon använde något lägre subglottalt tryck i operastilen och den starkare grundtonen berodde på att slutfasen i stämbandsvibrationerna var kortare. Detta verkade i sin tur bero på att hon använde kraftigare adduktion dvs stämbandsammanslutning i Broadwaystilen.



Vokalfärgen var genomgående litet mörkare i operastilen. Detta berodde säkerligen på att formantfrekvenserna var lägre, troligen på grund av en lägre struphuvudställning. Det var sannolikt också de högre formantfrekvenserna i Broadwaystilen som gjorde deltonerna mellan 800 och 1600 Hz starkare.

Över huvud taget var rösten i Broadwaystilen mera lik den hon använde i starkt tal. En rapport om undersökningen har färdigställts.

### **Att sjunga i en centrifugsång**

Röstapparaten är ett komplext system. Dess vitala funktion är att se till att mat och dryck respektive andningsluft kommer till rätt adress i kroppen snarare än att fungera som ett musikinstrument eller som verktyg för talad kommunikation. Kontrollen av stämbanden är beroende inte bara av muskelkrafter utan också av elasticitet och tyngdkraften. Hur den senare inverkar på stämbandsfunktionen är emellertid fullständigt okänt.

För att utforska detta gjorde *Johan Sundberg* ett spektakulärt experiment i samarbete med *Dirk Mürbe*, *Gert Hofmann* och *Matthias Bornitz*, Institut für Stimmforschung, Hochschule für Musik Carl Maria von Weber, Dresden samt Klinik und Poliklinik für HNO-Heilkunde der Technische Universität Dresden. Experimentet utfördes i samarbete *U. Lindner* vid Flugmedizinisches Institut der Luftwaffe, Abteilung Flugphysiologie, som är ett stort flygmedicinskt laboratorium i Königsbrück. I experimentet placerades en sångare i en liten kabyss som roterade i en jättelik trumma. Genom att ändra rotationsfarten ändrades tyngdkraftens inverkan och genom att ändra kabyssens orientering från upprätt till sidoliggande kunde tyngdkraftens riktning ändras.

Sångarens uppgift var att sjunga en lång ton, och hypotesen var att tyngdkraften har betydelse för tonhöjdskontroll och vibrato. Sångaren hörde ett starkt brus genom hörlurar, så att han inte kunde höra sin egen röst. Analys av resultaten pågår, men det verkade som om tyngdkraften har viss betydelse för tonhöjden och möjligen också för vibratot.

### **Att överrösta glada barn**

Att man höjer rösten i närvaro av buller är allom bekant, men kanske inte att det finns yrken i vilka man är särskilt benägen att få röstbesvär, helt eller delvis på grund av omgivningsbullret på arbetsplatsen. Tidigare undersökningar (Fritzell; Titze et al) har t ex visat att lärare är fyrfaldigt överrepresenterade på röstklinikerna, och musiklektörer tiofaldigt.

För att få reda på vad man egentligen gör med rösten ska man helst spela in den i pågående buller, men då kommer ju själva bullret att göra det svårt att analysera inspelningen med gängse metoder. Om man emellertid i förnämliga högtalare återger ett helt realistiskt inspelat buller, i vilket försökspersoner får

läsa högt, då kan man med modern signalbehandling tvätta bort detta buller, trots att det har passerat högtalare och rum och mikrofon. Därmed kan talarens röst friläggas och avlyssnas eller uppmätas i stort sett helt utan buller. Detta görs av *Sten Ternström* och civ.ing. *Mikael Bohman* tillsammans med logopeden dr *Maria Södersten* från Huddinge Universitetssjukhus. Ett första försök under 2001 visade på ett slående sätt hur beroende talarnas röster var av omgivningsbullret. Rösterna ändrade sig på ungefär samma sätt med bullernivån, oavsett om bullret var dagis eller disco eller bara brus. En undertryckning av bullret på mellan 30 och 40 dB (d v s ned till en tiotusendel i effekt räknat) kunde erhållas, förutsatt att försökspersonen kunde sitta mycket still under läsningen (!). Härmed kan nya data om stark fonation erhållas. Metoden beskrivs inom kort i *Journal of Voice*. Ytterligare inspelningar pågår i skrivande stund, med en på flera sätt förbättrad uppställning.

Tekniken med bullersläckning kan användas inte bara till analys, utan också för att påtagligt demonstrera för arbetstagare och arbetsgivare hur en given röst ansträngs i ett givet buller. Projektet stöds 2001-2002 av forskningsrådet för arbetsliv och samhälle (FAS). En ansökan om en fortsättning är nu inlämnad.

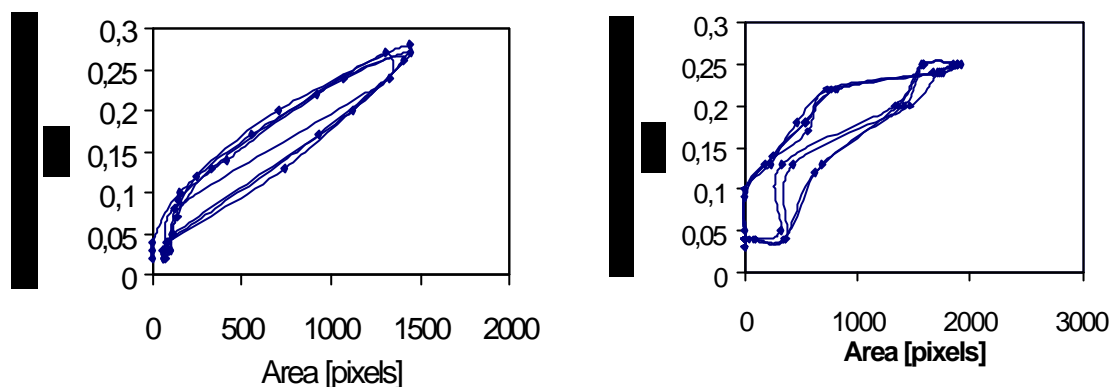
### **Stämbandsvibration och pulserande luftflöde**

En springande punkt i vår förståelse för stämbandsfunktionen är sambandet mellan vibration och ljudalstring. Det pulserande luftflödet genom glottis, dvs röstkällan, kan man analysera med akustiska metoder och därigenom har man kunnat studera hur olika röstegenskaper motsvaras av egenskaper hos luftflödet. Genom stroboskopi vet man också en hel del om hur stämbandsvibrationerna ser ut hos den normala rösten och i olika röststörningar. Men kopplingen mellan vibration och luftflöde är en vit fläck på kartan.

Nu finns emellertid goda möjligheter att teckna och färglägga denna fläck genom att kombinera höghastighetsfilmning av stämbanden med analys av röstkällan. Denna kombination har aldrig prövats förr och ett första pilotförsök gjorde *Svante Granqvist* och *Johan Sundberg* i samarbete med *Stellan Hertegård* och *Hans Larsson* vid Avdelningen för logopedi och foniatri vid Huddinge Universitetssjukhus. Mätningarna gjordes på fyra försökspersoner, två män och två kvinnor som fonerade olika starkt på olika tonhöjder och med olika fonations sätt.

Ett specialskrivet datorprogram mätte automatiskt relativa glottisytan och luftflödesanalysen gjordes med vanlig inversfiltrering. Resultaten visade intressanta samband mellan glottisyta och luftflöde. I början av glottisöppningsfasen ger en given glottisyta ett ringa luftflöde. Skälet bör vara att luften då måste accelereras från stillastående till strömmande. I slutet av

öppenfaser ger samma glottisyta ett större flöde, sannolikt därför att luftströmmen då har god fart.



*Figuren visar hur luftflödet genom glottis varierar beroende på glottisytan under några vibrationscykler. Till vänster visas data från neutral tonbildning och till höger från och pressad tonbildning. När glottis öppnas ger en liten yta litet flöde och när det stängs ger samma yta större flöde.*

Sambanden mellan yta och flöde verkade emellertid påverkas av fonationssätt. I neutral, talliknande fonation var sambandet någorlunda enkelt, medan pressad fonation visade ett betydligt mera komplext mönster, som bilden nedan visar. I början av öppningsfasen och i vändpunkten mellan öppnings och slutningsfasen gav en ökning av glottisytan sålunda inte nödvändigtvis ett ökat luftflöde. Erfarenheterna från pilotstudien redovisades vid den årliga röstforskarkonferensen i Philadelphia och en rapport är under utarbetande.

### **Hur mycket man talar**

Vissa yrkesgrupper drabbas ofta av röstbesvär därför att de tvingas använda rösten i mycket bullriga arbetsmiljöer. Förskollärare är en särskilt utsatt grupp som ofta måste söka hjälp för röstproblem.

