

Ljudsignalers budskap

Osvalder, A-L., Osvalder L., Holmqvist, H., Thunberg, A.

Division of Design, Chalmers University of Technology, SE-412 96 Göteborg, Sweden
e-mail: alos@chalmers.se

1 Introduktion

Människan utsätts och påverkas ständigt av ljud från olika källor, t ex väckarklockan, dörrklockan, telefonen, prat på bussen eller musik på radion. Ljud spelar en avgörande roll när vi med hjälp av våra sinnesintryck försöker tolka vår omgivning

En del ljud är så vardagliga att vi inte ens lägger märke till dem trots att de finns där. Hur ljud uppfattas beror bland annat på varaktighet, tidpunkt, styrka, frekvenssammansättning och betydelse för individen. Hur vi uppfattar ljud är alltså subjektivt och varierar stort mellan individer. Ljud kan delas in i önskvärt och icke önskvärt ljud (buller). En viss individ kan anse ett ljud som störande samtidigt som någon annan tycker att samma ljud är behagligt. Dessutom kan samma person uppfatta ett ljud olika beroende på när, i vilket sammanhang och på vilket humör personen är. I regel klarar yngre personer oljud (buller) bättre än äldre, eftersom hörseln försämras med åldern. Från ca 45-50 år är människan känsligare för ljud, blir lättare störd, har svårt att höra högre frekvenser eller har bortfall för vissa frekvenser. Då finns risk för att ljud maskeras, det vill säga att ett ljud drunknar i andra ljud och blir därmed svåra att urskilja. Studier har visat (Larsson, 2006) att upplevelser av ljud med stort informationsinnehåll är mycket individuellt betingat, medan enklare ljud upplevs som mer lika mellan individer. Förväntningar påverkar i stor grad människans förmåga att identifiera och förstå ljudets budskap.

Inom ljudteorin används ofta begreppet akustik. Ordet härstammar från grekiskans akoustikos som betyder hörsel. Akustik är läran om ljud och hur ljud upplevs i en lokal eller omgivning. Psykoakustik betecknar läran om hur människan uppfattar och tolkar ljud (Zwicker and Fastl, 1990). Inom fysiken beskrivs ljud som vågrörelser inom ett visst frekvensområde som utbreder sig i en gas, vätska eller fast kropp. Hörbart ljud definieras som snabba tryckförändringar i luften. Ljud karakteriseras av frekvens och amplitud.

Frekvensen är en benämning på hur snabbt partiklarna vibrerar, dvs. antalet svängningar per sekund. Frekvensen mäts i Hertz (Hz) och betecknar hur högt eller lågt ljudet är. Barn kan uppfatta ljud i frekvensområdet 15-20 000 Hz medan äldre personers övre hörselgräns ofta ligger under 10 000Hz. Bäst uppfattas toner mellan 100 Hz och 4000 Hz. De flesta ljud i vår vardag har frekvenser under 5000 Hz. Högfrekventa ljud uppfattas som mer besvärande än lågfrekventa ljud. Studier har också visat att de ljud som upplevs som mest irriterande också är mest skadliga för individen. Ju högre frekvensen är desto högre (gällare) upplevs tonen..

Amplituden är ett mått på hur mycket partiklarna vibrerar, och betecknar ljudtrycksnivån, dvs. hur starkt eller svagt ljudet är. Ljudtrycksnivån mäts i decibel, och betecknas dB(A). A-filtret efterliknar örats sätt att uppfatta ljud och är därför lämpligast att använda när man registrerar ljud i vardagslivet som påverkar människan. Exempel för ljudstyrkan registrerad i dB(A) för några vanliga ljud i vår vardag är vardagsrum 40 dB(A), mänskligt tal 60 dB(A), tvättmaskin 75 dB(A) och stadstrafik 85 dB(A).

Det människan uppfattar som ljud är tryckvariationer i luften som når örat. Ytteröröronen är till för att fånga ljudet samt lokalisera ljudet och dess källa. I mellanörat sker en kraftomvandling, en dämpning, av ljudet. I innerörat omvandlas den akustiska signalen till en nervsignal upp till hjärnan, där den bearbetas till en medveten ljudupplevelse.

