



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R63:1979

A 672

**Absorbentmätningar
med pseudobrus**

PN-metoden

Gunnar Wilson

Byggforskningen

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

R63:1979

ABSORBENTMÄTNINGAR MED PSEUDOBRUS.
PN-METODEN

Gunnar Wilson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 750465-5
från Statens råd för byggnadsforskning till Inst. för
informationsteori, CTH, Göteborg.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R63:1979

ISBN 91-540-3021-3
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 954271

INNEHÅLL

KAPITEL 1	INLEDNING	5
KAPITEL 2	MEKANISK OMKOMSTRUKTION	11
KAPITEL 3	LAB-MÄTNINGAR PÅ MATERIAL	13
KAPITEL 4	FÄLTMÄTNINGAR	15
KAPITEL 5	MÄTNINGAR PÅ REFLEKTORER	25
KAPITEL 6	AVSLUTNING	29
REFERENS	32
TABELLER	33-79

KAPITEL 1. INLEDNING

För att mäta akustisk absorptionskoefficient och speciellt dess vinkelberoende har vid institutionen för Informationsteori konstruerats och byggts en speciell mätutrustning, som utnyttjar s k PN-signaler (se ref. 1).

Syftet med det arbete, som har resulterat i föreliggande rapport, har varit att modifiera denna utrustning och göra den mer hanterlig och möjlig att använda vid in situ-mätningar.

Under arbetets gång har vissa andra intressanta tillämpningsområden kommit att studeras. Det mest intressanta har härvid varit mätning av den inverkan störobjekt av olika utseende placerade på goda absorberter har. Dessa resultat presenteras i kapitel 5

Arbetet kan sägas ha varit uppdelat i ett antal delmoment, vilka vart och ett här fått ett kapitel;

- Mekanisk omkonstruktion
- Labmätningar på material
- Fältmätningar
- Mätningar med inlagda störobjekt

Under projektets gång har en portabel lätthanterlig elektriskt styrd mätutrustning utvecklats. Ett stort antal mätserier på olika material i olika miljöer har utförts. Speciell uppmärksamhet har ägnats olika störobjekt såsom takarmaturer och monteringsanordningar. Störobjektens inverkan har även studerats i laboriemiljö (kap. 5).

Klassiska mätmetoder för absorberter.

Tidigare har man vid alla slags ljudabsorptionsmätningar varit hänvisad till endera den s.k. rörmetoden, vilken endast mäter vinkelrätt infallande ljud, eller mätningar enligt reverberationsmetoden i särskilda mätrum. Dessa rum är mycket speciella till sin konstruktion, vilken också skiljer sig avsevärt beroende på vad som skall mätas där.

Man skiljer primärt mellan ekofria rum och efterklangsrums. Det ekofria rummet används för att efterlikna frifältsförhållanden. Här ställs mycket stora krav på väggarnas ljudabsorption - golvet brukar vålla speciella problem eftersom man ofta behöver kunna

placera tung utrustning i rummet. För att kunna arbeta med svaga signaler måste även ljudisoleringen utifrån vara god.

Efterklangsrum används för att efterlikna s k diffusa ljudfält. Man får då ljud från alla infallsvinklar och utnyttjar rummets förmåga att integrera den totala ljudutstrålningen. Rummet måste ha en viss storlek då man alltid mäter i det s k efterklangsfältet, d v s så långt från källan att direktfältet är försumbart.

Ytterligare konstruktionsproblem uppstår vid öppningar till rummen, såsom dörrar och ventilationskanaler. Stomljudsisoleringen kräver ofta att hela rummet är vibrationsfritt upphängt, och dimensioneringen av det fjädrande systemet m a p grundresonansfrekvensen noggrann.

Allt detta visar att det är dyrbara och komplicerade metoder vi har att göra med. Trots detta kanske ändå den största nackdelen för de klassiska metoderna ligger i att inte kunna mäta på bestämda infallsvinklar.

Vår metod ger en möjlighet att med mycket enkel mätutrustning ta upp kurvor av absorptionskoefficienten α som funktion av vinkeln θ med frekvensen som parameter. Inga speciella mättrum behövs - man kan om så önskas mäta direkt ute på "fältet" - på en arbetsplats ofta utan att ens det ordinarie arbetet där berörs.

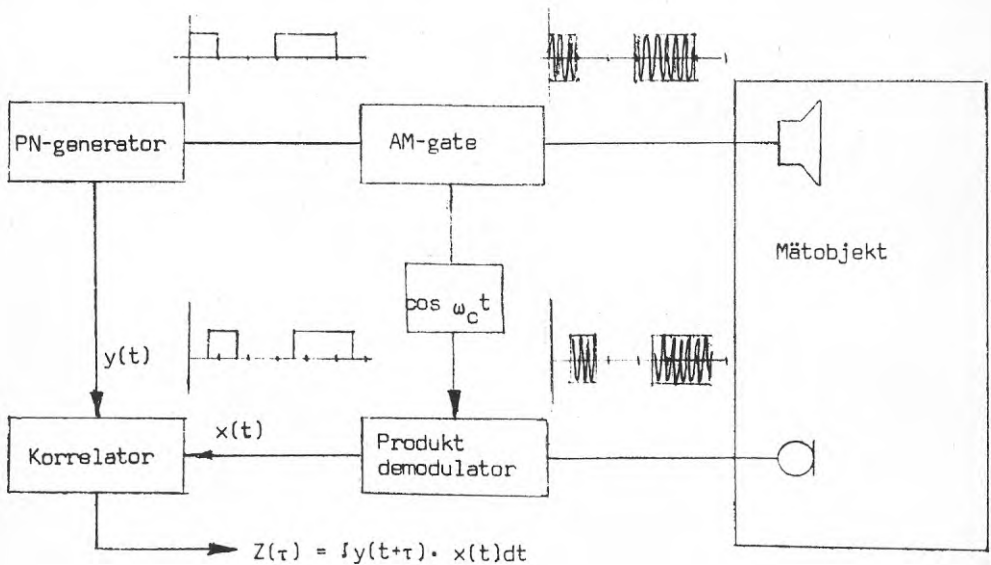


Fig. 1:1 Blockschemat för mätprincipen

Mätutrustningen består av den signalbehandlingsutrustning som är konstruerad vid institutionen (se ref. 1 och fig 1:1). Denna genererar en PN-signal vilken moduleras på en bärvåg och via en högtalare får reflekteras mot ett prov av det material som ska undersökas. Den reflekterade signalen tas upp av en mikrofon, återförs och korskorreleras med den utsända signalen. Korrelationsfunktionen visas på korrelatorskärmen.

PN-signalen används för att i största möjliga utsträckning efterlikna bandbegränsat vitt brus. Till skillnad mot stokastiska signaler ger PN-signalen god mätnoggrannhet även vid relativt korta mättider. Dessutom kan man nå hög effekttäthet genom att signalen har linjespektrum.

Mikrofonen och högtalaren är monterade på vagnar som löper på ett horisontellt spår (fig. 1:2) vilket kan varieras i höjddled. Härigenom kan infallsvinkeln lätt varieras.

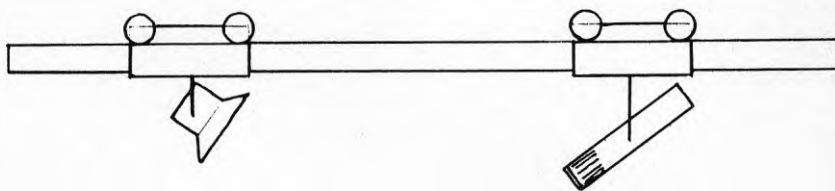


Fig. 1:2

Definitioner

Absorptionskoefficienten α definieras enligt formeln

$$\alpha_{\theta} = 1 - \left(\frac{P_r}{P_i} \right)^2$$

där P_i och P_r är ljudtrycket hos den infallande resp. reflekterade vågen. Den i mätutrustningen använda mikrofonen är tryckkänslig, varför avläsningen är direkt proportionell mot ljudtrycket.

Infallsvinkeln θ definieras som vinkeln mellan den infallande (eller reflekterade) vågen och normalen till det plan där mätobjektet är placerat.

Mätningförfarande

För att beräkna absorptionskoefficienten behöver man känna kvoten mellan ljudtrycket för det reflekterade ljudet och dito för det infallande.

Det reflekterade ljudets tryck avläses direkt (i relativt mått) på korrelatorskärmen; ljudtrycket hos den infallande vågen måste däremot beräknas.