Ett första steg att förbättra situationen är att få klara fakta på bordet. En grundläggande fråga är hur mycket de talar och hur starkt. Här behövs mätningar snarare än frågeformulär och intervjuer. Och hur får man fram såna?

För några år sen utvecklade *Sten Ternström* en metod för att mäta hur starkt körsångare sjöng under olika korala betingelser. Den går ut på att sångaröronen dekorerar med varsin mikrofon kopplade till en bärbar bandspelare. Om den ena mikrofonens signal subtraheras från den andras dämpas bärarens röst avsevärt eftersom signalerna är nästan identiska. På så sätt kan man mäta styrkan hos

bakgrundsljudet. Om de däremot adderas, framhävs bärarens röst så att man kan göra en uppskattning av hur röststyrkan.

Denna metod använde *Svante Granqvist* i ett samarbete med *Maria Södersten* och *Annika Szabo* vid Huddinge Universitetssjukhus. Förskollärare utrustades alltså med en bandspelare och två öronmikrofoner och spelade in flera timmar av sina arbetsdagar under helt realistiska förhållanden. Granqvist gjorde sen ett datorprogram som automatiskt sorterade det inspelade ljudet i olika kanaler i en ljudfil. På en kanal kom bakgrundsljudet och på en annan talarens alla tonande språkljud. På detta vis kunde man mäta hur lång tid talaren hade använt sin röst. Med Granqvists program lyckades man dessutom mäta både hur starkt och på vilken tonhöjd talaren genomsnittligt använde sin röst. Också ljudnivån på bakgrundsljudet kunde mätas. Därmed har de viktigaste egenskaperna i förskolläraernas röst användning och akustiska arbetsmiljö kunnat dokumenteras. Metoden presenterades vid PEVOC IV där en oberoende jury tilldelade det priset för bästa poster.

### **Skakade stämband**

Den tonhöjd som stämbanden alstrar påverkas av flera faktorer. En sån faktor är deras egen resonansfrekvens. En relevant fråga är var stämbandens resonansfrekvens ligger relativt fonationsfrekvensen, när de inte utsätts för ett luftflöde. Tidigare har man försökt mäta den genom att registrera stämbandens beteende när man ruskar dem ordentligt med en vibrator. Förutom ett visst mått sveda och värk för försökspersonen har försöken visat att stämbanden ställs in till olika resonansfrekvenser beroende på vilken tonhöjd man avser producera.

*Svante Granqvist* har nu kommit på en alternativ och smärtfri metod, som han också prövat. Idén är helt enkelt att stoppa in en mycket stark sinuston i munnen och samtidigt registrera stämbandens eventuella vibrationer. Försökspersonen får alltså sjunga en given ton, sära något på stämbanden och sen hålla allt konstant medan sinustonen ljuder och höghastighetskameran går. Hiskeliga ljudtryck behövs för försöket, men de inte mycket högre än dem som den egna rösten åstadkommer.

Med tanke på försökets aningen halsbrytande natur blev resultaten oväntat bra och bekräftade dem som vunnits i tidigare, mera smärtsamma försök med vibrator.

För fortsättningen av denna pilotundersökning sökte vi anslag hos Vetenskapsrådet som emellertid avtog ansökan i brist på medel, trots att projektet fick ytterst ampla lovord vid utvärderingen.

## **Vibrato**

Hos många instrument varierar en vibratoton både i frekvens och amplitud mer eller mindre sinusformat. Tonen är med andra ord både frekvens- och amplitudmodulerad. Vår uppfattning av sådan frekvens- och amplitudmodulation har visat sig vara asymmetrisk i den meningen att den stigande fasen i båda fallen upplevs som mer framträdande än den fallande. *Eric Prame* studerar dessa fenomen. För närvarande undersöker han hur dominant de perceptuella effekterna är i förhållande till varandra. Detta kan göras genom att balansera ut effekten av en frekvensmodulation av en sinuston med en i motfas applicerad amplitudmodulation av samma ton. Målet är att få fram en modell för hur perceptionen varierar med modulationsfrekvensen för de båda modulationsslagen. Detta bör ge en bättre förståelse för en mängd musikakustiska och psykoakustiska fenomen, exempelvis vibratohastighet, rytmregler, melodiföring och den klangliga egenskap som burkar kallas strävhet.

## **Syntetisk röstkälla**

*Carlo Drioli*, Marie-Curie-stipendiat från Università di Padova, arbetar med att göra fysikaliskt realistiska modeller av röstkällan. Målet är att modellerna skall kunna reproducera flödesglottogram, dvs vågformen hos det pulserande luftflödet genom glottis som man får fram med inversefiltrering. Strategin är att kombinera väletablerade fysiologiska modeller med mera generella icke-linjära komponenter som skall kunna möjliggöra modellering av alla förekommande utseenden av flödesglottogram.

Preliminära resultat visar att man kan få fram grundform av ett flödesglottogram genom att använda ett linjärt resonansfilter, som representerar en rudimentär modell av stämbanden, kombinerad med en icke-linjär komponent som representerar sambanden mellan glottisyta, subglottiskt tryck och luftflöde. Den icke-linjära komponenten kan justeras genom att analysera skillnaden mellan den erhållna och den eftersträfvade vågformen. Resultaten är lovande. Grundfrekvensen kan exempelvis justeras genom avstämning av resonansfiltret. Det fortsatta arbetet inriktas på att generera realistiska tonansatser och tonavslutningar samt variationer av olika egenkaper hos flödesglottogram, som öppnfas mm.

## **INSTRUMENTAKUSTIK**

### **Det violinisten men inte lyssnaren vet**

Stråkmusiker hävdar enhälligt att stråken påverkar på klangen hos instrumentet. Datorsimuleringar har visat att de fysikaliska orsakerna till denna påverkan bör vara resonanser i stråken som påverkar taglets hastighet i kontaktpunkten med

strängen och stråkens tryckkraft mot strängen. Dessa data har dock inte kunnat beläggas nöjaktigt genom mätningar på verkliga stråkar.

Under året återvände *Anders Askenfelt* och hans kollega, vår doktorand professor *Knut Guettler*, Norges Musikhögskole, Oslo, till en grundläggande frågeställning: "Låt vara att violinisten kan uppfatta tydliga skillnader i klang mellan olika stråkar, men hur pass lätt är det för en lyssnare att uppfatta dessa klangskillnader?"

Det är otvivelaktigt så att spelaren själv har mycket lättare än lyssnaren att bedöma skillnader i stråkars egenskaper. Den mekaniska återkopplingen via stråkhanden och den koncentration som en viss stråke kräver för att ge acceptabel tonbildning, speciellt i ansatserna, ger spelaren "inside" information som inte är tillgänglig för lyssnaren. Kan det vara så att violinister överdriver de uppfattade klangskillnaderna på grund av att de inte kan skilja mellan hörselintrycket och intrycket via känseln i handen?

Det är väl känt att en sådan s.k. kors-modal växelverkan påverkar våra hörselintryck. Exempelvis har det nyligen visats att upplevelsen av ljudnivån inne i en bil beror på vad som syns genom (en simulerad) vindruta och på vibrationerna i bilsätet. Med starkare vibrationer upplevs bullernivån som högre medan bättre sikt sänker nivån, detta trots att den verkliga (fysikaliska) bullernivån hela tiden hölls oförändrad.

Lyssningsförsöket med stråkar gick till så att en professionell violinist fick spela in korta fraser med sin egen violin och sex olika stråkar. Däribland fanns två utsökta franska mästärstråkar med olika "temperament", en medelbra stråke av kolfiber, en helt hopplös amatörtillverkad stråke av sälg, ("standard of badness"), och en extremt klumpig och tung stråke. Den sistnämnda bestod av kolfiberstråken utrustad med en träribba på insidan av taglet, som hölls fastklämd mellan spets och frosch av tagelspänningen. Genom att taglet stödde mot träribban fick denna stråke en karaktäristisk "col legno"-klang (*it.* "med träet", föredragsbeteckning, som betyder att spelaren ska vända stråken och spela med stången i stället för taglet). De inspelade fraserna bedömdes sedan av en panel av 8 professionella violinister genom s. k. ABX test.

I ett sådan test får lyssnaren jämföra ett stråkpar i taget genom att höra samma fras spelad tre gånger, först med stråke A, sedan med B, och sist med antingen stråke A eller B. Uppgiften är att avgöra vilken av stråkarna som användes i det sista fallet (X). Om lyssnarna svarar rätt i ett stort antal upprepningar av experimentet så kan man med viss statistisk säkerhet säga att de kan höra skillnader mellan de två stråkar som ingick i testet. ABX-test är tidsödande men i övrigt ett bra sätt att få reda på om det finns hörbara skillnader mellan två produkter, antingen det rör sig om högtalare eller, som i detta fall, stråkar.