Hur individer uttrycker sig om ljud varierar, det är alltså precis som uppfattningen av ljud mycket subjektivt (Moore, 1996). Det är ofta svårt att verbalisera ljudupplevelser. Ofta uttrycker vi att ljudet är högt eller lågt, dvs. om frekvensen är diskant eller bas, och om ljudet är starkt eller svagt, dvs. hur stor ljudstyrkan är. Vi kan också använda beskrivande ord som t.ex. störande, jobbigt, behagligt eller njutbart. Det är svårt att veta om två individer uppfattar ett ljud på samma sätt, då det inte finns något enhetligt och definierat språk för att beskriva ljudupplevelser. Kanske uppfattar två individer ljudet på liknande sätt men uttrycker sig med olika ord, eller så uppfattar de ljudet olika men använder samma ord, eftersom ord inte har samma innebörd för olika individer. Därför är det mycket svårt att mäta ljudupplevelse.

Genom experimentella studier har den upplevda hörnivån hos en sinuston (phon) tagits fram. Ljudnivåer uppfattas olika vid olika frekvenser, trots att den fysikaliskt uppmätta ljudnivån i dB(A) är densamma. Experiment har visat att en ren sinuston med frekvensen 100 Hz och ljudtrycksnivån 50 dB upplevs lika stark som en ton på 1000 Hz med ljudtrycksnivån 40 dB. En ökning av 10 dB upplever människan som en fördubbling av ljudnivån. En skillnad på ca 1 dB kan uppfattas mellan olika ljud.

2 Syfte och mål

Syftet med pilotstudien var att undersöka vilket budskap verkliga ljudsignaler som kan hittas i vår dagliga omgivning förmedlar till människan. Målet med projektet var kartlägga hur olika ljudegenskaper hos signaler påverkar människors upplevelse av ljudet, dvs. studera kopplingen mellan ljudets fysik (ljudstyrka och tonhöjd) och ljudupplevelsen.

3 Metod

Pilotstudien genomfördes i 5 steg; (1) Val av ljudsignaler, (2) Uppmätning av ljudsignaler, (3) Definition av ljudsignaler med ord, (4) Urval av testpersoner, och (5) Genomförande av användartest. Tre kategorier av ljudsignaler definierades:

1. **Varnande ljud** - Kritiska signaler som kräver total uppmärksamhet & omedelbar åtgärd.
2. **Uppmärksammande ljud** - Signaler som kräver uppmärksamhet & respons inom kort tid.
3. **Informerande ljud** - Signaler som uppmärksammar på att något har inträffat men som inte kräver någon åtgärd.

Inför användartesten valdes 3 verkliga ljudsignaler från varje kategori, totalt 9 signaler (tabell 1). Dessutom valdes 6 syntetiska signaler som referenssignaler. Syftet med att testa syntetiska signaler var att urskilja om ljud uppbyggt av rena toner uppfattas annorlunda än verkliga ljud som är sammansatta av flera frekvenser. Ljudsignalernas ljudinnehåll (figur 1, tabell 2) registrerades med en ljudmätare (TES-1398), med en mätnoggrannhet på 1.5 dB i frekvensområdet 25 Hz-10 kHz. Signalerna mättes upp på ett avstånd på 50 cm från ljudkällan i öronhöjd och lagrades på databandspelare. De syntetiska signalerna togs fram med hjälp av en genererad tongenerator i datorprogrammet Matlab, där önskad amplitud och frekvens kunde väljas (tabell 3). Efter inspelning överfördes de 15 ljudsignalerna till en datafil, och vid användartesten spelades signalerna upp med så verklig ljudstyrka som möjligt, genom att anpassa datorns volym

till de uppmätta maximala ljudnivåerna respektive signal. Till varje kategori av signaler valdes 4 karaktäristiska svenska ord (adjektiv och verb), som beskriver och associerar till det budskap signalen är tänkt att förmedla (tabell 4).

Tabell 1, Verkliga ljudsignaler i användarstudien

Kategori	Ljudsignaler
1. Varnande signal, omedelbar åtgärd	Brandlarm, spårvagn ¹ , väckarklocka
2. Uppmärksamhet och snar åtgärd	Kontorstelefon, dörrklocka, bilbälte ²
3. Informationssignal	Övergångsställe ³ , kölapp ⁴ , sms ⁵
4. Syntetiska signaler	Rena toner med olika frekvens

1. Signalen som uppmanar t.ex. fotgängare att en spårvagn är på väg att köra.
2. En signal från Audi A3 (2006) som uppkommer då bilbälte på förarplatsen inte används.
3. Signalen för "grön gubbe" som ger tillåtelse att gå över gatan.
4. Signal som informerar om att nästa kund är på tur, t.ex. på ett apotek eller posten.
5. Nokias standard SMS signal (2005) med normal ljudnivå