Härför inleds mätningarna med att en kalibreringskurva upptages för direkt infallande våg. Högtalare och mikrofon riktas mot varandra och avståndet l (se fig. 1:3) varieras allt under det att ljudtrycket avläses för lämpligt antal l -värden. Dessa värden förs in i ett diagram och sammanbindes till en $P(l)$ -kurva. Mätningen tillgår så att med bibehållen inställning av uteffekten från PN-generatorn mikrofon och högtalare riktas ungefär i den reflekterade vågens riktning varpå h och l varieras. Mot varje inställning av h och l svarar nu ett bestämt värde på r . Värdet på P_r avläses direkt på korrelatorskärmen och P_i fås genom att gå in i diagrammet för $l = 2r$. Om man kunde approximera kalibreringskurvan med en rät linje, med lutningen k , hade det räckt att avläsa och mata in ett värde, och låta kalkylatorn sköta resten - jmf. Kap. 2. Mätningarna utförs normalt vid 1, 2, 4 och 8 kHz. Prov har även gjorts med frekvensen 500 Hz, men här uppstår stora avläsningssvårigheter.

Problemet är att kunna skilja mellan direktvåg och reflex, vilka vid lägre frekvenser kommer att interferera med varandra. Korrelationsfunktionens utsträckning (basen i triangeln på korrelatorskärmen) ökar nämligen med våglängden.

Gångvägsskillnaden mellan direktvåg och reflex som är $g = 2r - l$ minskar då infallsvinkeln ökar. Svårigheten ökar alltså med våglängden och infallsvinkeln. Vid frekvensen 50 kHz har man sålunda inga praktiska möjligheter att mäta vid infallsvinklar överstigande ungefär 60° . Vid 8 kHz å andra sidan har vi i gynnsamma fall kunnat mäta reflexer vid infallsvinklar upp till 85° .

För att underlätta och "automatisera" mätinställningarna har tabeller upprättats över l- och h-inställningarna för de olika förekommande vinklarna. Dessutom finns tabellerat den erforderliga ändringen i h för att från ett extremum nå nästa vid de olika standardiserade frekvenserna som används (se tabell 1:1).

Infallsvinkeln θ fås med vanlig trigonometri

$$\theta = \arctan \frac{l/2}{h}$$

$$r = \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + h^2}$$

Beräkningarna utföres i en bordskalkylator, där uppgifter om kalibreringskurvan lagts in, och värdena på l, h och P_r för varje avläsning matas in.

Till kalkylatorn är en skrivare ansluten. Denna plottar α som funktion av vinkeln θ i ett rätvinkligt koordinatsystem.

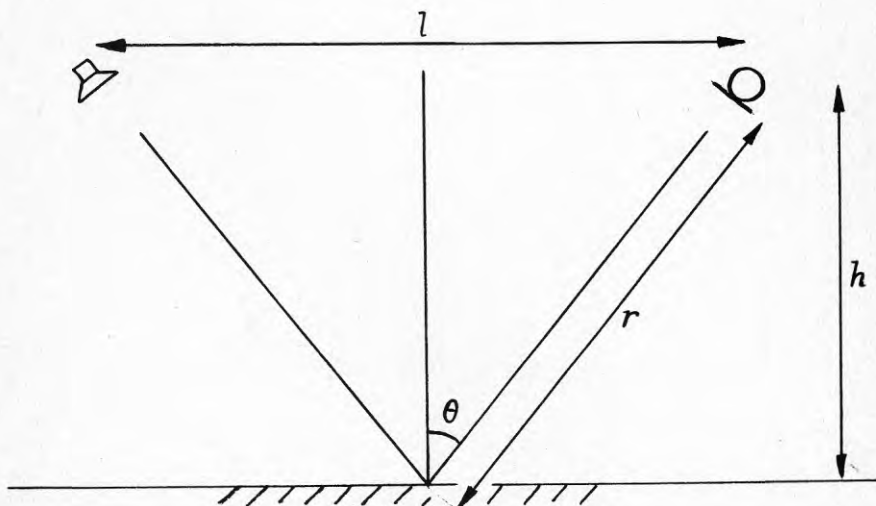


Fig. 1:3

KAPITEL 2. MEKANISK OMKONSTRUKTION

Vid de inledande mätningarna övertogs helt det tidigare mätförfarandet. Detta bestod bland annat i att man för varje frekvens upptog en kalibreringskurva, d v s en kurva över direktvågens amplitud som funktion av avståndet mellan högtalare och mikrofon. Dessa punkter lades in i ett enkellogaritmiskt diagram och approximerades med en rät linje med lutningen k . Punkterna låg emellertid inte på någon rät linje. Vid noggranna mätningar med stort antal punkter framkom istället att kurvan fick en vågform med tydlig periodicitet. Perioden var dessutom frekvensberoende. Ett tag användes ett modifierat datorprogram för plottning av $\alpha(\theta)$ -beroendet, där vi tog hänsyn till kalibreringskurvens oscillationer. Detta gick till så att man manuellt för varje avläst värde a_1 också matade in aktuellt värde a_2 ur kalibreringskurvan. En betydligt mer tidsödande metod, vilken dessutom gav ytterligare nästan oförklarliga effekter. I tab. 2:1 - 2:3 visas exempel på dels en sådan kalibreringskurva, dels en $\alpha(\theta)$ -kurva med en uppseendeväckande "dip" som orsakats av inverkan av kalibreringskurvens vågform. Stor möda lades nu på att försöka förklara orsaken till att kalibreringskurvan inte blev rätlinjig. Först antog vi att det berodde på högtalarelementets riktverkan och randeffekter i gränsen mellan när och fjärrfältet. Flera prov med olika högtalare gav dock inget resultat som tydde på att detta skulle vara förklaringen. Misstankarna riktades istället mot eventuella reflexer från den horisontella stängen, vilka skulle kunna ge interferenseffekter i kalibreringskurvan. Ett noggrant experiment med att ta upp kalibreringskurvan med högtalaren och mikrofonen frigjorda från stängen, gav till resultat en (i det logaritmiska systemet) nära nog linjär kurva. Efter ytterligare prov med samma resultat, ansågs orsaken vara klarlagd. Kunde stängen elimineras skulle man dessutom vinna åtskilligt i flexibilitet hos utrustningen.

Nu påbörjade vi projekteringen av en ny, behändigare portabel mätutrustning. De viktigaste förändringarna på denna skulle då vara:

- * Högtalar- och mikrofonstativ fristående från varandra
- * Höjning och sänkning av högtalare och mikrofon göres på något sätt maskinellt

För den sista punkten skulle den största svårigheten bli att få de två "hissarna" att löpa synkront. Efter diverse diskussioner och praktiska prov beslöts att lösa problemet med hjälp av stegmotorer, styrda från samma oscillator.

Stegmotorer av typ SL0-SYN inköptes och diverse tillbehör fick specialbyggas. Det mekaniska arbetet utfördes till full belåtenhet av Televerkstaden.

En källa till viss oro var det ljud stegmotorerna avgav, men vid prov visade det sig att mätningarna stördes mycket lite av detta. Endast vid lägsta motorhastighet uppstod sådana vibrationer i stativen att korrelatoravläsningen omöjliggjordes. Denna låga hastighet behöver dock inte användas ! Med högsta motorhastighet tar förflyttningen mellan ändlägena c:a tre minuter.

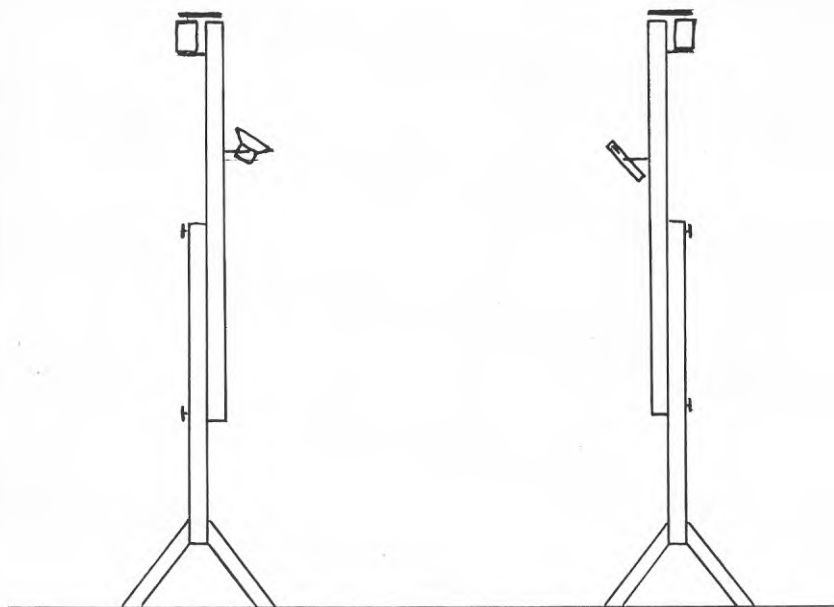


Fig. 2:1 De nya högtalar- och mikrofonstativen

KAPITEL 3. LAB-MÄTNINGAR PÅ MATERIAL

Fullständiga mätningar vid 4 (i vissa fall 5) olika frekvenser har utförts på Rockwools Rockfon Textur och Rockfon Fissured 853 samt Gullfiber Akutex Sabine och Armstrong Minaform.