Det visade sig att det inte var möjligt för proffsviolinisterna att höra skillnader mellan de två franska mästärstråkarna. Däremot kunde de lätt skilja col legno-stråken från alla de andra. Så långt var resultaten kanske inte så överraskande.

Desto mer förvånande var det att kolfiberstråken endast med knapp nöd gick att skilja från de franska stråkarna och detta bara i kantabla fraser, inte i snabba, hoppande figurer. Den violinst som hade spelat in fraserna hade inte lättare än de övriga att höra skillnader mellan stråkarna i lyssningsförsöken, trots att hennes egen bedömning av stråkarna vid inspelningstillfället var mycket särskiljande.

Sammantaget visar experimentet att det existerar reella, hörbara, skillnader i klang mellan olika stråkar. Å andra sidan tyder resultaten på att spelaren får en överdriven bild av klangskillnaderna jämfört med lyssnarna.

### **Pianofabrikerens hemligheter**

Förförre året fick *Anders Askenfelt* erbjudande om att organisera en specialsession om pianots akustik vid en stor akustisk konferens 2001 - 17<sup>th</sup> International Congress on Acoustics (ICA01). Denna kongress återkommer vart tredje år och hölls denna gång i Rom. För att få inblick i ämnet från andra håll än forskarvärlden inbjöds ledande pianotillverkare att ge presentationer. Tyvärr, men inte oväntat, avböjde de flesta att delta. Endast *Julius Blüthner Pianofortefabrik*, Leipzig, Tyskland och *Fazioli Pianoforti*, Sacile, Italien, kom till konferensen och gav sina synpunkter på konstruktion och tillverkning av pianon och flyglar.

De två fabrikererna representerar helt olika traditioner. Blüthner leds nu av 4:e generationen i familjen och följer i allt väsentligt grundarens tillverkningsprinciper och konstruktioner, inklusive märkets speciella kännetecken med en fjärde resonanssträng i det övre partiet, s.k. "aliquot". Fazioli är en helt ny pianofabrik grundad 1978 som experimenterar med nya modeller. Bland annat har de lanserat världens längsta flygel (3,08 m), och nu i år en uppsnabbad mekanik med magneter som draghjälp. Intressant nog visade sig fabrikerens grundare, Paolo Fazioli, vara både civ. ing i maskinteknik och utbildad konsertpianist, en något ovanlig kombination. I sina föredrag vid konferensen betonade både direktör Blüthner och direktör Fazioli resonansbottens välvning och tjockleksfördelning som en helt avgörande faktor för klangen.

I övrigt visade presentationer av forskningsprojekt om pianon vid ICA01 och andra konferenser under året att datorsimuleringar av tonbildningen i pianot med s.k. fysikalisk modellering har nått långt. Tvisteämnet för dagen är huruvida det "minne" som pianohammaren uppvisar är väsentlig för tonbildningen eller inte. Den hoptryckning av hammarfilten som sker under

kollisionen med strängen kvarstår delvis även när hammaren är på väg att lämna strängen ("hysteres"). Denna effekt påverkar energiöverföringen mellan hammare och sträng och därigenom klangen. Om hystereffekten är väsentlig för att uppnå realistisk pianoklang i simuleringarna, eller endast en mindre korrektion, är fortfarande inte entydigt visat.

### **Pianistens "anslag"**

Det klassiska tvisteämnet rörande pianistens "anslag", dvs huruvida pianisten kan påverka klangen hos en enskild ton genom det sätt på vilket tangenten trycks ned, togs upp till förnyad granskning under året av vår gästforskare *Alexander Galembo* från St. Petersburg. En genomgång av existerande litteratur inom musikakustik och psykologi, intervjuer av pianister över internet, och laboratorieexperiment gav stöd för slutsatsen att det i mycket är fråga om en illusion. Pianistens hörseltryck färgas av den mekaniska (kinestetiska) kontakten med pianot via tangenter och pedaler och pianisten "vilsledd" av sina egna sinnen att tro att pianotonen kan göras starkt beroende av anslaget. Denna samtidiga exponering för ljud och känsel (multimodalitet) där intrycken från de olika sinnen omedvetet konkurrerar om prioriteringen gör att pianistens eget omdöme om klangen blir beroende av anslaget, men knappast själva det akustiska förloppet. En dåligt justerad pianomekanik kan alltså uppfattas av pianisten som en klanglig defekt hos instrumentet. Åhöraren, som bara har sin hörsel att lita till, möjligtvis understödd (eller distraherad) av synintrycket i en konsertsal, har inte samma övertygande intryck av hur olika anslag ger skillnader i pianoklangen.

### **Seglivad stallbacke**

Tidigare har *Erik Jansson* funnit att en dominerande och viktig topp i violins egenskaper återfinnes vid ca 2.5 kHz. Denna topp har vi kallat stallbacken, men den härrör inte från stallets egenresonans, som man tidigare allmänt antagit. Nyare experiment har visat att fiollockets tjocklek och tvärstyvhet i stallets plan är viktigare. Utgående från grundläggande teori kan man dessutom förutspå att fiollockets välvning däremot spelar liten roll.

Violinens stall omvandlar kraften från strängarnas vibrationer parallellt med locket till två motriktade krafter, en vid vardera stallfoten. Utan denna omvandling skulle violinen inte fungera då violinen är okänslig för krafter parallellt med locket. Den ena av de motriktade krafterna söker trycka in locket samtidigt som den andra ger efter. På det sättet försöker stallet deformera locket maximalt vid stallfötterna och minimalt längs locket mittfog.

I en experimentserie strippade Jansson en violin, steg för steg. Därvid befanns att stallbacken inte påverkades särskilt mycket vare sig av f-hål, basbjälke,



ljudpinne, sarg eller botten. Stallbacken överlevde även om violinen avklätts det mesta och fanns alltså kvar till och med när stallet limmats fast på det fria locket som befriats från övriga delar.

På grundval av denna kunskap konstruerades en enkel experimentmodell. Stallet ersattes med ett speciellt utformat ämne, som saknade de typiska konturutsågningarna. På det sättet eliminerades violinstallets typiska egenresonans vid knappt 3 kHz. Fiolens lock ersattes dessutom med en rektangulär platta, utan välvning. Experimentmodellen visade att egenskaperna hos violinen vid stallbackens frekvens överlevde allt detta, dvs stallplattan kunde alltså omvandla en kraft parallell med lockplattan till ett kraftpar som drev plattan effektivt ända upp till stallbackens frekvens.

Experimenten visade dessutom att lockets egenskaper just vid stallfötterna gav ett tillskott till kraftparets effektiva drivning upp till stallbackens frekvens. Dessa resultat leder fram till arbetshypotesen hemligheten bakom en god stallbacke ligger i lockresonans plus lockets egenskaper vid stallfötterna. Träets egenskaper i form av tvärstyvhet kommer naturligt in här. Mätningarna på våra referensvioliner av god kvalitet bekräftar slutsatserna från experimentmodellen, dvs överföring av en strängkraft parallellt med locket till två motriktade krafter vinkelrätt mot locket: utan det motriktade kraftparet, ingen stallbacke. Projektet bedrivs i samarbete med professor *Nils Erik Molin* vid Luleå Tekniska Universitet.

### Strålände fiolljud

*Erik Jansson* har prövat en metod att mäta en violins ljudutstrålningsegenskaper med en liten mikrofon som placeras inne i resonanslådan. Resonansfrekvenser mätes lätt upp med mycket god precision. Dock tillåter inte mätresultatet slutsatser om utstrålningen på längre avstånd från fiolen, eftersom ljudtrycket inuti luftvolymen inte är konstant, utan beror av mikrofonens placering. Det betyder att violinen inte kan betraktas som ett vibrerande klot ens vid låga frekvenser, vilket krävs för att teorin bakom metoden skall kunna tillämpas för en beskrivning av ljudutstrålningen.

Ljudutstrålningen från violiner kan också mätas med en metod som LH Morseth utvecklat vid NTNU i Trondheim. Också med den metoden visade sig stallbacken. Mätningarna utfördes i samarbete med *Knut Guettler*.

En ny intressant metod att variera materialegenskaper på ett välkontrollerat sätt diskuteras med P Carlsson och M Tinnsten vid Mitthögskolan. Man skulle kunna räkna fram vilket inflytande olika parametrar har på en violins egenskaper med optimeringsteknik.

## Vinylskivskraparkonst

*Kjetil Falkenberg Hansen* från NTNU, Trondheim, har gästtat gruppen under hösten. Inom ramen för det EU-stödda projektet Sounding Object (Sob) och i samarbete med *Roberto Bresin* har han studerat en ny teknik som blivit vanlig inom populärmusiken, sk scratching. Den innebär att disk-jockeyn drar en vinylskiva för hand fram och tillbaka under grammofonnålen, så att motsvarande musikavsnitt spelas omväxlande fram- och baklänges. Samtidigt varieras ljudnivån hos det spelade ljudet med volymkontrollen.

