

Buller

Mätmetoder och bedömningskriterier

Bertil Johansson

Ljud kan beskrivas enkelt fysikaliskt med ljudtrycket som funktion av frekvensen. Ljudtrycket mätes och registreras med hjälp av tryckkänsliga mikrofoner. Av flera orsaker hade det varit önskvärt att i stället mäta ljudets intensitet, som är ett effektmått och som dessutom till skillnad mot ljudtrycket är en vektor, dvs. förutom absolutvärde har riktning. Fig. 1 visar tre olika bullerspektra jämfört med normal hörseltröskel och normalt tal på 1 m avstånd från talaren.

Cirkulationspumpens buller är kontinuerligt, dvs. dess nivå varierar inte med tiden. Flishuggens ljud varierar såväl i nivå som i frekvenssammansättning med tiden, ett intermittent buller. Pianoklaviaturen visas enbart som ett stöd för uppfattningen om frekvensskalan.

Ovannämnda buller täcker ett brett frekvensområde, ljudet från ett bilhorn har starka toner inom ett smalt frekvensband.

Kontinuerligt ljud innebär ett visst fortvarighetstillstånd, medan vissa ljud av typ knall eller enstaka slag av t.ex. slägga mot plåt utgör engångsförlopp, även kallade transienta ljud. Överljudsbangen är en dubbelknall av sådan karaktär.

Ljud är svängningar i luften, som utbreddas runt ljudkällan, reflekteras mot föremål etc. och så småningom dämpas ut på liknande sätt som svallvågor på en i övrigt stilla vattenyta. Luften försättes i svängning t.ex. av vibrerande maskindetaljer, roterande system, slag e.dyl. eller av tryckfall och turbolens i strömmande vätskor eller gas (jetbuller) m.m. Vid låga frekvenser uppfattas svängningar med känseln som vibration.

Buller definieras enligt internationell norm (IEC)^{x)} som

^{x)} International Electrotechnical Commission

Any disagreeable or undesired sound, i svensk norm uttryckt:
Ljud som i allmänhet ej är önskvärt för lyssnaren.

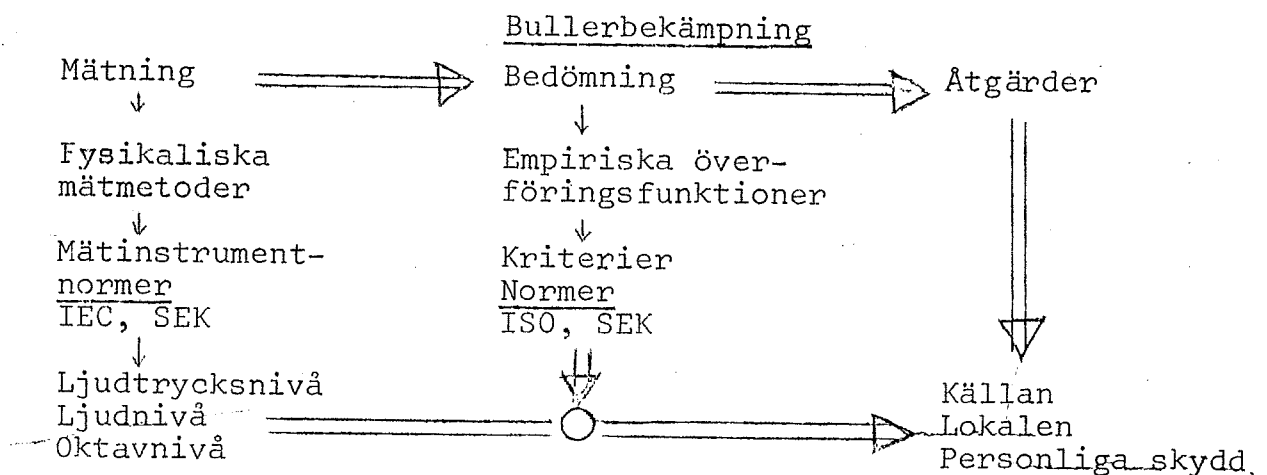
Beroende på arten av påverkan på människan göres uppdelning i
hörselvådligt buller
maskerande buller
störande buller.