Rockfon Textur och Akutex Sabine är högabsorberande material med absorptionskoefficient $\alpha \approx 0.9 - 0.98$ vid samtliga uppmätta frekvenser och infallsvinklar. Teoretiskt har $\alpha(\theta)$ kurvan tidigare studerats och det har visats att absorptionen minskar kraftigt då infallsvinkeln närmar sig 90° . Denna effekt är svår att verifiera praktiskt, då mätningarna oftast inte går längre än till $\theta \approx 70^\circ$. I vissa gynnsamma fall (för högre frekvenser) har dock en antydning till fallande kurva vid infallsvinklar nära 90° kunnat iakttas (se t.ex. kurvan för Rockfon Textur, $f = 8\text{kHz}$ i tab. 3:4).

Labmätningarna inleddes med en del prov där redan kända material kontrollmättes. Dessa mätningar gav synnerligen nyttiga lärdomar om de svårigheter som metoden innehåller. Uppmärksamheten måste ständigt riktas mot störande reflexer från ytor i rummet belägna på samma gångavstånd från mätutrustningen som mätprovet. För att eliminera väggarnas inverkan valde vi t.ex. att placera mätutrustningen diagonalt i rummet.

Det material som skulle mätas placerades på golvet. Diverse prov gjordes för att utröna hur stor provyta som erfordrades. Om provytan är kvadratisk med sidan större än 10 gånger våglängden, bedömes randeffekterna från golvet ha försumbar inverkan.

Absorptionskoefficienten är högre ju högre frekvensen är. Materialen är alltså bättre absorberare av högfrekvent ljud än lågfrekvent, vilket såväl teoretiska utredningar som våra mätningar bekräftar.

De två provade materialen av "fissured" typ har visat sig ha betydligt sämre absorptionsegenskaper. (Mätningarna har därigenom varit enklare att utföra, då reflexerna har varit större och lättare att avläsa).

Gullfibers och Rockwools material är utåt sett mycket snarlika. Dock uppvisar mätresultaten en del iögonenfallande skillnader. Rockwools material "853" uppvisar sina sämsta mätvärden för infallsvinklar omkring 45° medan Gullfibers Armstrong Minaform visar en tendens till lägre absorption för små vinklar.

En möjlig orsak kan vara interferens från den våg som transmitteras genom materialet och reflekteras mot det akustiskt hårda underlaget. Små tjockleksskillnader hos de olika materialen skulle då kunna ge upphov till våra varierande resultat. Detta skulle kunna verifieras genom att upprepa mätningarna med materialet fritt upphängt eller lagt på en god absorbent.

En annan tänkbar orsak kan vara olikheter i ytskiktet hos de båda materialen.

Några ytterligare undersökningar har vi dock hittills inte kunnat göra.

KAPITEL 4. FÄLTMÄTNINGAR

Ett önskemål för oss har varit att komma ut och göra mätningar i verkliga miljöer, dels för att få bekräftat våra kurvor från labmätningarna, dels för att få utröna inverkan av olika störobject såsom armatur, ventilationstrummor och bärverk. Detta skulle då verifiera våra labmätningar på störobject (jfr. kap. 5). Dessutom ville vi få erfarenhet av praktiska problem vid fältmätningar. Så fick vi t.ex. pröva på att mäta mot tak i stället för golv, vilket dock visade sig inte utgöra någon väsentlig skillnad.

För att kunna utföra våra "in-situ-mätningar" gällde det nu att finna lämpliga mätobjekt. Valet föll på två lokaler till vilka Gullfiber tillhandahållit takisoleringsmaterial. Dels var det en för tillfället tom kontorslokal hos Wikings Mekaniska AB, dels var det en personalmatsal på SKF.

Mätningarna på Wiking's.

Lokalen på Wikings Mek. AB är ett utrymt kontorslandskap med måtten $\sim 16 \times 24$ m och takhöjden 270 cm. Taket består av Gullfiber Alvex kasett P, $\phi = 2,5$, deln. 5 mm, mått 625x625 mm. I taket finns ett antal belysningsarmaturer enligt fig. Taket bärs upp av ett antal stolpar. Reflexer från dessa kunde helt elimineras genom att välja mätupställningen lämpligt.

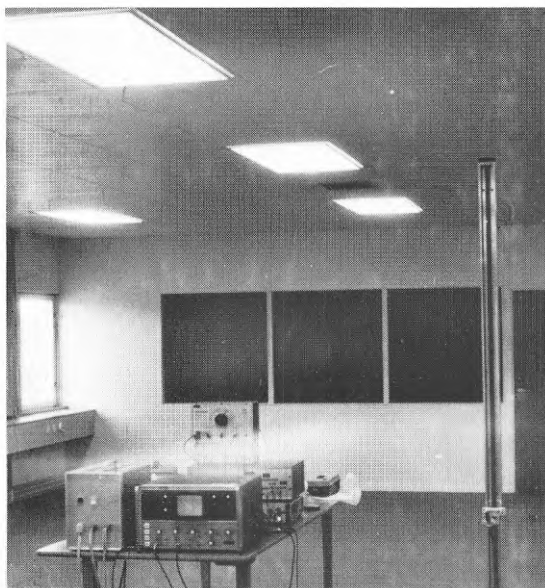


Fig. 4:1

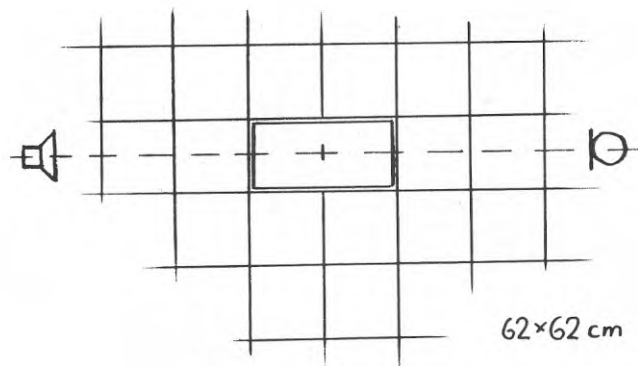


Fig. 4:2

För våra första mätningar valdes en mätuppställning längs med takplattorna mot det rena taket. De kurvor vi erhöll efter våra inledande mätningar uppvisar, åtminstone för högre frekvenser, tydliga diskontinuiteter - mest påtagligt vid byte av mätområde.

Detta visade sig sedermera, efter noggranna undersökningar, vara en effekt som berodde på randeffekter i skarvarna mellan plattorna, och alltså påverkades av mätutrustningens placering i förhållande till takplattorna. Om mätutrustningen med konstant inställning av l och h flyttades parallellt med eller tvärs mot linjen genom stativen erhöles en periodiskt vågformig kurva med perioden lika med takplattans sida. Kurvans "amplitud" beror av frekvensen och ökar med ökande frekvens. För exempelvis 4 kHz och infallsvinkeln ungefär 55° fås $\alpha_{\max} = 0.8$ och $\alpha_{\min} = 0.4$, se tab. 4:9.

Det är helt klart att dessa lägesberoende variationer av materialets absorptionsfaktor är av betydligt större betydelse än de vinkelberoende. Dessutom finns uppenbarligen ett beroende av gångavståndet för det reflekterade ljudet. Allt detta gör att kurvorna över α som funktion av enbart θ , åtminstone för högre frekvenser, är tämligen ointressanta. Beroendet av gångavståndet kommer än tydligare fram i mätningarna mot armaturerna.

Vid mätningarna mot armatur fås för vissa inställningar absorptionsfaktor $|\alpha| < 0$. Detta är teoretiskt omöjligt, varför förklaringen måste finnas i fokuseringseffekter hos armaturens olika delar. Man skulle alltså få reflexer från olika punkter med så små gångvägsskillnader att de ej går att särskilja på korrelatorskärmen.

Vid lägre frekvenser (< 2 kHz) är effekten ej så påtaglig, vilket även teorin bekräftar - ytan upplevs som "slätare" vid låga frekvenser.

Den yta som träffas av ljudstrålen blir på grund av högtalarlobens utseende större vid ökat avstånd. Härvid får inverkan av det omgivande materialet större betydelse, varför diskontinuiteter uppstår vid byte av mätområde (jfr. fig. 4:3). Det uppmätta värdet blir därför ett medelvärde av reflexionsfaktorn över träffytan.