Tabell 2, Fysikaliska data över de 9 verkliga ljudsignalerna

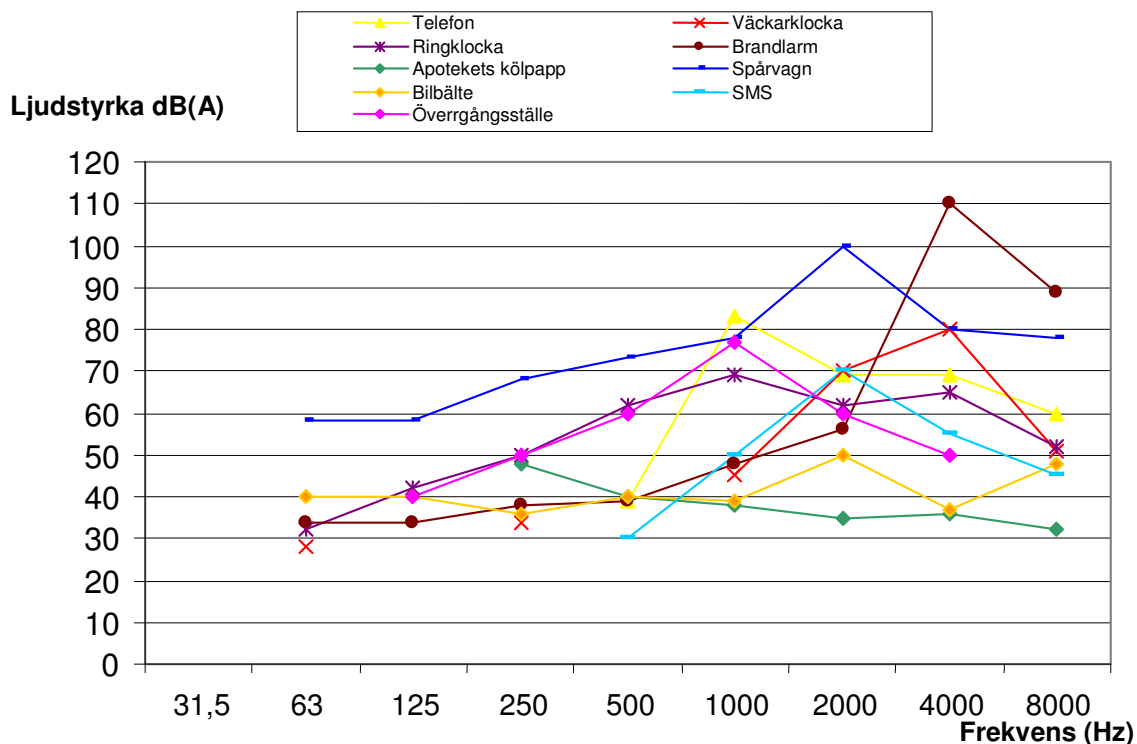
Verkliga signaler	Max ljudstyrka dB(A)	Frekvens för max ljudstyrka (Hz)
Brandlarm (B)	110	4000
Väckarklocka (D)	80	4000
Spårvagn (H)	100	2000
Telefon (I)	83	1000
Ringklocka (A)	69	1000
Bilbälte (F)	48	2000
Övergångsställe (C)	77	1000
Kölapp (E)	48	250
Sms (G)	70	2000

Tabell 3, Data över de 6 syntetiska signalerna

Syntetisk signal	Amplitud dB(A)	Frekvens (Hz)
Ton 1	60	350
Ton 2 låg	30	600
Ton 2 mellan	60	600
Ton 2 hög	80	600
Ton 3	60	1000
Blandning	60	350, 600, 1000

Tabell 4, Ord som beskriver de olika ljudsignalerna

Kategori	Associerande ord
1. Varnande signaler, omedelbar åtgärd	Allvar, stress, varnande, brådska
2. Uppmärksamhet och snar åtgärd	Upplysande, reagera, uppmärksam, igenkännande
3. Informationssignal	Trevlig, nervös, informerande, tillmötesgående



Figur 1, Schematiskt diagram över de verkliga ljudsignalernas fysikaliska uppbyggnad

Två åldersgrupper ingick i användartesten, en yngre grupp (gymnasieelever 17-19 år) och en äldre grupp (Chalmersanställda 40-60 år). Varje grupp bestod av 6 personer, 3 män och 3 kvinnor. Urvalet gjordes för att undersöka eventuella skillnader mellan åldersgrupperna när det gäller tolkning och association av signalernas budskap. Användartesten genomfördes i 'usability-labbet' vid avdelning Design, Chalmers tekniska högskola. Varje testsession tog ca 15 minuter. Testet genomfördes i två delar:

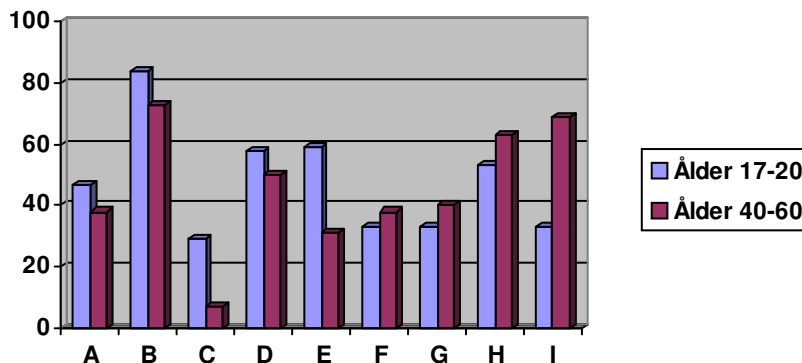
(1) De 9 verkliga ljudsignalerna spelades upp en och en. Försökspersonen fick spontant och snabbt associera till ett ord som beskrev signalens budskap och säga det högt.

(2) Försökspersonen fick ett formulär med de 12 förutbestämda associerande orden. De 9 verkliga signalerna, och de 6 syntetiska signalerna spelades upp en efter en. Försökspersonen fick ringa in 3 ord som han/hon tyckte passade bäst till signalens budskap. För varje försöksperson ändrades ordningen på uppspelningen av de 15 ljudsignalerna (randomiserat test).

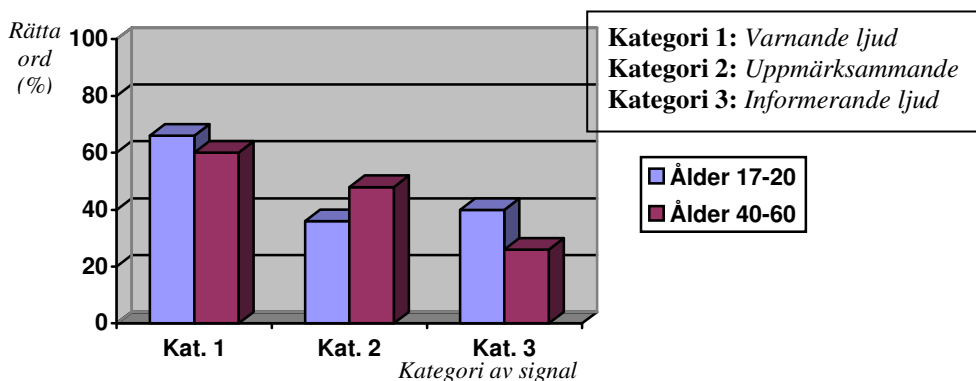
Resultat och analys

Resultatet visade på att signalerna uppfattas väldigt olika och gav skilda budskap till försökspersonerna. Flertalet av försökspersonerna använde inte liknande ord som referensorden för att beskriva respektive signal. Mer än hälften av de ord som försökspersonerna valde uppvisade ett helt annat uttryck eller ibland raka motsatsen jämfört med referensorden. Uppskattningsvis 1/3 av de ord som försökspersonerna valde uttryckte samma känsla och budskap som referensorden. Detta visar på att olika människor och åldersgrupper tolkar och associerar ljud väldigt olika och använder sig dessutom av ett varierande språk för att uttrycka sin ljudkänsla.

Resultatet pekade på att kategorin uppmärksamhetssignaler fick mest överensstämmelse med referensorden för båda åldersgrupperna (Figur 2). De två starkaste signalerna, brandlarm och spårvagn, uppfattades som varnande och viktiga av de flesta, vilket stämmer överens med deras tänkta budskap. Detta pekar på att ju starkare en ljudsignal är, desto mer viktig och allvarlig upplevs den, dvs. ju starkare ljudet är desto snabbare reagerar man, åtgärden är omedelbar. Övergångsställets signal upplevdes störande, stressande och irriterande av många, detta kan bero på att ljudet repeteras hela tiden, i snabb takt. Figur 3 visar hur många rätta ord som valts av försökspersonerna för de olika kategorierna av signaler.