Falkenberg Hansen har studerat de akustiska kännetecknen på olika typer av scratchingteknik. Han har också spelat in olika scratching-tekniker utförda av en disk-jockey, och analyserat dem med avseende på både skivans och volymkontrollens rörelser. Analysen skall först och främst utvisa vad en modell av scratching måste innehålla. En sån modell skall också kunna användas för att värdera nu existerande scratchingmodeller.

Preliminära resultat visar att volymkontrollen, främst "crossfader", fyller en så viktig funktion i scratching, att den måste finnas med i en kontrollmodell. Musikern använder dessutom skivspelarens motor och skivans fart i de flesta scratchingtekniker. Modellen bör därför ta med skivspelarens specifikationer för framdrift.

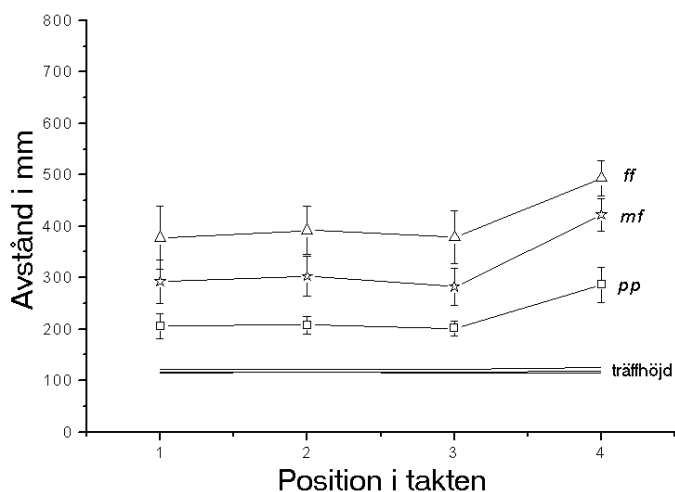
Ett viktigt, just påbörjat moment i analysen är att se hur skivans spår nöts av nålen och hur signalen därav försämras. Resultatet av att dra skivan fram och tillbaks över en punkt i musiken är, inte överraskande, att audiosignalen snabbt blir svagare och att det uppstår brus även på områden utan ljudsignal. Valet av ljud påverkas av det oundvikliga slitaget, och scratchingsolon använder därför oftast ljud med diffust övertonsspektrum. Modeller för scratching borde innefatta denna faktor.

## MUSIKALISK INTERPRETATION

### Slagverkarkonst

*Sofia Dahls* avhandlingsämne är trumslagares hand- och armrörelser. Under året har hon analyserat slaghastigheten i relation till timingen. Hur högt slagverkaren lyfter trumstocken inför ett slag avspeglas direkt i den uppmätta hastigheten hos stocken före träff.

Under mars, maj och juni arbetade hon inom projekten MEGA och MOSART. Hon gästforskade därvid i Antonio Camurris grupp INFOMUS vid Università di Genova som specialiserat sig bland annat på hur man kan extrahera nyckelhändelser från vanliga videoupptagningar av dans. Det blev en spännande utmaning att med ledning av sakkunskapen där finna en metod att identifiera uttrycksmässigt betydelsefulla rörelser hos slagverkare.



Figuren visar medelvärden av hur högt en spelare lyfter trumstocken under en repeterad sekvens med vart fjärde slag accentuerat. Tråffhöjden ligger konstant, men det accentuerade slaget initieras från en högre höjd. Hur mycket längre startsträcka spelarna använder inför accenten beror på dynamiken och den egna tolkningen av hur starkt accenten ska spelas

Under mars, maj och juni arbetade hon inom projekten MEGA och MOSART. Hon gästforskade därvid i Antonio Camurris grupp INFOMUS vid Università di Genova som specialiserat sig bland annat på hur man kan extrahera nyckelhändelser från vanliga videoupptagningar av dans. Det blev en spännande utmaning att med ledning av sakkunskapen där finna en metod att identifiera uttrycksmässigt betydelsefulla rörelser hos slagverkare.

Hennes uppgift blev att studera expressiviteten i rörelser i Marimbaspel. En videoinspelning av en marimbist som spelade samma stycke med fyra olika känslointentioner visade att spelrörelserna utfördes på olika sätt beroende på intentionen. I ett första skede har den "cue extraction" som använts för realtidsanalys av musik visat sig vara möjlig att bruka för ändamålet. Undersökningen fortsätter med vidare analys av uttrycket i rörelserna.

### Fiolvibrato

Erwin Schoonderwaldt har börjat utveckla en generativ, regelbaserad modell för expressivt fiolvibrato. Tanken var att modellera variationer i vibrato både inom varje enskild ton och mellan olika toner. En sådan modell borde vara en viktig ingrediens för att syntetisera fiol.

Utgångspunkten var våra tidigare mätningar av fyra violinister som spelade Franz Schuberts *Ave Maria*. Vibratots omfång och hastighet samt ljudnivån mättes upp för varje ton och låg till grund för modellens envelopkurvor. Schoonderwaldt fann tex att omfånget växte med ljudnivån.

Dessa regelbundenheter infördes i vår spelgrammatik Director Musices. Fraseringsreglerna i Director Musices används för att styra ljudnivåkurvor och vibratoeffekter. Två andra viktiga styrparametrar är tonlängd och tonens melodiska laddning, dvs dess relation till det underliggande ackordets grundton. På långa toner introduceras tex en fördröjning innan vibratot startar.

För att avnjuta resultatet konstruerades en sampelbaserad violinsynt i programmet Reactor från Native Instruments. Vibratot produceras av en sinusoscillator som styr tonhöjden. Via MIDI kan Director Musices styra vibratostyrka, vibratohastighet och ljudnivå på synten. Nuvarande resultat indikerar att modellen låter betydligt bättre än tex konstant vibrato, men att det också finns rum för förbättringar.

En intressant sidoeffekt är att man i syntesen också kan återskapa de av musiker producerade vibratokurvorna. Det innebär att man kan jämföra framräknade och äkta vibratovariationer i ljudsyntesen.

Effekten av vibratovariationerna är mycket stor. Fiolsyntes är känd för att låta mycket onaturlig till och med i samplers, som spelar upp färdiginspelade fioltoner. Mycket av denna onaturlighet försvinner nästan helt, om Schoonderwaldts vibratoregler tillämpas.

### **Pianisten och legato – staccato**

Tillsammans med vår Marie-Curie-stipendiat *Werner Goebel*, Austrian Research Institute for Artificial Intelligence, Wien, och *Roberto Bresin* utförde vår gästforskare *Alexander Galembo* inledande studier av pianotangentens och hammarens rörelser vid olika grader av legato - staccatospel. I legato försöker pianisten få tonerna att verka sammanklistrade i skarvarna utan hörbara glapp. I staccato levereras däremot tonerna på ett pärlband en och en, tydligt åtskilda från varandra. Det visade sig att i legato följer hammaren och tangenten i stort sett likadana banor, och hammaren rör sig i en mjuk båge upp mot strängen. I utpräglat staccato uppvisar tangenten däremot stora svängningsrörelser. Det kommer sig av att de många delar av trä, filt och läder ("mekaniken") genom vilka anslagskraften från pianistens finger fortplantas till hammaren, har flera resonanser. Även själva hammaren har i sig flera resonanser som beror av böjsvängningar i det veka hammarskaftet. Alla dessa resonanser klickas igång dvs exciteras vid ett kraftigt impulsartat anslag, typiskt för staccato. Ett enkelt mått på graden av staccato i anslaget blir därför sambandet mellan tangentens och hammarens rörelser, starkt samband för legato-anslag och svagt för staccato.

Inom ramen för arbetet rörande pianots mekaniska egenskaper och analys av pianospel ingick även insamlingen av en stor mängd data. Syftet var både att få ett statistiskt tillförligt material rörande "timingen" i mekaniken och att jämföra kvalitetsskillnader mellan bra och dåliga pianon och flyglar. En rad olika egenskaper inspelades som exempelvis max och min accelerationer och hastigheter, fördröjning mellan tangentens och hammarens rörelser och kontakttider mellan hammare och sträng. Bland instrumenten som studerades ingick även en självspelande flygel, *Yamaha Disklavier*. Den spelar in pianistens framförande digitalt och kan återge det, i princip exakt så som det framfördes. Egenskaperna för dessa efterföljare till sekelskiftets självspelande pianon, som styrdes med pianorullar av papper, är speciellt intressanta. Ett Disklavier lämpar sig synnerligen väl för att systematiskt studera hur pianster varierar anslaget beroende på nyans (*pp* – *ff*), legato - staccato, fraseringar och andra föredragsbeteckningar som kompositören anger i noterna.