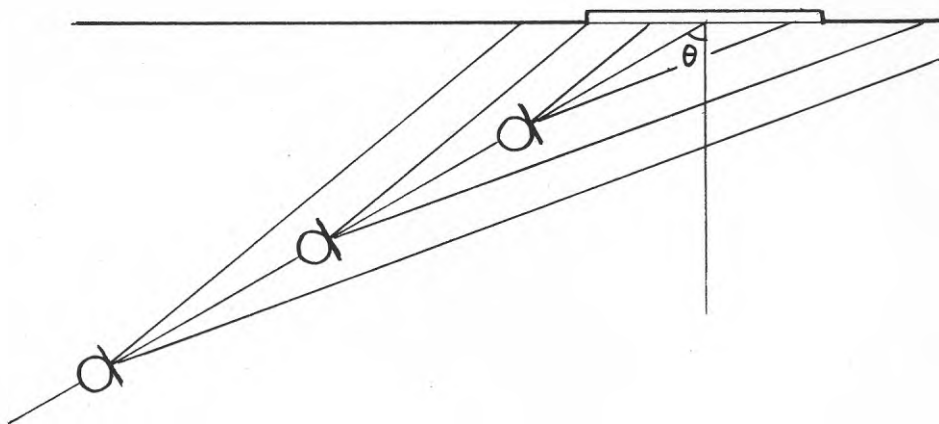


Fig. 4:3

Ett försök gjordes att utröna inverkan i olika punkter av rummet av en fix ljudkälla. Högtalaren placerades på ett ställe och mikrofonen flyttades. Avståndet till taket var konstant ~ 200 cm. Resultatet av mätningen vid frekvensen 4 kHz finns i form av en vanlig $\alpha(\theta)$ -kurva i tab. 4:8. Även här kommer (som väntat) de lokala variationerna att spela in i högre grad än de eventuella vinkelberoende variationerna.

Ytterligare utredningar om dessa i och för sig synnerligen intressanta effekter har i brist på tid fått ställas på framtiden.

Mätningarna på SKF.

Mätningarna utfördes i matsalen i rullkroppsfabriken (RK). På grund av att matsalen tidvis besöks av stort antal matgäster, förlades mätningarna till eftermiddagar (efter lunch) och kvällar. Apparaturen fick efter varje arbetspass plockas ihop och ställas undan i ett förråd. Då utrustningen stod uppställd på ett rullbord, gick detta tämligen snabbt. Före varje mätning fick ett antal stolar och bord flyttas för att efter mätningen återställas.

Med stor tacksamhet skall serveringspersonalen ihågkommas. Deras kärleksfulla omtanke om mätaren, vilken vid dennes välbehövlige avbrott i rutinerna bland annat resulterade i uppiggande förfriskningar, såsom kaffe med allehanda tilltugg, uppskattades mycket.

Lokalen. Matsalen är försedd med ett undertak av Gullfiber Akutex Sabine på höjden 275 cm. Till diverse störobjekt såsom lampor,

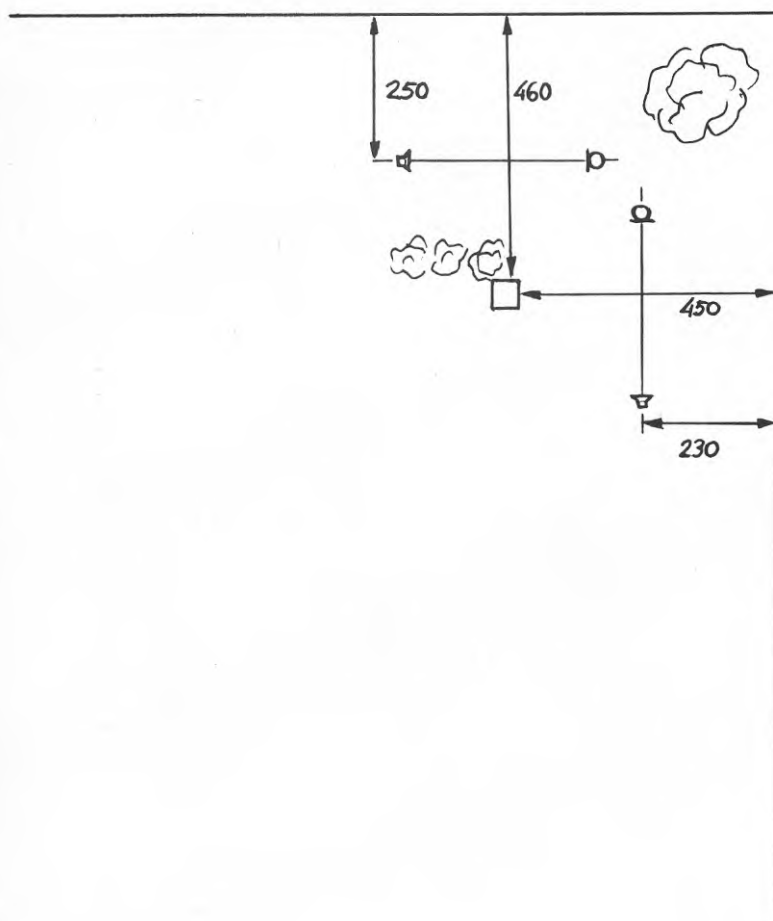


Fig 4:4 Plan över matsalen på SKF

stolpar och möbler samt takarmaturer har vederbörlig hänsyn fått tagas. För mätningarna mot det "rena" taket valdes en plats belägen ~ 230 cm från närmaste parallella vägg och ungefär lika långt från en bärande stolpe (se fig. 4:4). Takplattorna har måtten 60 x 120 cm. Mätutrustningen var uppställd "tvärs" plattorna. Skarvarna mellan dem täcks av ca 3 cm breda (plast?) lister.

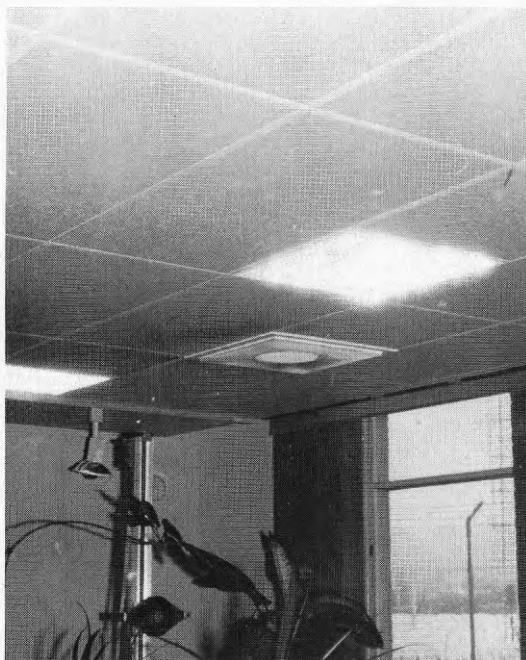


Fig. 4:5

Mätningarna har i stort sett förlöpt utan komplikationer. Det rena materialet har (som väntat) så goda akustiska egenskaper att mätningarna av dessa skäl kunde bli något besvärliga att genomföra. Hänsyn fick hela tiden tas till störande reflexer från väggar, golv och stolpar, men dessa var i regel lätta att skilja ut.

För mätningen mot belysningsarmaturen valdes en plats där mätutrustningen uppställdes vinkelrätt mot den förra platsen, dvs längs med plattorna.

Armatyren är en glaslös kvadratisk lysrörshållare med bländningskydd (typ rutnät, se fig. 4:6). Armatyrens mått är 62 x 62 cm. Uppställningen gjordes så att armaturens mittpunkt (med tämligen stor noggrannhet) belystes av ljudkällan.

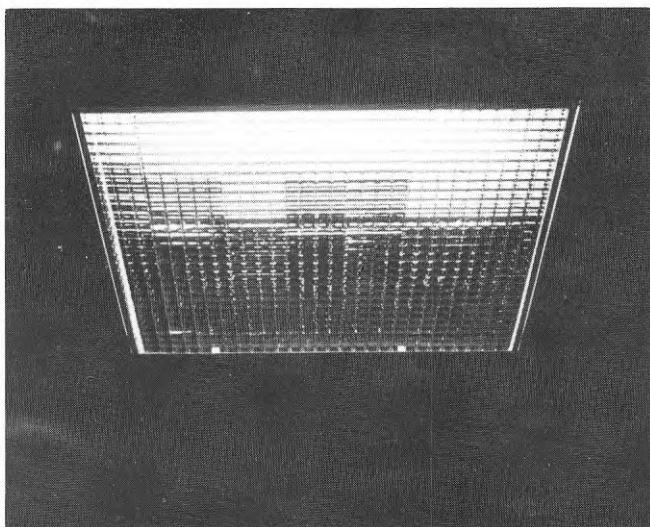


Fig. 4:6 Närbild av takarmaturen

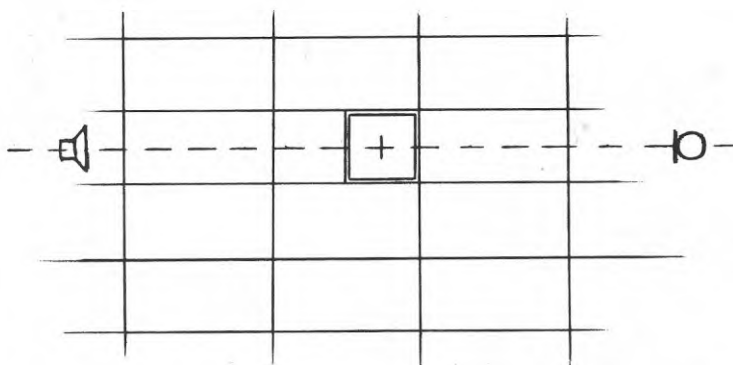


Fig. 4:7 Takplattorna med armatur

Resultat av armaturmätningarna.