Bullret mätes fysikaliskt med normerade mätinstrument och enligt normerade mätförfaranden. För det internationella normeringsarbetet svarar resp. IEC för mätapparater och ISO^{x)} för mätmetoder. SEK^{xx)} svarar för det svenska nationella arbetet.

Den subjektiva värderingen kan beskrivas med empiriskt framtagna överföringsfunktioner från fysikaliskt uppmätta data till resp. normerade värdering.

Med hänsyn taget till andra värderingar av exempelvis ekonomisk eller social art kan kriterier för påverkan utmyнна i normer. Åtgärder må sedan planeras för bullerteknologiska förbättringar eller personlig skyddsutrustning.

Organisationen av bullerbekämpningen framgår av nedanstående schema.



Fysikaliska mätningar

Vid mätning av ljudtryck anges detta i ljudtrycksnivå, L_p , vilket innebär L_p dB relativt referensnivån $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$.

Enklarest mätes bullret med en ljudnivåmätare, bullermätare.

Dess mätvärden anges i dB(C), dB(B) resp. dB(A), där index A,B,C svarar mot olika frekvensberoende vägningar, fig. 2.

x) International Organization for Standardization

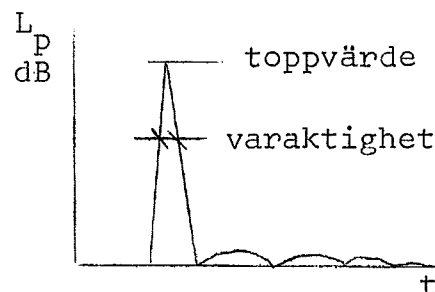
xx) Svenska Elektriska Kommissionen

En ny vägningskurva betecknad dB(D) har nyligen föreslagits speciellt för flygbullermätning.

Stationära eller kvasistationära förlopp representeras av sina frekvensfunktioner som ovan nämnts.

Mätning av ljudtrycksnivå		i	dB
Mätning av ljudnivå		i dB(A), dB(B), dB(C)	dB(D)
Frekvensanalys	i oktavnivå	i	dB
(se fig. 3)	tersnivå	i	dB
	spektralnivå	i	dB

Engångsförlopp, transienta ljud representeras av sin tidsfunktion



Frekvensanalys av ett och samma buller med tre olika filter visas i fig. 3, oktavfilter, tersfilter och smalbandsfilter. De två ingående sinustonerna framträder tydligt först i smalbandsanalysen. För hygienisk bedömning av bullret räcker i allmänhet oktavnivåanalysen.

Buller av typ knall beskrives med sin tidsfunktion, dvs. ljudtryckets variation med tiden. För bedömning användes toppvärdet och varaktigheten.

Tidsfunktionen kan matematiskt ersättas med en frekvensfunktion, vilket visas i fig. 4 för en typisk överljudsbang. Tryckförloppets N-form svarar mot frekvensfördelningen i undre bilden.

Vibration anges med svängningens amplitud, hastighet eller acceleration som funktion av frekvensen för det undersökta elementet.

Subjektiva värderingar

Empiriskt har en serie olika översättningsfunktioner framtagits och normerats, funktioner som belyser sambandet mellan fysika-

liska mätdata och subjektiva värderingar.

Utgående från en ton av frekvensen 1000 Hz:

Hörstyrka (normerad, ISO)	i sone
Hörnivå (normerad, ISO)å	i phon

Sambandet hörstyrka-hörnivå, sone-phone ges i nomogram.

Ljudtrycksnivå för oktav- resp. tersband kan översättas i ett approximativt hörnivåvärde efter speciella summationsförfaranden.