### Radio Baton

*Max Mathews*, känd som datormusikens fader, har konstruerat ett datorprogram som spelar upp musikfiler på en synt varvid tempot bestäms av användaren. Systemet kallas *Radio-Baton* och kan användas för att syntetisera ackompanjemanget till en solostämman. Apparaten är försedd med två pinnar vilkas position ovanför en slagplatta avkänns i 3 dimensioner. Den ena pinnen används till att ange taktlagen och den andra till att styra ljudnivån. Systemet är värdefullt när man vill öva sin solostämman till ett ackompanjement som kan följa tempoändringar.

Arbetet med vår spelgrammatik *Director Musices* har visat att också det som händer mellan taktlagen har stor betydelse för att ett utförande skall låta musikaliskt. Kompositionsprofessorn i Basel, *Gerald Bennett*, väckte därför idén att kombinera *Radio Baton* med *Director Musices*, *RABADIM*. *Anders Friberg* och *Johan Sundberg* tillbragte två intensiva arbetsveckor vid musikhögskolan i Zürich under våren tillsammans med *Mathews* och *Bennett* varvid kombinationen prövades på ett antal olika musikstycken. Strategin är att först processa musiken med *Director Musices* för att modellera utförandet på "mikronivå". Detta inför variationer i artikulation och enskilda toners betoning och förlängning. Övergripande effekter som frasering överläts däremot till dirigenten att styra i realtid.

*RABADIM* provkördes också på en turné till ett antal musikhögskolor med vokal- och pianosolister. Erfarenheterna av att använda *RABADIM* som pianoackompanjatör var reuslsterade i viss tveksamhet till en sån användning av systemet, medan det hade god effekt när det användes för att syntetisera orkesterackompanjement. Den senare möjligheten provades under mera

anspråksfulla förhållanden vid Opening Session på 4th Pan-European Voice Conference PEVOC IV, med *Malena Ernman* som sångsolist och dirigenten *Jan Risberg* vid battongerna i två stycken, *Azerbadjean Love Song* ur Luciano Berios *Folk Songs*, och *Rosinas Cavatina* ur Giacomo Rossinis *Il Barbierere di Seviglia*.

### Var ligger känslan?

Eftar att tidigare ha arbetat i huvudsak med syntes av musikutföranden har vi nu också börjat utveckla algoritmer för analys av musikutföranden. *Anders Friberg* har utvecklat en metod som automatiskt silar fram ett antal utförandeparametrar, s.k. cues, direkt från audio. De består av medelvärden och standardavvikelser av tempo, ljudnivå, artikulation, klangfärg, attacktid och timing. Dessa cues ligger till grund för att göra en bedömning av ett utförandes emotionella expressivitet.

### Marie Curie Training Site

Inom ramen för Marie Curie Training site stipendier har vi tagit emot två gästforskare som doktorerar vid andra europeiska universitet, och de har arbetat inom sina respektive områden.

I pianomusik ligger ofta en meloditon inne i ett ackord. När sådana ackord spelas, brukar meloditon ljuda ett antal millisekunder före de andra tonerna i ackordet. Tidsskillnaden gör att meloditon blir mera betonad och lättare att höra ut. *Werner Goebel* från Wien undersökte under sitt besök om detta kan hänföras till klavérintstrumentens mekaniska egenskaper. Om en tangent anslås starkt, kommer klubban att träffa strängen tidigare än om den anslås svagare. Goebel visade att de asynkronier i såna ackord som förekommer i professionella pianisters spel kan förklaras av just detta fenomen. Pianot bjuder alltså alldeles gratis på att det blir lättare att höra meloditon, bara pianisten spelare den starkare än övriga toner i ackordet.

### SOb (The Sounding Object)

Projektet syftar till att utveckla ljudmodeller som reagerar på fysiska interaktioner och är lätta att koppla till fysikaliska objekt. Ljudmodellerna kommer att vara integrerade i ”artefacts” som interagerar med varandra och som är tillgängliga genom direkt manipulation. Kontrollmodeller utvecklas för att reproducera parametriska variationer som motsvarar de dynamiska mänskliga gesterna och deras expressiva intentioner. Ljud- och kontrollmodeller utvecklas efter fenomeniska och psykologiska karakteriseringar av en begränsad typ av ljudhändelser. Forskningsresultaten demonstreras i form av ett dynamiskt ljudbibliotek och en tillämpning som kommer att tillåta användare att interagera med objekt medelst gester och ”auditory display”.

Inom projektet *The Sounding Object* har *Roberto Bresin* och *Anders Friberg* arbetat med kontrollmodeller för en ”stegmodell”. Modellen är baserad på några regler för musikutförande som visat sig vara kopplade till mänskligt gående: ”Final Ritard”, ”Score Legato Articulation”, och ”Score Staccato Articulation”. I en analys av resultaten från ett lyssningstest har Bresin visat att om man använder dessa regler för att styra ett stegljud, uppfattar försökspersoner ljudet som om det vore en person som går eller springer.

Inom projektet har också *Sofia Dahl* och *Roberto Bresin* arbetat med kontrollsystem för den fysikaliska modell av den irländska ”Bodhran” som färdigställdes i Verona. De har även börjat undersöka vikten av den taktila respektive auditiva återkopplingen vid trumspel. Försök med fördröjning av ljudet från en elektronisk trumplatta har påbörjats.

### **MEGA (Multisensory Expressive Gesture Applications)**

Det EU-stödda projektet MEGA (Multisensory Expressive Gesture Applications). Projektet gäller särskilt expressiviteten i musicerandet och dess relation till spelarens gestik, som färgar musiken emotionellt. Inom detta projekt har *Carlo Drioli*, Università di Padova, arbetat med att implementera en akustisk plattform för analys av sjungna och spelade toner inom ramen för MEGAs realtidsmiljö. Plattformen extraherar akustiska standardegenskaper som tonhöjd, energi, momentant spektrum och mel-cepstrum, som är spektrum av spektrum baserat på mel-skalan.

Han har också provat algoritmer för kontinuerlig ljudomvandling baserade på tid-frekvensrepresentation och på s k Gaussian Mixture Models. Målet för denna ljudbearbetning är att steglöst kunna glida från t ex en fiolton till en sjungen vokal i realtid.

Också *Sofia Dahl* och *Anders Friberg* har arbetat inom MEGA-projektet, se under rubrikerna **Slagverkarkonst** respektive **Var ligger känslan?** ovan.

### **MOSART (Music Orchestration Systems in Algorithmic Research and Technology)**

*Roberto Dillon*, Università di Genova, besökte oss under tre månader. Han arbetade med emotionella aspekter av musikalisk gestaltning. Huvuduppgiften är att automatiskt sila fram de ljudegenskaper som innehåller den emotionella informationen. Dillon analyserar sålunda en rad olika akustiska signalegenskaper, som tempo, förlängningar och förkortningar av toner, genomsnittlig ljudnivå mm och undersöker hur dessa varierar av spelare beroende på utförandets emotionella färgning.

*Mitali Das*, The University of York, analyserade musikframföranden i MIDI format. Syftet var att testa Truslit's (1938) idéer om olika typer av rörelse som

man brukar uppleva, när man lyssnar till musik. Truslits data om tonlängder och dynamik kunde jämföras med nyare analyser utförda med MIDI teknologi.

*Erwin Schoonderwaldt*, Nijmegen Universitet, spenderade 6 månader i gruppen, och har nu återvänt som doktorand i musikakustik hos oss. Hans forskning gäller vibrato i fiolspel, och redovisas under särskild rubrik. Samma gäller *Kjetil Falkeberg Hansens* analyser av vinylskivskraparkonsten.

### **Feel-ME (Feedback Learning In Musical Expression)**

*Anders Friberg, Roberto Bresin* och *Erwin Schoonderwaldt* har arbetat inom projectet Feel-Me (Feedback Learning in Musical Expression) lett av Patrik Juslin, Inst. för psykologi, Uppsala Universitet. Projekt syftar till att prova de senaste rönen inom musikalisk expressivitet i musikpedagogiken. Den bakomliggande tanken är att expressiviteten har en tendens att komma i skymundan i traditionell musikundervisning i förhållande till speltekniska aspekter.

Till viss del kan detta bero på att det är svårt att beskriva expressivitet och följaktligen svårt att ge eleven bra feedback. Ett datorprogram håller på att utvecklas för att automatiskt detektera expressiviteten i ett framförande, särskilt vad beträffar några grundläggande känslor, tex rädd, arg, ledsen och glad. Kognitiv feedback kommer att ges utifrån relevanta parametrar i utförandet. Tidigare forskningsresultat om hur den expressiva kommunikationen överförs från musiker till lyssnare kommer att byggas in.