Mätningarna gick relativt snabbt och var enkla att utföra tack vare relativt distinkta och entydiga reflexer.

Kurvorna har dock inte blivit så snygga (kontinuerliga) som man kunde ha önskat. Framför allt uppstod vid byte av mätområde för vissa frekvenser stora språng i kurvorna. Detta kan tolkas på olika sätt men helt uppenbart får avståndet från mätutrustningen till objektet en mycket större inverkan än eventuella vinkelvariationer. Orsaken till detta är att storleken av den ekvivalenta belysta reflektorytan varierar (se fig. 4:3).

KAPITEL 5. MÄTNINGAR PÅ REFLEKTORER

En intressant tillämpning av PN-metoden är mätning av inverkan av en reflektor placerad på en absorberande yta. Detta motsvaras i verkligheten av exempelvis armaturer eller ventiltätningstrummor som mynnar i ett tak eller en vägg.

Man är då intresserad av absorptionen, eller egentligen reflexionen, som funktion av reflektorns storlek, geometri och läge.

Om vi anser att en oändligt utsträckt reflektor ger totalreflexion vid alla infallsvinklar, kan vi inskränka oss till att betrakta fall med reflektorer med åtminstone i en led ändliga dimensioner. Oändlig utsträckning har i här betraktade fall föremål med en längd överstigande 10 gånger våglängden.

Detta har praktiskt lett till att vi vid mätningarna som reflektorer använder 1 mm stålplåt av längden 2 meter och med varierande bredd.

Mätningarna har utförts med infallsvinkeln $\theta \approx 45^\circ$. Mikrofon och högtalare har placerats på cirka 4 meters avstånd från varandra. Häremellan ligger en cirka 6 kvm stor yta (2,5 x 2,5 m) av en god absorberant (Rockfon textur).

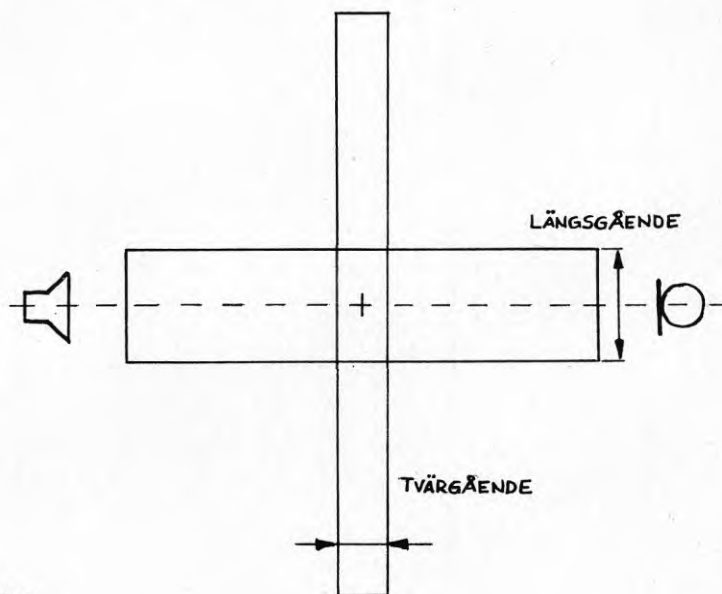


Fig. 5:1

På denna har reflektorerna placerats, dels parallellt med axeln genom högtalaren och mikrofonen - här kallad längsgående reflektor - och dels tvärs denna linje - kallad tvärgående reflektor - samt även i några olika vinklar (se fig. 5:1). Mätningarna har utförts för flera olika bredder på reflektorn.

Vi har även mätt med reflektorn sidoförskjuten från symmetri-linjen samt med två parallella reflektorer med olika stor spalt (absorbent) mellan.

Resultat. Först gjordes mätningar med reflektorer av varierande bredd placerad längs eller tvärs förbindningslinjen mellan högtalare och mikrofon. Som man möjligen kunde vänta ökar reflexionen med reflektorns bredd. Det exakta förloppet framgår av tab. 5:1-2. I fallet med längsgående reflektor blir inverkan något större vid samma bredd. Redan vid bredden ca 5 cm börjar reflektorernas inverkan att bli märkbar.

Vid fallet med en tvärgående reflektor av konstant bredd som förskjuts i förhållande till mätutrustningen fås resultatet i tab. 5:3.

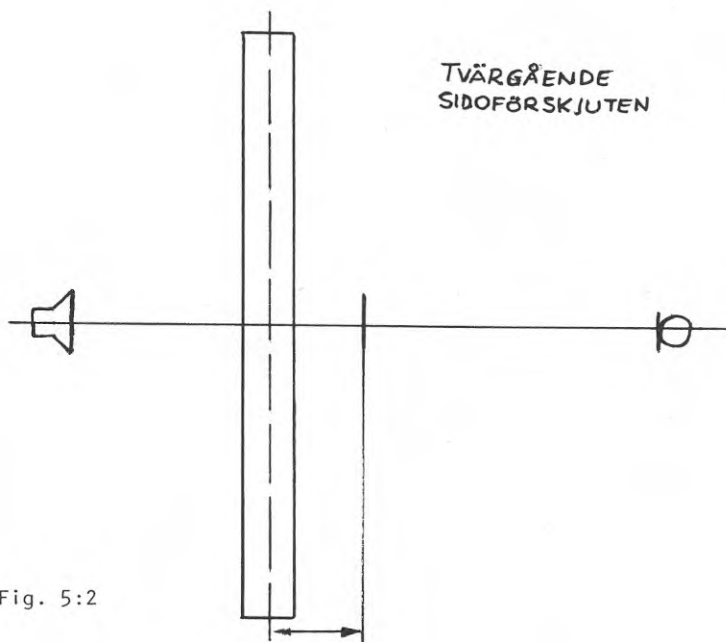


Fig. 5:2

Det mest frapperande här är de branta flankerna då reflektorns inverkan börjar avta. Det är alltså inte någon succesivt förändrad inverkan utan snarare tre olika faser; utan resp. med inverkan samt en smal övergångsfas. En längsgående sidoförskjuten reflektor ger samma tendens men inte lika uttalad. "Inverkansfasen" blir sålunda betydligt smalare (se tab.5:4).

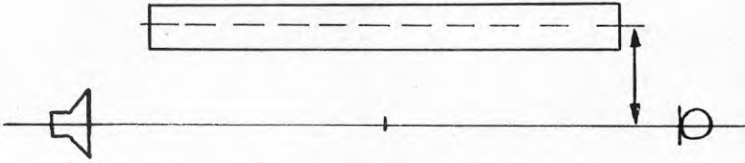


Fig. 5:3 Längsgående sidoförskjuten reflektor

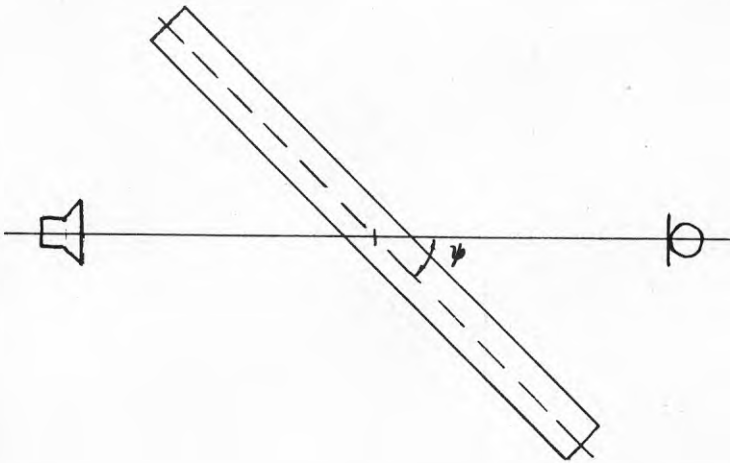


Fig. 5:4 Reflektor vriden vinkeln ψ

Försöken med reflektorn vriden en viss vinkel ψ i förhållande till högtalar-mikrofon-axeln (fig. 5:4) har inte gett några anmärkningsvärda resultat - jfr. tab. 5:5.

Betydligt mer att fundera över ger kombinationen två parallella 10 cm breda längsgående reflektorer. Då avståndet d mellan dem, dvs den mellanliggande absorberens bredd, ökas, fås till att börja med ingen förändring. Då avståndet överstiger 50 cm inträder en "sinusformig" fas med ett första maximum vid $d \approx 75$ cm (tab. 5:6).

Vid ett försök med "oändligt" (= 1 m) breda reflektorer fick kurvan (givetvis) ett helt annat utseende med en från totalreflexion kontinuerligt med d ökande absorption. En viss tendens till oscillation kan dock förmärkas - man kan upptäcka ett maximum vid $d \approx 80$ cm (se tab. 5:7).