Oktavanalys (Stevens)	→ sone → phon
Tersanalys (Zwicker)	

Med ett liknande förfarande har Kryter sökt en subjektiv värdering av buller med referensen ett brusband med mittfrekvensen 1000 Hz.

Hörstyrkan resp. hörnivån svarar mot:

Noiseness	i noy
Perceived noise level	i PN dB
Oktavanalys (Kryter)	→ noy → PN dB

Med kurvskanan "noise rating curves" (bullertal) har ett försök gjorts att mycket förenklat beskriva allt buller, men detta har ej normerats, fig. 5. Det är dock tyvärr ej möjligt beskriva alla hörselreaktioner med en enkel frekvensfunktion.

Bedömningskriterier

Behovet av kriterier är uppenbart. För hörselvådligt buller föreligger, bortsett från transienta ljud, ett relativt gott underlag, vilket lett till förslag till svensk norm genom SEK. Förslaget sätter 85 dB(A) som gräns för långvarig exponering och anger förutom en på oktavanalys baserad bedömning även en förenklad metod för kontroll över ljudnivå i dB(A). Förslaget har delvis satts i kraft av arbetarskyddsstyrelsen i mars 1968.

För maskering av tal resp. varningssignaler föreligger inte fullt tillfredsställande underlag för normer.

För störning har en mängd mycket detaljerade förslag diskuterats, vari bland annat tidsfaktorn beaktats; antal störningar, tidpunkten på dygnet etc. De mycket komplexa störningsproblemen

diskuteras närmare av prof. Friberg.

Ett plötsligt insättande ljud kan ge avsevärda reaktioner. Fig. 6 visar förändringar av hjärtrytmen på grund av ett överraskande ljud. Lyssnaren är ett mänskligt foster.

Det vore önskvärt inte minst ur legal synvinkel att kunna värdera bullret med en ensifferuppgift, t.ex. i sone, phon, PN dB e.dyl. under förutsättning att riktvärden kunde ges generellt. De nämnda överföringsfunktionerna är emellertid resultat av approximationer och medger inte detta. Mätinstrument finns, men de är relativt komplicerade i jämförelse med ljudnivåmätaren och kräver i regel kvalificerad mätpersonal.

Mätning med ljudnivåmätaren och presentation av resultatet i dB(A) är å andra sidan otillräckligt vid bedömning för åtgärder, hörselpåverkan m.m. och nödvändiggör olika riktvärden för olika ljudkällor. Men det ligger en väsentlig vinst i att man kan utnyttja ett relativt enkelt mätinstrument, lätt att handha för en effektiv bred bullerkontroll.