### **Media**

Friberg blev en julimorgon intervjuad i direktsändning i programmet SVT morgon angående ringsignaler för mobiltelefoner.

Friberg, Bresin och Schoonderwaldt medverkade i programmet Hjärnkontoret som sändes i SVT1 den 4 september.

Friberg uttalade sig om dur och moll i programmet "Jorden är platt" producerat av utbildningsradion.

Bresin medverkade i Söndagsöppet före jul där han analyserade ljudet när man skakar ett paket för att försöka gissa innehållet.

Friberg intervjuades i ett program från vetenskapsradion som sändes i P1 i början på året.

Bresin intervjuades om "Moody ring tones" som sändes i nyheterna från BBC Radio 1 den 7 augusti, se även

[http://www.bbc.co.uk/radio1/news/main\\_news/010807\\_ringtones2.shtml](http://www.bbc.co.uk/radio1/news/main_news/010807_ringtones2.shtml)

Sundberg fick ca 95 sek till sitt förfogande i programmet P1 Morgon för att förklara bakgrunden till röstforskning i samband med PEVOC IV i augusti.



Han fick tillfälle att mera utförligt tala om samma tema i programmet "Mitt i musiken" på P2 den 24 augusti.

Svenska Dagbladet publicerade den 10 november ett stort, välskrivet reportage om Sundbergs röstforskning med stor bild på första sidan. I artikeln omnämndes hans föredrag dagen därpå på Kungl Musikaliska Akademien som hölls i en fullsatt ledamotsal.

Ternström intervjuades i Vetenskapsradion Humaniora den 14 maj, i samband med att Robert Moog tilldelades ett extraordinärt tredje Polarpris.

### Internet

Under året har nyheten om att vi kan göra "Moody ring tones" valsat runt i den elektroniska pressen. Totalt sett har det varit sju artiklar på olika elektroniska nyhetsportaler.

## EXTERNA FORSKNINGSKONTAKTER

### PEVOC IV

Årets stora händelse var otvivelaktigt att vårt Röstforskningscentrum KTH anordnade PEVOC IV (4<sup>th</sup> Pan-European Voice Conference), som förlades till Aula Magna på Stockhoms Universitet, en fullträff både ur funktionell och estetisk synpunkt. Planeringen ombesörjdes av en grupp sammansatt av *Britta Hammarberg*, *Per-Åke Lindestad* *Maria Södersten* och *Eva Holmberg* från Huddinge Universitetssjukhus, *Björn Lindblom* och *Olle Engstrand* från Stockholm Universitet och *Johan Sundberg*, *Peta Sjölander (f White)*, *Sten Ternström* och *Eva Björkner* från vår grupp.

Det administrativa arbetet ombesörjdes med överdådig effektivitet och kompetens av Peta Sjölander. Det var därför med lika delar av glädje och oro som Sundberg mötte beskedet om att Sjölander skulle nedkomma under PEVOC-veckan. Emellertid ställde institutionssekreteraren *Cathrin Dunger* upp sin exempellösa vänlighet, kompetens och sinnesnärvaro till konferensens förfogande, som därigenom blev oerhört uppskattad av deltagarna.

Konferensen samlade över 300 deltagare, och slog därmed alla tidigare PEVOC med bred marginal. Programmet upptog 115 presentationer varav 30 posters. I Opening Session musicerade sopranen *Malena Ernman* med dirigenten *Jan Risberg* vid Radio-Baton-styrd synt kompositioner av Luciano Berio och Giacomo Rossini med makalöst artisteri, se ovan. Konferensen fokuserade på 4 teman, *Basic biological aspects: applications to voice disorders*, *Voice source: acoustics and imaging*, *Assessment & efficacy of voice treatment* samt *Singing and professional speaking*. Specialsessioner ägnades *Non-verbal communication*, som inleddes med ett föredrag om skrattets akustik och psykologi av psykologen Jo-Ann Bachorowski, Nashville, *Survey of Internet*

*free- and shareware tools for voice analysis*, där David Howard, York, redovisade vilka röstanalysprogram som nu finns att ladda ner gratis från Internet, *Dissertation pipeline: in and after*, där doktorander och nybakade doktorer rapporterade om sina avhandlingsarbeten. Den sistnämnda sessionen följdes upp av ett PARTY WITH LIONS, där doktorander gavs tillfälle att stifta personlig kontakt med seniora forskare.

Kongressen garnerades med ett Social Programme med besök på STOCKHOLMS STADSHUS, en SING & BIER STUBE där en professionell pianist och öl ställdes till sångsugna deltagares fria förfogande, en offentlig konsert, "SWEDISH VOCAL ART SUMMIT" på Nybrokajen 11 där *Mikaeli Kammarkör* under *Anders Eby*, *Lena Willemark* och *Mats Bergström*, *Gabriel Suovanen* och *Mattias Böhm* samt ensemblen *Viba Femba* speglade svensk vokalkonst i varsin genre. BANKETTEN hölls i Wasamuseet. Entusiasmen hos deltagarna var inte att ta miste på.

## **FORSKNINGSSAMARBETE**

Forskningsamarbete har förekommit med följande institutioner:

Abteilung für Phoniatrie und Pädaudiologie, Medizinische Fakultät

der Humboldt-Universität zu Berlin, Universitäts-Klinikum Charité, HNO-Klinik

Austrian Research Institute for Artificial Intelligence, Wien

Department of Musicology, University of Tartu

Det Jyske Konservatorium, Aarhus

Foniatriska avdelningen, Bispebjergs Hospital, Köpenhamn

Hochschule Musik und Theater, Zürich

Institut für Stimmforschung, Hochschule für Musik, Dresden

Institutionen för Experimentell Mekanik, Luleå Tekniska Universitet

Psykologiska institutionen, Uppsala Universitet

Vanderbilt Voice Center, Nashville

## **UNDERVISNING**

### **GRUNDUTBILDNING**

Kursen i musikakustik 2F1212 omfattade våren 2001 24 dubbeltimmar lektionstid, två laborationer A Piano eller Röst, B Musik-/Algoritmisk syntes samt ett projekt efter fritt val. Nitton teknologer genomförde hela kursen med godkänd tentamen.

För NADA-kursen 2D1574 Medieteknik gk har *Sten Ternström* haft fortsatt kursansvar. Kursen är en tolvpoängskurs över fyra månader och är obligatorisk för andra årskursen på KTH:s civilingenjörsprogram i medieteknik. Inte mindre

än 61 teknologer följde kursen under hösten 2001. Ternström var också lärare för de fyra poäng i denna kurs som berör Ljud.

*Svante Granqvist* har fungerat som assisterande lärare i Johan Liljencrants' kurs 2F1400 Elektroakustik. Till hösten 2002 hamnar denna anrika kurs under Musikakustikens vingar, då Anders Askenfelt blir kursansvarig efter Liljencrants' pensionering.

Musikakustikgruppen bidrog också med två projekt i E-programmets nya projektkurs för årskurs E1: ett om kyrkklocksklang, och ett om MPEG-kompression av musik. Denna kurs "på fältet" var mycket uppskattad av såväl teknologer som institutioner, och kan förväntas öka vår rekrytering om några år.

*Sten Ternström* är TMH:s studierektor för grundutbildningen och har i den egenskapen arbetat bl a med att ta fram en 20 poängs specialisering om fyra kurser i Ljud åt medieteknikprogrammet; den debuterar HT2002. Samtidigt lanserar TMH två nya kurspaket med benämningarna Industriell Audioteknik och Speech Communication Specialist, för att locka främst E-teknologerna att komma till oss. Ternström arbetar också för att få finansiering av ett akademiskt utbyte med University of York, och har sökt anslag för detta hos STINT.

## **EXAMENSARBETEN**

Teknologen *Leopold Roos* utförde sitt examensarbete *Development, Analysis, and Implementation of a Pitch Tracker* hos synt-tillverkaren Clavia DMI, med Ternström som handledare.

Teknologen *E Gonzalez* har påbörjat sitt examensarbete med finita-element-modellering av gitarren. Arbetet genomförs i samarbete med institutionen för numerisk analys och datalogi (NADA), KTH.

## **FORSKARUTBILDNING**

Logopeden *Jenny Iwarsson*, Avdelningen för Logopedi och Foniatri vid Huddinge Universitetssjukhus disputerade i januari vid Karolinska Institutet på sin avhandling om samband mellan andningsbeteende och rösthälsa. Johan Sundberg var huvudhandledare.

Kontrabasisten, professor *Knut Guettler*, Oslo, planerar att avsluta sin doktorandutbildning i musikakustik vid KTH med disputation vårterminen 2002.

Vår nye doktorand *Tarmo Pajusaar* från Estland inledde sin forskarutbildning hos oss men har gjort avbrott i studierna oktober 2001-oktober 2002 för att koncentrera sig på sitt klarinettspelande.