Samma försök upprepat med tvärgående reflektorer, dels 10 cm breda, dels "oändliga" gav inte samma remarkabla resultat. Snarare kan man påstå att inverkan är betydligt mindre. Särskilt svårförklarligt är gränsvärdet "oändlig" reflektor där $\alpha \approx 0,5$. I fallet längsgående reflektor, $d = 0$, är $\alpha \approx 0$. De fysikaliska förhållandena i dessa båda fall är identiska - kvadratisk reflektor 2×2 m - varför olikheterna kanske kan förklaras med (eller skyllas på) svårigheter vid inställningarna, avläsningsfel el.dyl. Resultatet visas i tab. 5:8-9.

Sammanfattningsvis kan sägas att dessa mätningar har givit mycket intressanta och tankeväckande resultat, vilka väl kan motivera ett djupare studium av bakomliggande orsaker.

KAPITEL 6. AVSLUTNING

Det finns i litteraturen beskrivet en del mätmetoder liknande PN-metoden för att bestämma absorptionsfaktorns vinkelberoende. Exempelvis finns korrelatormetoder beskrivna, men svårigheten är att man använder vanligt stokastiskt brus i stället för som i vårt fall pseudo-noise. Dessa metoder har i allmänhet inte heller gått att använda praktiskt.

Vi har gjort några försök med en annan metod som utnyttjar klockade pulser ("gated pulses") i en uppkoppling enligt fig. 6:1.

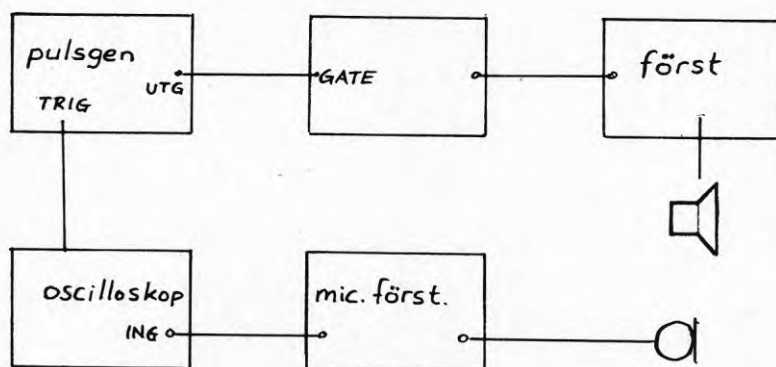


Fig 6:1 Uppkoppling för reflexmätning med "gated pulses".

Pulsgeneratorer	Digitron
	Wavetek
Högtalarförstärkare	Ferguson 3483
Mikrofon	Quad
Minnesoscilloskop	Hewlett Packard

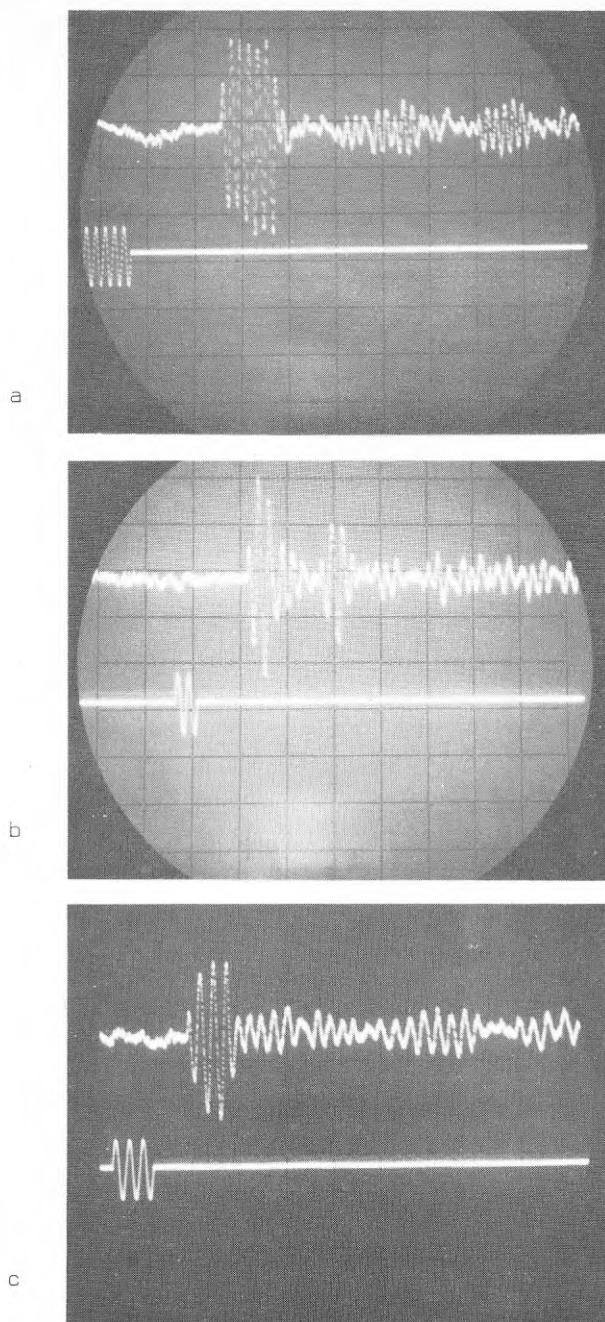


Fig. 6:2 Mätning med "gated pulses"

- a) lågabsorberande material, $f=3$ kHz
- b) lågabsorberande material, $f=1$ kHz
- c) högabsorberande material, $f=1$ kHz

Den undre kurvan visar utsänd signal och den övre mottagen.
 Det första stora utslaget är direktvåg, och därpå följer reflexer.

Mikrofon och högtalare är desamma som användes vid korrelatormätningarna. Tillsammans med oscilloskopet användes en polaroidkamera för att registrera förloppet. I fig. 6:2 visas exempel på sådana mätresultat.

Pulslängden vid mätningarna har varit 1 ms, sinusfrekvensen 1 resp. 3 kHz. För att få en åskidligare bild på oscilloskopskärmen fördröjdes signalen från generatoren i förhållande till triggpulsen.

Högtalare och mikrofon har under mätningarna varit inställda på $l \approx 2$ m och $h \approx 1.75$ m, dvs $\theta \approx 30^\circ$. Mätobjektet har varit lågabsorberande akustikplatta.

Vid denna inställning och med detta material var det ingen svårighet att lokalisera reflexens läge. Även reflexens storlek var möjlig att avläsa, om än med dålig noggrannhet. Vid mätning på mer högabsorberande material blev det genast betydligt svårare att göra avläsningarna!

En direkt jämförelse mellan PN-metoden och pulsmetoden visar att PN-metoden är noggrannare och ger enklare avläsningar men att pulsmetoden är betydligt snabbare.

Praktiska mättpips.

Mätningarna inleds med att man med hjälp av fjärrkontrollen till styr-enheten ställer in $h \approx h_{\text{tak}}/2$. Vid h exakt lika med halva takhöjden får man interferens mellan tak- och golvreflex, och detta måste undvikas. Man varierar (minskar) h långsamt tills man ser att golv och takreflex skiljer sig åt. Då h minskar (dvs högtalare/mikrofon närmar sig mätobjektet) förflyttas reflexen på korrelatorskärmen mot direktvågen. Så småningom interfererar dessa och då avbryts mätningen. Man går i stället tillbaka till $h = h_{\text{tak}}/2$ och förflyttar sig på samma sätt från mätobjektet. Om reflexen "vandrar" ur bild sveper man m-hj.a. knappen "svep" in den igen.

Kalibrering av direktvågen sker helt enligt den tidigare mätmetoden, beskriven i Kap. 1.

Slutkommentarer och erfarenheter.

Det bestående intrycket av PN-metoden efter ett års användning är

lätthanterlig (mättekniskt) och noggrann metod

Mätningarna är däremot tidskrävande och psykiskt tröttande

Mätutrustningen är besvärlig att transportera pga sitt stora omfång. (Kräver två man + skåpbil)

Metoden kräver lång inkörningstid för operatören. I första hand gäller det att bli bekant med korrelatorbildens utseende och kunna tolka denna.