Figur 2, Hur många "rätta" ord i % som försökspersonerna valde för signal A-I



Figur 3, Hur många rätta ord i % som valdes för de tre olika kategorierna av ljud

Kategorierna uppmärksammande och informerande signaler förmedlade sitt budskap till färre än hälften av försökspersonerna. Undantaget var "Kölappen" (informerande signal) som tolkades rätt av 59 % av de yngre personerna, och "Telefonen" (uppmärksammande signal) som tolkades rätt av 69 % av de äldre personerna. Resultatet pekar på att det är svårt att urskilja om en signals budskap är informerande eller uppmärksammande. Av figur 3 framgår att de varnande signalerna bäst förmedlade sitt budskap för båda åldersgrupperna. För den äldre gruppen förmedlade de uppmärksammande signalerna budskapet bättre än de informerande signalerna, medan det var tvärt om för den yngre åldersgruppen.

De signaler som hade en svagare ljudnivå kring 50 dB (bilbälte och kölapp) upplevdes som mer trevliga eller ointressanta, och inte så allvarliga och viktiga. Människan

uppfattar ljud som dubbelt så starkt då ljudnivån ökar med 10 dB. En skillnad på 60 dB som fanns mellan de svagaste (bilbälte) och starkaste signalerna (brandlarm) i testen medför att människan upplever ljudet som 5 gånger starkare. Detta kan vara en förklaring till att de starkaste signalernas budskap tolkades bäst av försökspersonerna.

När det gäller en ljudsignals frekvens upplever människan höga frekvenser på ca 3-8 kHz som mycket mer obehagliga och störande än låga frekvenser kring 100-500 Hz. Detta gäller speciellt när man är lite äldre (från ca 40 år) men givetvis är det mycket individuellt betingat. Detta avspeglar sig också i resultatet från denna studie. Brandlarmet och väckarklockan har sin ljudtopp kring 4 kHz och spårvagnen en ljudtopp kring 2 kHz (se figur 3). Dessa signaler upplevdes till stor del som varnande av försökspersonerna. En ljudsignal med ljudtopp på låg frekvenser var kölappen (250 Hz). Bilbältetsvarningen visade inga stora skillnader i ljudstyrka vid de olika frekvenserna, utan var relativt konstant genom hela frekvensspektrat (figur 1). Dessa signaler fick mer positiva omdömen än de varnade signalerna, en del försökspersoner ansåg att dessa signaler var behagliga, inte så allvarliga, trevliga och mindre viktiga.

När det gäller de syntetiska signalerna upplevdes alla signalerna som relativt negativa och jobbiga av de flesta försökspersonerna. För de syntetiska signalerna som hade samma amplitud på 60 dB, men olika frekvens på 350 Hz, 600 Hz och 1000 Hz pekar resultatet i på att tonen med högst frekvens upplevdes som mest irriterande, störande och hög. Den blandade tonen med 3 rena frekvenstoppar på 350, 600 och 1000 Hz upplevdes inte mer positiv än de entona signalerna. Detta kan bero på att en blandning av endast 3 rena toner är för lite för att bygga upp en ljudsignal som har en mer verklig och naturlig ljudbild. De verkliga signalerna bestod av fler än 3 frekvenser, och varje ljudtopp bestod inte enbart av en enda frekvens.

Slutsats

Sammanfattningsvis pekar det totala resultatet från pilotstudien på att verkliga ljudsignaler med hög ljudstyrka och ljudtoppar vid högfrekventa toner upplevs mer varnande och allvarliga än ljudsignaler som har lägre ljudstyrka och ljudtoppar vid mer lågfrekventa toner. Ju lägre ljudnivån på signalen är desto mer ointressant upplevdes ljudet. Rena toner (syntetiska ljudsignaler) förmedlade ett negativt budskap och upplevdes mer obehagliga jämfört med sammansatta ljudsignaler som fanns i verkligheten. Ljudsignaler uppbyggda av flera olika frekvenser upplevs som naturliga. Detta är aspekter att ta hänsyn till vid utformning av ljudsignaler som ska förmedla en viss känsla och budskap.

Ingen stor skillnad noterades mellan de olika åldersgruppernas tolkning av signalerna. Det fanns en tendens till att de äldre bättre klassade signalerna till rätt kategori än de yngre, detta kan delvis förklaras av erfarenhet och större förmåga till verbalisering av känsla. De äldre upplevde både de syntetiska signalerna och de varnande signalerna mer besvärande än de yngre, vilket kan förklaras av hörselsinnets ökade känslighet med ålder.

Referenser

Larsson, P. (2006). *Psykoakustik - hur vi upplever och påverkas av ljud*,. Chalmers, Göteborg.

Moore (1997) *Psychology of Hearing*, Accademic Press.

Zwicker, Fastl (1990). *Psychoakustics*, Springer Verlag.