## **VIDAREUTBILDNING**

*Erik Jansson* genomförde ånyo en veckoslutskurs för Sveriges professionella violinbyggare. Till kursen hade den franske mästertyggaren Patrick Robin

inbjudits som speciell lärare. I kursen deltog 25 svenska och 5 danska fiolbyggare.

*Johan Sundberg* medverkade i kurser om röst och sångröst vid University of London samt University of Sydney.

## **KONTAKTER MED YRKESLIVET**

*Erik Jansson* deltagit i KTH:s samarbete med gymnasielärare för att öka KTHs popularitet och bidragit i Populärvetenskapens vecka – Fiolens fysik, samtal mellan en matematiker och en fiolforskare, prof Jan Boman Stockholms Universitet resp Jansson. Vid ett besök på KTH av Stockholm fiolbyggarklubb har 11 violiners egenskaper uppmätts varav 8 senare provspelades av Lars Fresk och Collen Vinthagen. Trots stora variationer mellan violinernas egenskaper kunde dock en viss samstämmighet mellan mätningar och provspelningsresultat spåras. Jansson har presenterat grundläggande akustik i en två timmars föreläsning för ett tjugotal nyckelharpolekare på Erik Sahlströminstitutet, i Tobo. Jansson har också omarbetat och påbörjat översättning till engelska av sitt kompendium “Akustik för fiol- och gitarrbyggare”.

## **RAPPORTER**

### **KONFERENSBIDRAG OCH SEMINARIER**

#### **Januari**

Ternström S: *’Körakustisk forskning – en översikt’*, Uppsala Universitets Körcentrums och KÖRSAMs forskningsdagar 30-31 januari.

#### **Februari**

*Engineering and Physical Sciences Research Council, Symposium on IT and Music, February 20-21, Harrogate, England*

Sundberg J: “Information technology and music” (invited keynote presentation)

#### **Mars**

*Voice Development and Health for Teachers and Pupils, Institute of Education, University of London, March 9*

Sundberg J: “Understanding phonation”,

Sundberg J: “Resonance”

*Sångpedagogkonferens, Lunnevads folkhögskola, mars 15-16*

Sundberg J: Nyare röstforskning

*Department of Electronics and Informatics, University of Padova in cooperation with Conservatory B. Marcello of Venice: Symposium on Music Performance: Analysis, Modeling, Tools, March 16-17*

Dahl S: “Accents in drumming: kinematics and timing”.

Sundberg J: "Analysis by synthesis of music performance"

*Musical Acoustics and Psychoacoustics: Tools and methodology, Music Department Ionian University, Corfu Grekland, March 30-31*

Sundberg J: "Experiments on the acoustics and psychoacoustics of the singing voice",

Sundberg J: "What makes the difference between the speaking and the singing voice?",

Sundberg J: "Modelling musical performance",

Sundberg J: "Tools, methods and software for research in musical acoustics"

### **April**

*Musik Tid och Medier, Symposium om tiden i musiken og musiken i tiden og om given mediars indflytelse på begge, Musikvetenskapliga institutionen, Aalborg Universitet, april 5*

Sundberg J: "Musikalisk interpretation. Ett titthål mot perception och kognition"

*Deutsch-Österreichisches Studietagung, Graz, Austria, April 27-29, 2001*

Sundberg J: "Der Radio Baton: Ein computer-gesteuertes Instrument zur Begleitung von Instrumentalschülern und –studierenden".

*The Gesture Workshop: Gesture Devices for Digital Audio Control, Tempo Reale, Florens, April 30*

Dahl S: "The accented stroke – Kinematics and timing"

### **Maj**

*Public KTH Seminar on the occasion of the Polar Prize being awarded to Dr Robert Moog, 15 maj.*

Ternström S: "Science and Music – The Road Ahead"

### **Juni**

*72. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Sprach- und Stimmheilkunde, Rostock, juni 8-9:*

Sundberg J: "Genauigkeit beim Singen"

Mürbe D, Pabst F, Hofmann G, Sundberg J: "Zur Bedeutung des Hörens und der propriozeptiven Tonhöhenkontrolle für die Intonationsgenauigkeit beim Singen".

*30<sup>TH</sup> Annual Symposium Care of the Professional Voice, Philadelphia June 13-17*

Hertegård S, Sundberg J, Granqvist S, Larsson H: "Simultaneous Analysis of the Glottal Voice Source by High-Speed Photography and Inverse Filtering"

Sundberg J: "A study of vocal ugliness"

Ternström S, Södersten M, Bohman M: “Cancellation of simulated environmental noise as a tool for measuring vocal performance under ongoing load”

### **Juli**

*XVIIIth congress of the International Society of Biomechanics, Zürich, July 8 – 13*

Dahl S: ”Arm motion and striking force in drumming”

*International Conference on Auditory Display, Espoo, Finland, July 29 - August 1*

Bresin R, Friberg A: “Espressive musical icons“

### **Augusti**

*5<sup>th</sup> International Congress of Voice Teachers, Helsinki August 12-16*

Sundberg J: ”Real-time biofeedback in voice therapy and training”

Ternström S, Karna D: “Choir acoustics”.

*4<sup>th</sup> Pan-European Voice Conference (PEVOC IV), Stockholm. August 23-26:*

Birch P, Björkner E, Gümoes B, Prytz S, Karle A, Stavvad H, Sundberg J: “Effects of a velopharyngeal opening on the sound transfer characteristics of the vowel [a]”

Granqvist S, Hertegård S: “In vivo examination of resonances in the larynx using external acoustic excitation”

Granqvist S, Hertegård S: “Fourier analysis of high-speed laryngoscopy, some applications”.

Granqvist S: “The self-to-other relation applied as a phonation detector for voice accumulation”

Lindestad P-Å, Larsson H, Granqvist S: “High-speed imaging of normal phonation: practical on-line demonstrations” (Workshop)

Mürbe D, Pabst F, Hofmann G, Sundberg J: “Effects of training on auditory and proprioceptive feedback in singing – A longitudinal study of singers' pitch control”

Pabst F, Sundberg J, Ternström S: “Phonation threshold pressure in normal subjects before and after voice stress test”

Ross J, Sundberg J: “Syllable and tone onset synchronization in Estonian folk singing”

Schneider F, Mürbe D, Pabst F, Hofmann G, Sundberg J: “Relation of X-ray-morphological measures of the upper airways to physiological properties of the singing voice in singing students”

Sundberg J: “Sounds of singing. A matter of mode, style, accuracy, and beauty”, keynote lecture

Södersten M, Hammarberg B, Szabo A, Granqvist S: "Mean F0, SPL, phonation time and background noise level during work for pre-school teachers with functional voice disorders"

### **September**

*17th International Conference on Acoustics (ICA 01), Rome, Sept 2-7, 2001*

Askenfelt A: "Piano hammers - Motion during string contact and shank bending".

Askenfelt A, Organizer of a special session on "The acoustics, design and simulation of the piano".

Guettler K: "On the development of the Helmholtz motion in bowed strings" (invited lecture).

Jansson E, Niewczyk B, Frydén L: "The BH-peak of the violin and its relation to construction and function".

*International Symposium on Musical Acoustics (ISMA 01), Perugia, Italy, Sept 10-14, 2001*

Askenfelt A, Guettler K: "Bows and timbre - Myth or reality?"

Jansson E, Morset LH, Guettler K: "Prediction of violin radiation properties in the 200-700 Hz range."

Dahl S: "Arm motion and striking force in drumming"

*International Computer Music Conference 2001, Cuba, September 17-22*

Bresin R: "Articulation rules for automatic music performance"

*Human Supervision and Control in Engineering and Music, Kassel, Tyskland, September 21-24*

Galembo A: "Perception of Musical Instruments by Performer and Listener" (invited lecture)

### **Oktober**

*4<sup>th</sup> Symposium on Science of Voice & Singing, Sydney October 5-8, Melbourne October 12-15*

Sundberg J: "Breathing and support and their connection to the 'gold in the singer's throat", keynote lecture

Sundberg J: "Producing and Shaping Vocal Sounds: Acoustics of the Human Voice"

### **November**

*Workshop on Current Research Directions in Computer Music, Pompeu Fabra University, Barcelona, November 15-17*

Goebel W, Bresin R: "Are computer-controlled pianos a reliable tool in music performance research? Recording and reproduction precision of a Yamaha Disklavier grand piano"

Schoonderwaldt E, Friberg A: "Toward a rule-based model for violin vibrato".

Sundberg J, Friberg A, Bresin R: "Music Performance Panel: Position Statement of the KTH Group"

Sundberg J, Friberg A, Mathews M V, Bennett G: "Experiences of combining the radio baton with the Director Musices performance grammar".