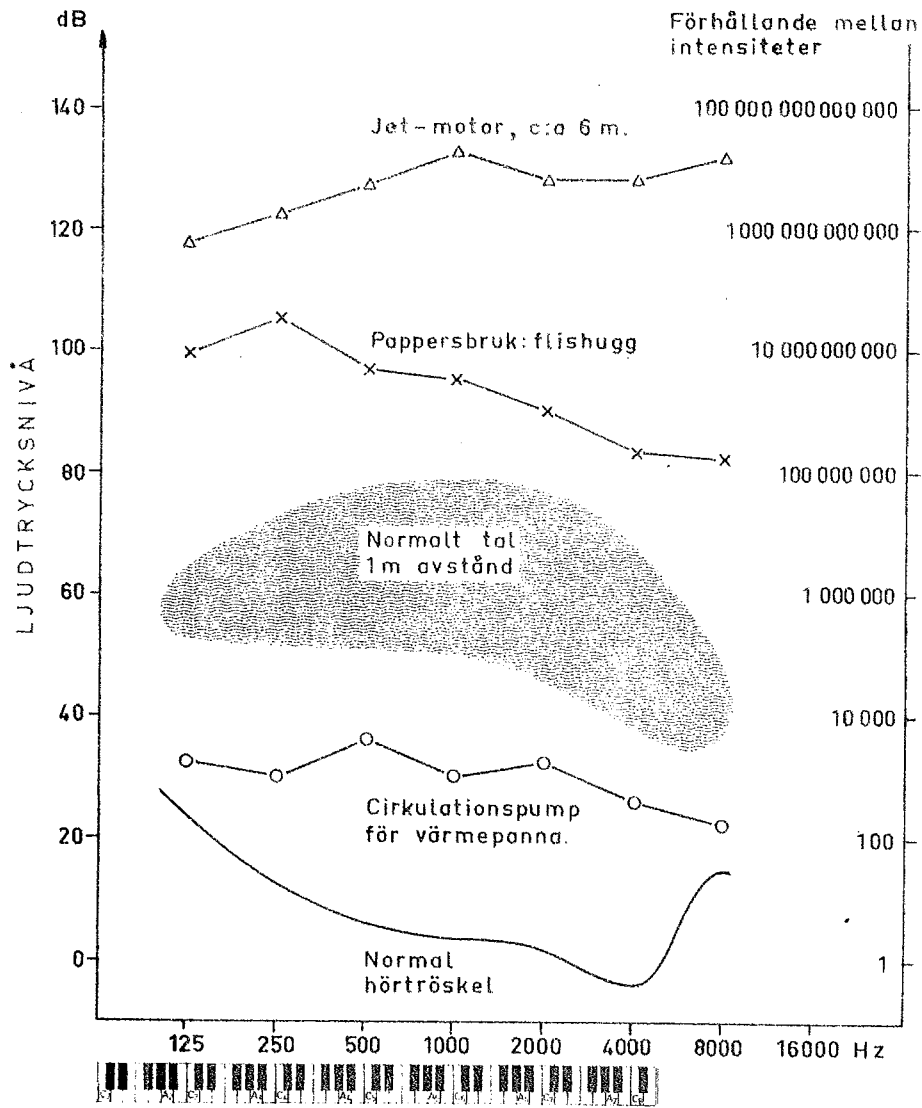


Fig. 1

Några olika ljudkällors ljudspektra
 i jämförelse med normal hörtröskel.

(Ur Svensk naturvetenskap 1965, B. Johansson)