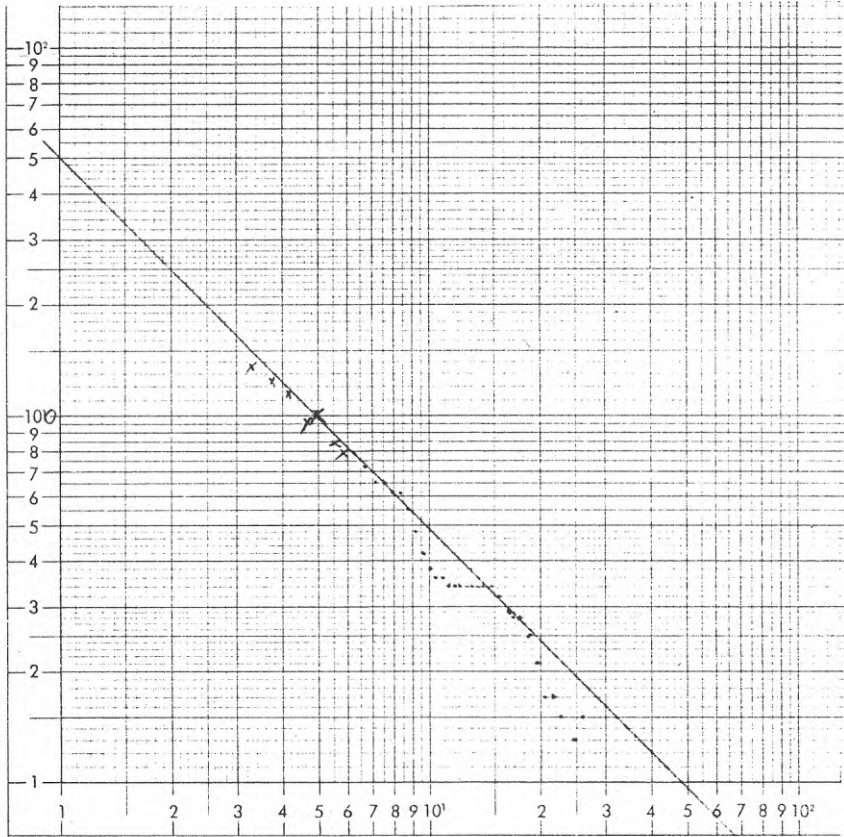
Det kan tyckas som om de negativa omdömena dominerar, men det kan utan tvekan påstås att metoden pga de användningsområden den har visat sig ha, är mycket trevlig och fascinerande för den intresserade att använda.

REFERENS

I. Jönsson: En ny korrelationsmetod för bestämning av akustisk impedans. Absorbentmätningar med PN-signaler. Institutionen för Informationsteori jan. 1975. STU-rapport 73-4794.

l	θ	h	Δl	Δh för $f =$			
				0.5	1	2	4 kHz
100	15	186	286	17.7	8.9	4.4	2.2
	20	137	192	18.1	9.1	4.6	2.3
	25	107	137	18.7	9.4	4.7	2.4
	30	87	100	19.3	9.8	4.9	2.5
	35	71	74	20.2	10.3	5.2	2.6
	40	60	56	21.1	10.8	5.5	2.8
	45	50	41	22.3	11.5	5.9	3.0
300	30	260	300	19.6	9.9	4.9	2.5
	35	214	223	20.7	10.4	5.2	2.6
	40	179	167	21.9	11.1	5.6	2.8
	45	150	124	23.4	11.9	6.0	3.0
	50	126	92	25.3	13.0	6.7	3.3
	55	105	66	27.7	14.3	7.3	3.7
	60	87	46	30.5	16.1	8.3	4.2
	65	70	31	34.3	18.4	9.6	4.9
70	55	19	38.8	21.4	11.4	6.0	

Tabell 1:1 "Lathund" för inställning av l och h för olika vinklar θ samt ändringen $ih (= \Delta h)$ vilken motsvarar en gångvägsskillnad av 1λ vid olika frekvenser.