### **December**

4<sup>th</sup> G-6 Conference on Digital Audio Effects (DAFX01) Limerick, Irland, December 6-8

Boccardi F, Drioli C: "Sound morphing with Gaussian Mixture Models" in

Bresin R, Friberg A, Dahl S: "Toward a new model for sound control"

Dahl S, Bresin R: "Is the player more influenced by the auditory than the tactile feedback from the instrument?"

## **PUBLIKATIONER**

### **Böcker och Avhandlingar**

Iwarsson J *Breathing and Phonation. Effects of Lung Volume and Breathing Behavior on Voice Function*, ISBN 91-628-4522-5, doktorsavhandling, Karolinska Institutet.

Sundberg J *Röstlära*, 3e upplagan, ISBN 91-7118-885-1, Stockholm: Proprius förlag.

### **Artiklar/Insända manuskript**

Birch P, Gümoes B, Prytz S, Karle A, Stavvad H, Sundberg J: "Effects of a velopharyngeal opening on the sound transfer characteristics of the vowel [a]", accepterad för publicering i *Journal of Voice*

Boccardi F, Drioli C: "Sound morphing with Gaussian Mixture Models" in *Proceedings of the 4<sup>th</sup> G-6 Conference on Digital Audio Effects (DAFX01)*, 44-48

Bresin R, Friberg A, Dahl S: "Toward a new model for sound control", *Proceedings of the 4<sup>th</sup> G-6 Conference on Digital Audio Effects (DAFX01)*, 45-49.

Bresin R, Friberg A: "Espressive musical icons" In J Hiipakka, N Zakarov, and T Takala, utg.: *Proceedings of the 2001 International Conference on Auditory Display*, Espoo, Finland, July - August, 2001, 141-143 (även på <http://www.speech.kth.se/music/mobilephone/bresin.pdf>).



- Bresin R: "Articulation rules for automatic music performance" *Proceedings of the International Computer Music Conference 2001*, San Francisco: International Computer Music Association.
- Bretos J & Sundberg J: "Measurements of vibrato parameters in long sustained crescendo notes as sung by ten sopranos", insänt för publicering
- Cleveland T, Sundberg J, Stone RE: "Long-term-average spectrum characteristics of country singers during speaking and singing" *J Voice* 15, 54-60.
- Dahl S, Bresin R: "Is the player more influenced by the auditory than the tactile feedback from the instrument?", *Proceedings of the 4<sup>th</sup> G-6 Conference on Digital Audio Effects (DAFX01)*, 194-197.
- Dahl S: "Arm motion and striking force in drumming" in *Proceedings of XVIIIth congress of the International Society of Biomechanics*, Zürich, July 2001 (extended abstract), 353-354. Även i *XVIIIth Congress of the Intl Soc of Biomechanics*, Zürich, July 8 -13, 2001.
- Falkenberg Hansen K: "Playing the turntable. An introduction to scratching", *TMH-QPSR* 42/2001, 69-79.
- Falkenberg Hansen K: "Turntable Music" in *Musikkvidenskapelig Årbok 2000*, Dept of music, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 145-160 (även på <http://www.speech.kth.se/~hansen/turntablemusic.pdf>).
- Friberg A, Battel GU: "Structural Communication", i R Parncutt & GE McPherson, utg: *The Science and Psychology of Music Performance: Creative Strategies for Teaching and Learning*, New York: Oxford University Press (under utgivning).
- Friberg A, Sundström A: "Swing ratios and ensemble timing in jazz performance: Evidence for a common rhythmic pattern", accepterad för publicering i *Music Perception*.
- Galembo A, Askenfelt A, Cuddy L, Russo F: "Effects of relative phases on pitch and timbre in the piano bass range" *J Acoust Soc Am* 110, 1649-66, (även på [http://ojps.aip.org/journals/doc/JASMAN-ft/vol\\_110/iss\\_3/1649\\_1.html](http://ojps.aip.org/journals/doc/JASMAN-ft/vol_110/iss_3/1649_1.html)).
- Goebel W & Bresin R: "Are computer-controlled pianos a reliable tool in music performance research? Recording and reproduction precision of a Yamaha Disklavier grand piano", *Proceedings of MOSART workshop on current research directions in computer music*, Nov 2001, Barcelona, 45-50 (även på <http://ftp.ai.univie.ac.at/papers/oefai-tr-2001-27.pdf>).
- Jansson E, Morset LH, Guettler K: "Prediction of violin radiation properties in the 200-700 Hz range" *Proceedings of the Internat Symp on Musical Acoust 2001*, Perugia, Italy, 123-126.

- Jansson E, Niewczyk B, Frydén L: "The BH-peak of the violin and its relation to construction and function", *Proceedings of the 17<sup>th</sup> Internat Congr on Acoustics, Rome*.
- Juslin PN, Friberg A & Bresin R: "Toward a computational model of expression in performance: The GERM model" , accepterad för publicering i *Musicae Scientiae*.
- Lindestad P-Å, Södersten M, Merker B, Granqvist S: "Voice source characteristics in Mongolian 'throat singing' studied with high-speed imaging technique, acoustic spectra, and inverse filtering" *J Voice Vol 15*, 78-85.
- Mürbe D, Pabst F, Hofmann G & Sundberg J: "Significance of auditory and proprioceptive feedback to singers' pitch control" insänd för publicering
- Runnemalm A, Molin N-E, Jansson E: "On operating deflection shapes of the violin body including in-plane motions", *J Acoust Soc Am 107*, 3452-59.
- Schoonderwaldt E, Friberg A: "Toward a rule-based model for violin vibrato", i *Proceedings of the Workshop on Current Research Directions in Computer Music Barcelona, Spain: Pompeu Fabra University, Audiovisual Institute, 2001*, 61-64.
- Stone RE (Ed), Cleveland TF, Sundberg J & Prokop J: "Aerodynamic and Acoustical Measures of Speech, Operatic, and Broadway Vocal Styles in a Professional Female Singer", insänd för publicering
- Sundberg J, Friberg A, Bennett G, Mathews MV: "Experiences of using the radio baton in performance" *Proceedings of the Workshop on Current Research Directions in Computer Music Barcelona, Spain: Pompeu Fabra University, Audiovisual Institute, 2001*, 70-74.
- Sundberg J, Högset C "Voice source differences between falsetto and modal registers in counter tenor, tenor, and baritone singers" *Logopedics Phoniatics Vocology 26*, 26-36.
- Sundberg J: "Expression in music: Comparing vocal and instrumental performance" in I Karevold, H Jörgensen, IM Hanken, E Nesheim, utg, *Flerstemmige innspill 2000*, NMH-publikasjoner 2000:1, Norges Musikkhøgskole, Oslo, 5-19.
- Sundberg J: "Information technology and music" (invited keynote presentation) *Proceedings of Symposium on IT and Music, Engineering and Physical Sciences Research Council, February 2001, Harrogate, England*, 6-16
- Sundberg J: "The Singing Voice", kapitel i *MIT Encyclopedia of Communication Disorders (MITECD)*
- Sundberg J: "Vocal tract resonance", omarbetning av kapitel för ny upplaga av R T Sataloff, utg: *Professional Voice. The Science and Art of Clinical Care*

- Sundberg J: "Four years of research on music and motion" *J New Music Res* 29, 183-185.
- Sundberg J: "Level and center frequency of the singer's formant" *J Voice* 15, 176-186.
- Ternström S, Karna D: "Choir singing – acoustics for the choir director", i R Parncutt & GE McPherson, utg: *The Science and Psychology of Music Performance: Creative Strategies for Teaching and Learning*, New York: Oxford University Press (under utgivning).
- Ternström S, Södersten M, Bohman M: "Cancellation of simulated environmental noise as a tool for measuring vocal performance during noise exposure", accepterad för publicering i *Journal of Voice*.
- Thalén M, Sundberg J: "Describing different styles of singing. A comparison of a female singer's voice source in 'Classical', 'Pop', 'Jazz' and 'Blues'" *Logopedics Phoniatics Vocology* 26, 82-93.
- Thomasson M, Sundberg J: "Consistency of inhalatory breathing patterns in professional operatic singers" *J Voice* 15, 373-83.
- Welch G, Sundberg J: "Solo voice", i R Parncutt & GE McPherson, utg: *The Science and Psychology of Music Performance: Creative Strategies for Teaching and Learning*, New York: Oxford University Press (under utgivning).
- White P: "Long-term average spectrum (LTAS) analysis of sex- and gender-related differences in children's voices", *Logopedics Phoniatics Vocology* 26, 97-101.



Postadress:  
Tal Musik Hörsel, KTH  
Drottning Kristinas väg 31  
100 44 Stockholm

<http://speech.kth.se/music>