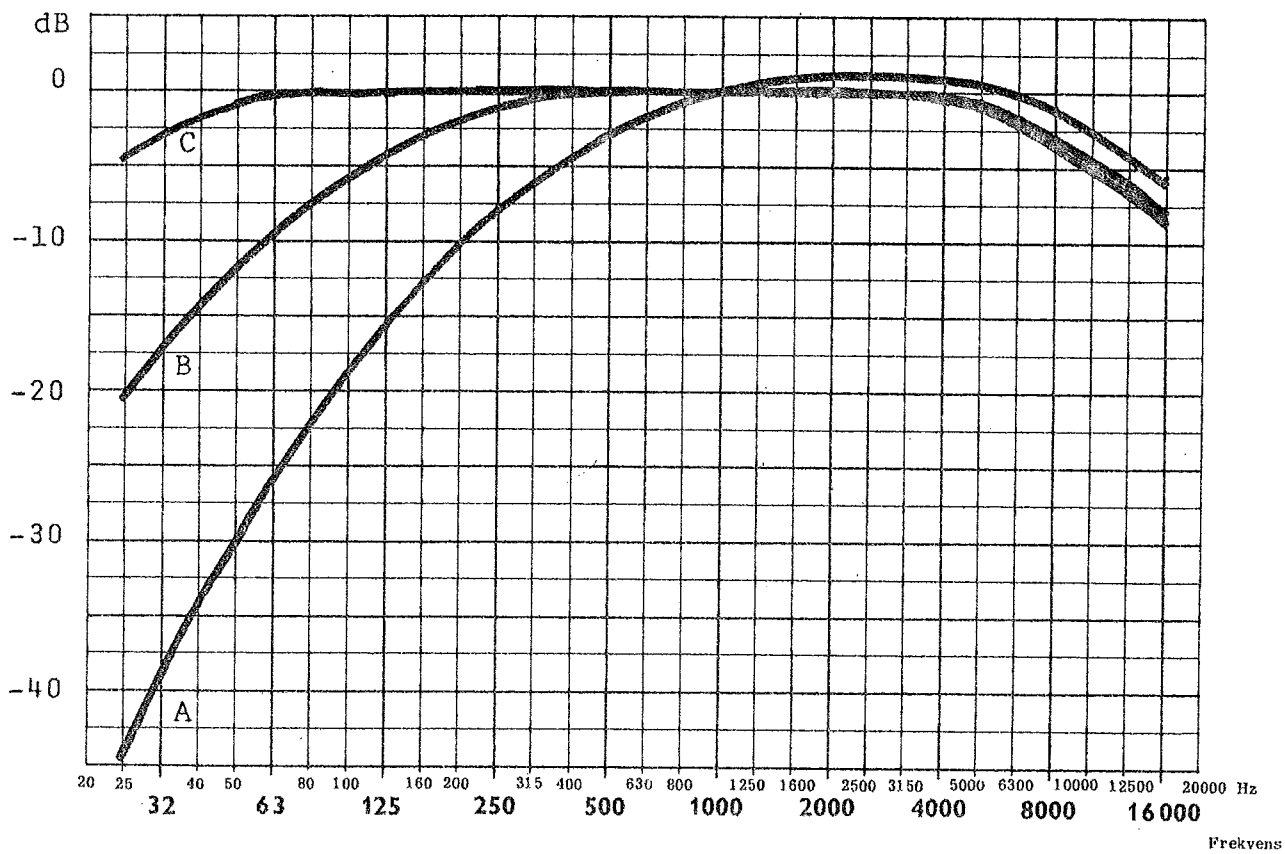


Fig. 2

Vägningsfilter för ljudnivåmätaren
enligt IEC publikation nr 179.

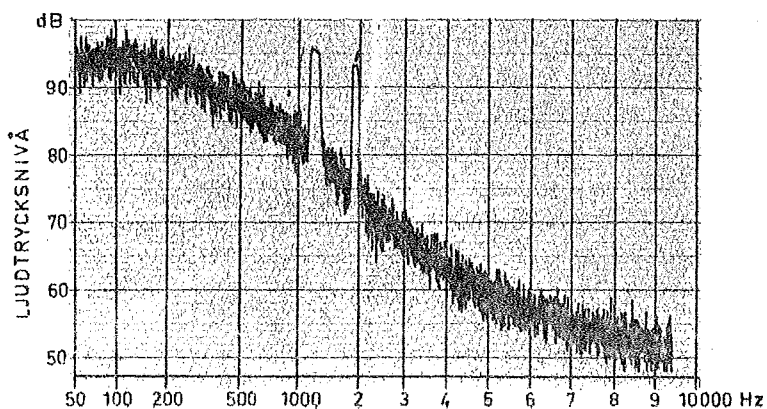
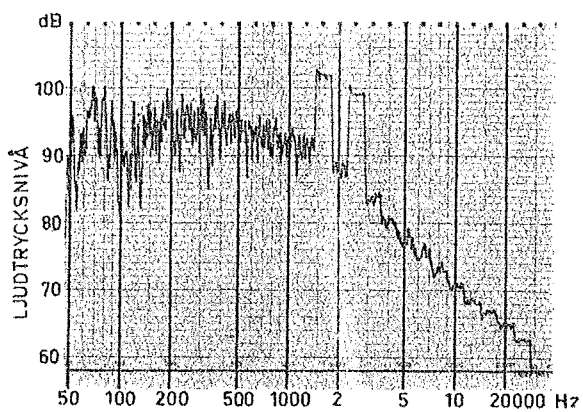
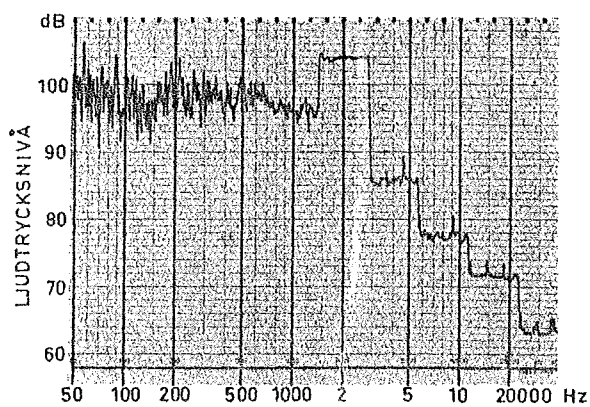
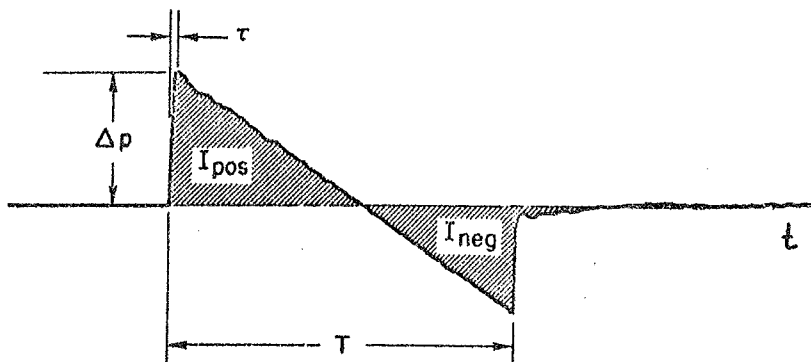


Fig. 3

Frekvensanalys av ett bullerspektrum med tre olika filtertyper. Bullret består av ett brus med två inlagda sinustoner.

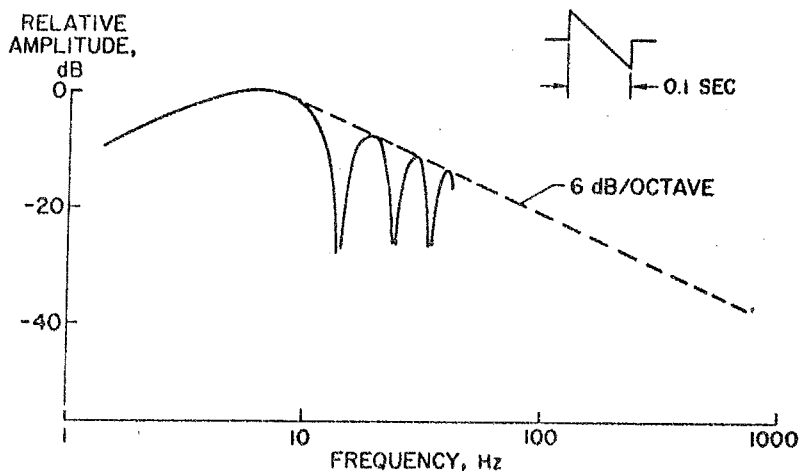
a) oktavfilter b) 1/3-oktavfilter, tersfilter
c) smalbandsfilter, 120 Hz bandbredd, omräknas till spektralnivå, dvs. bandbredden 1 Hz.

MEASURED SONIC BOOM SIGNATURE



14.6 Tracing of sonic boom ground pressure signature. (Hilton & Newman, 1966.)

CHARACTERISTIC FREQUENCY SPECTRA OF N-WAVES



14.7 Characteristic frequency spectra of N-waves. (Hubbard & Maglieri, 1967.)

Fig. 4

Tidsfunktion och frekvensfunktion
 för en överljudsbang.

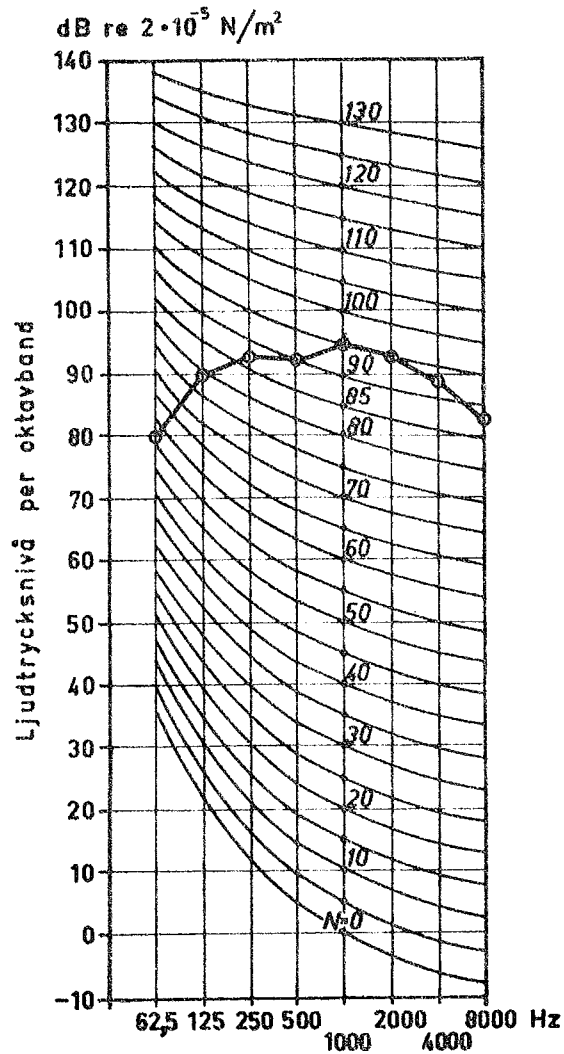


Fig. 5

Bullertal, "noise rating curves", enl. Kosten och van Os.
Inriktat ljudspektrum ger bullertalet N 95.

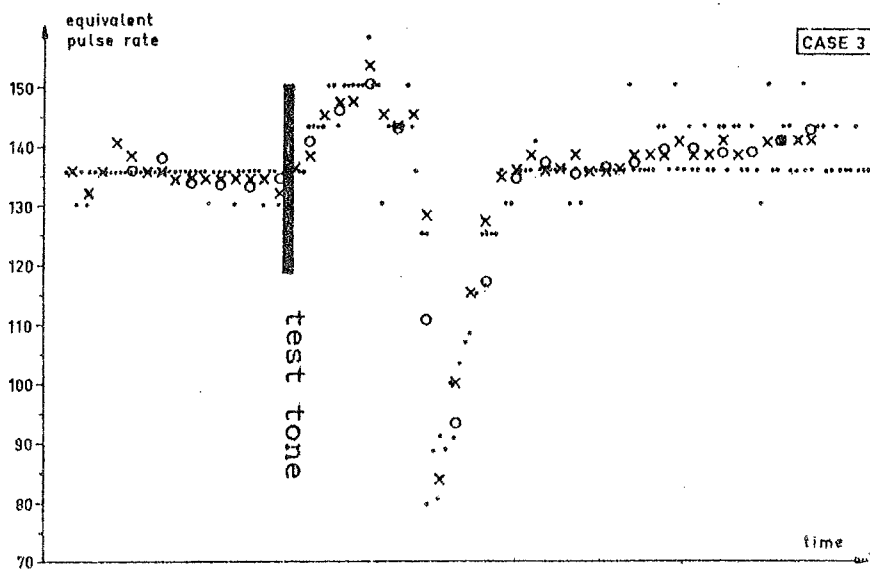


Fig. 6

Förändring av hjärtfrekvensen hos ett mänskligt foster vid överraskande ljud; tre olika integreringstider.

(Acta Otolaryngologica 1964, B. Johansson, E. Wedenberg, B. Westin)