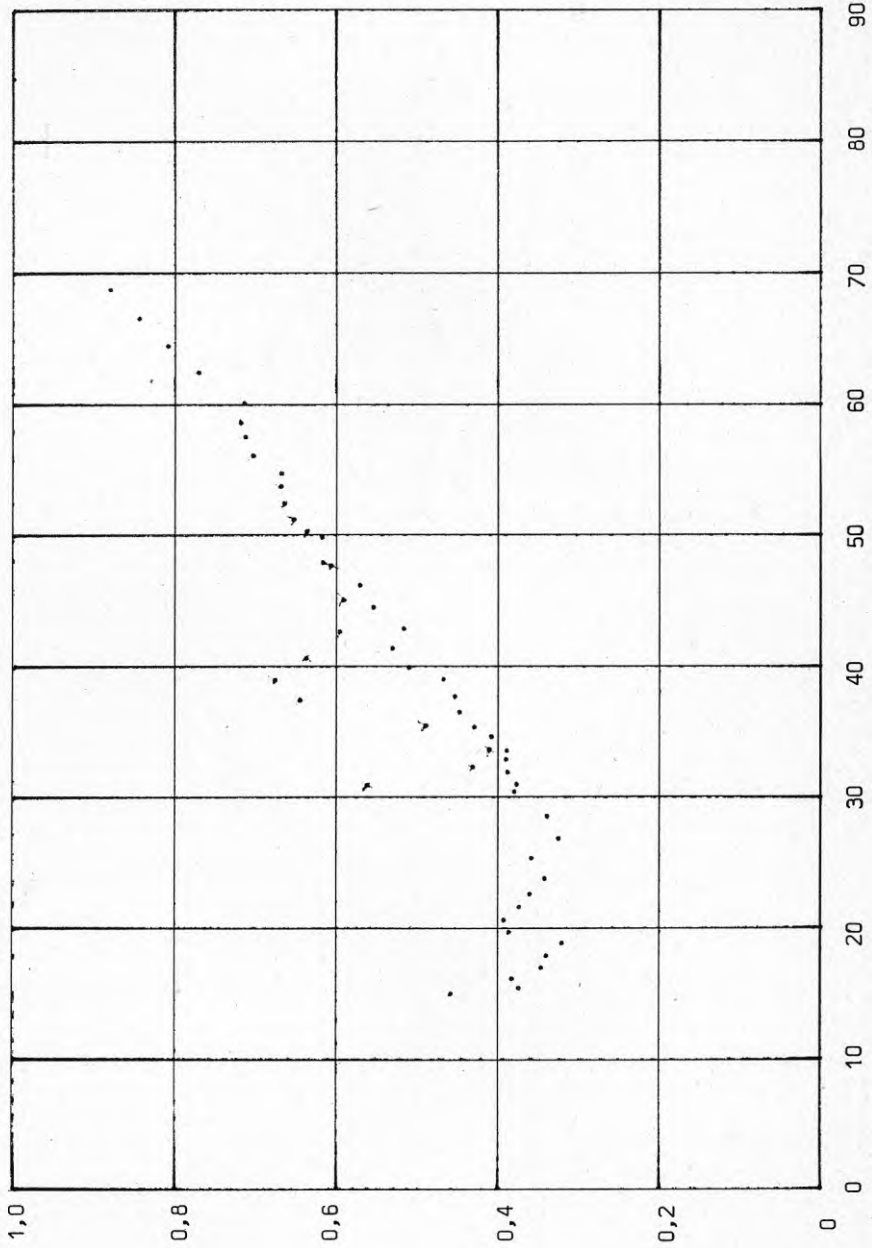


COPYRIGHT CARL F. BRONKHORST & ZONEN, ROTTERDAM, HOLLAND. Nr. 369¹/₂:1

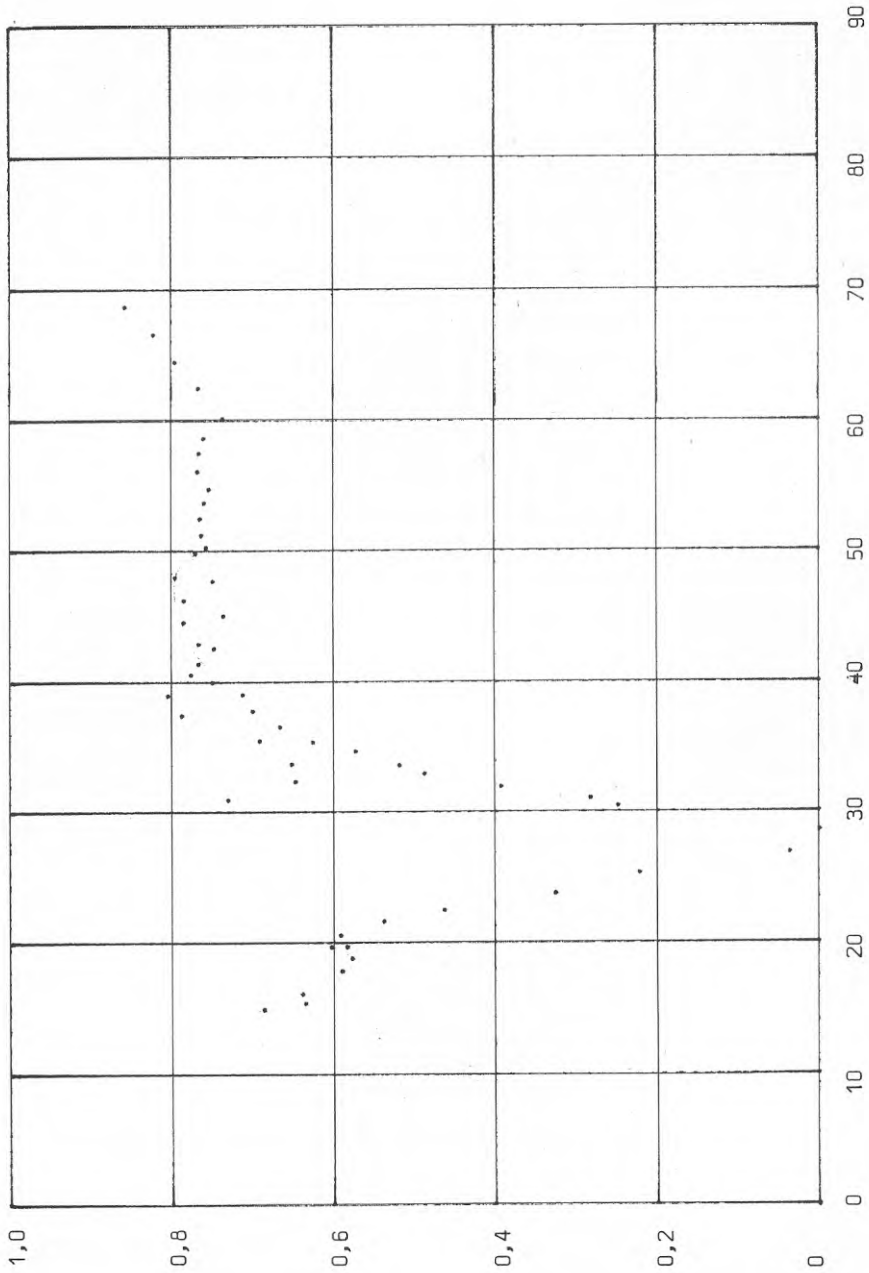


$k = -1$

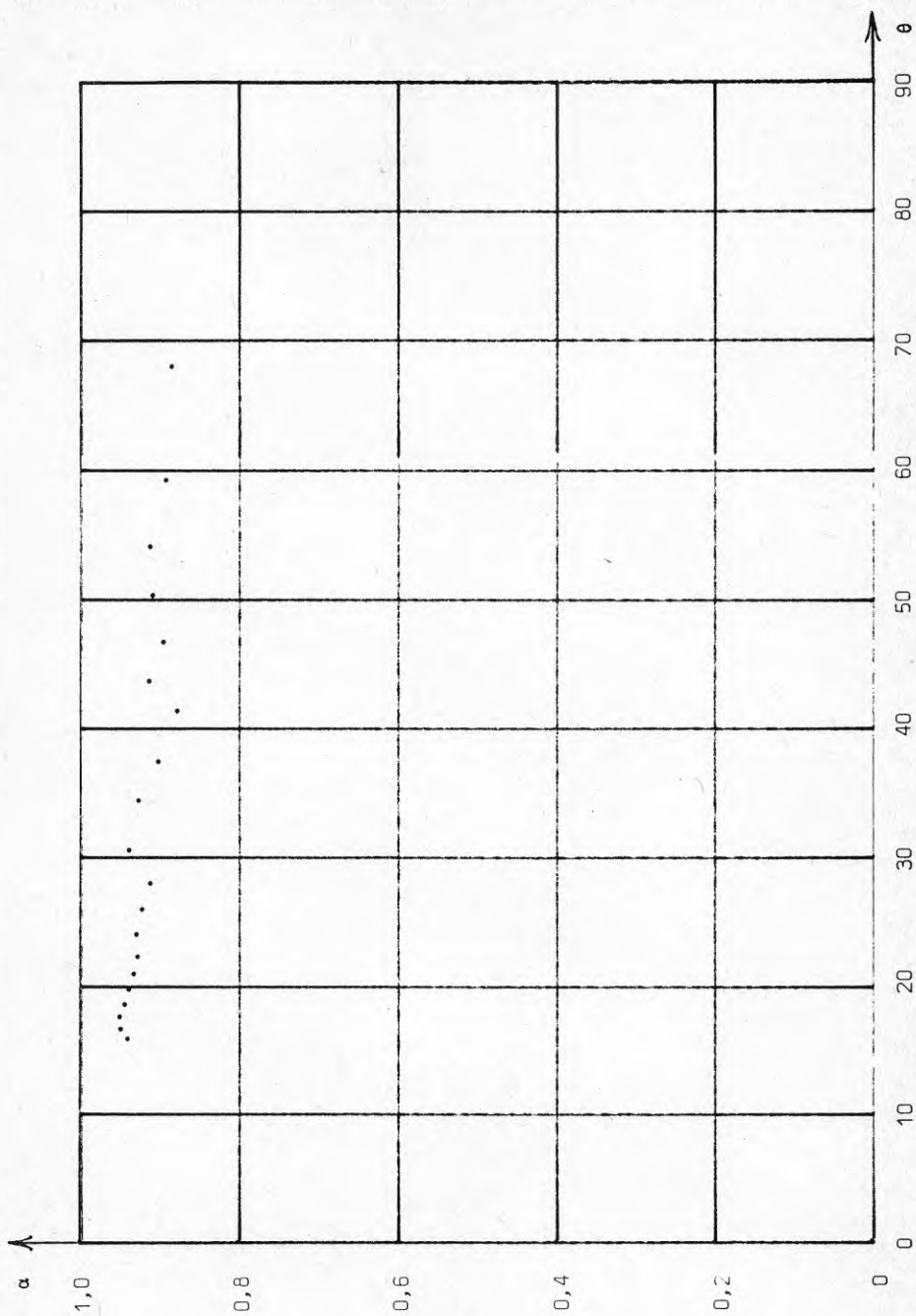
Tabell 2:1 Kalibreringskurva



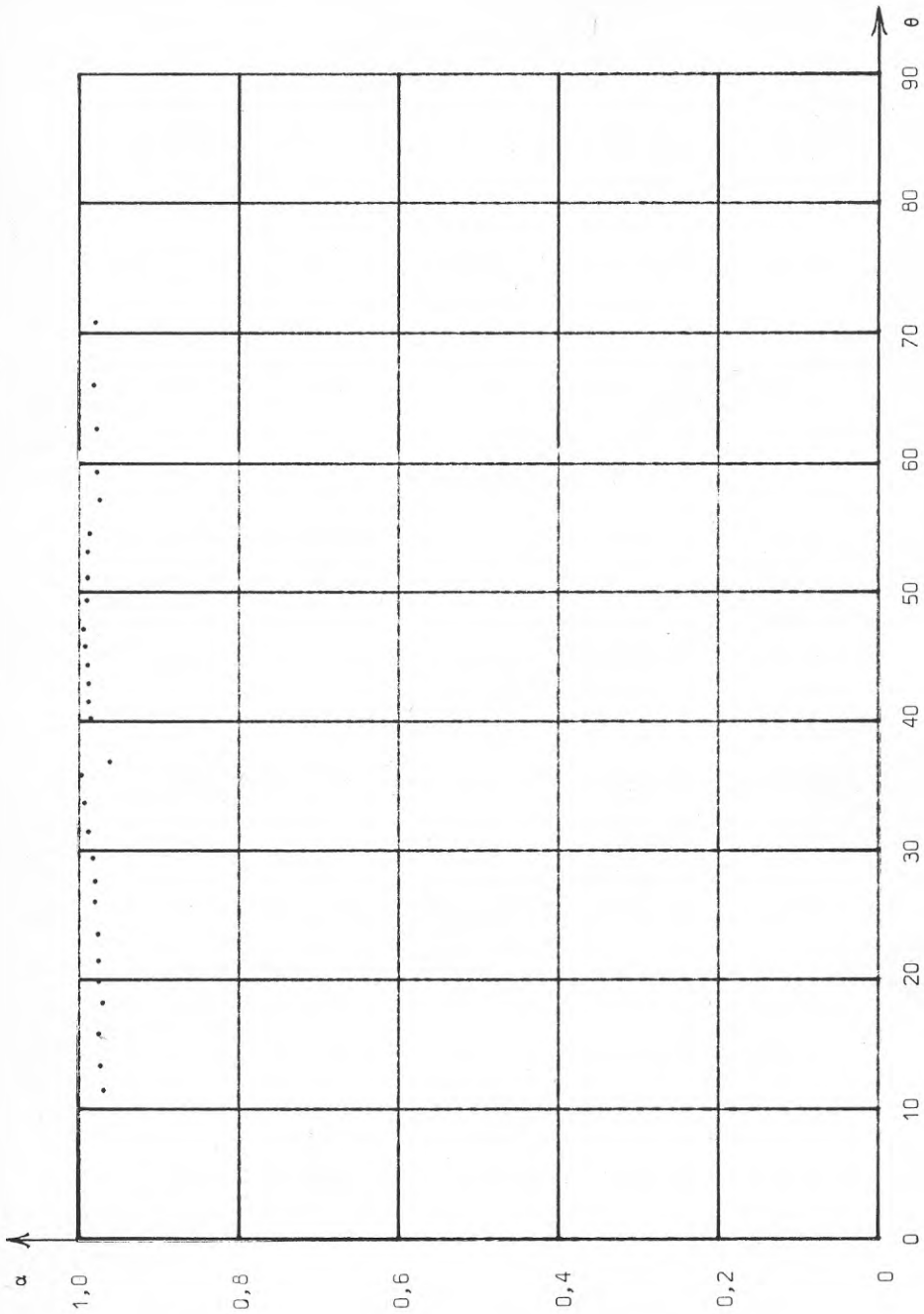
Tabell 2:2 $\alpha(\theta)$ -kurva utgående från rätlinjig kalibreringskurva



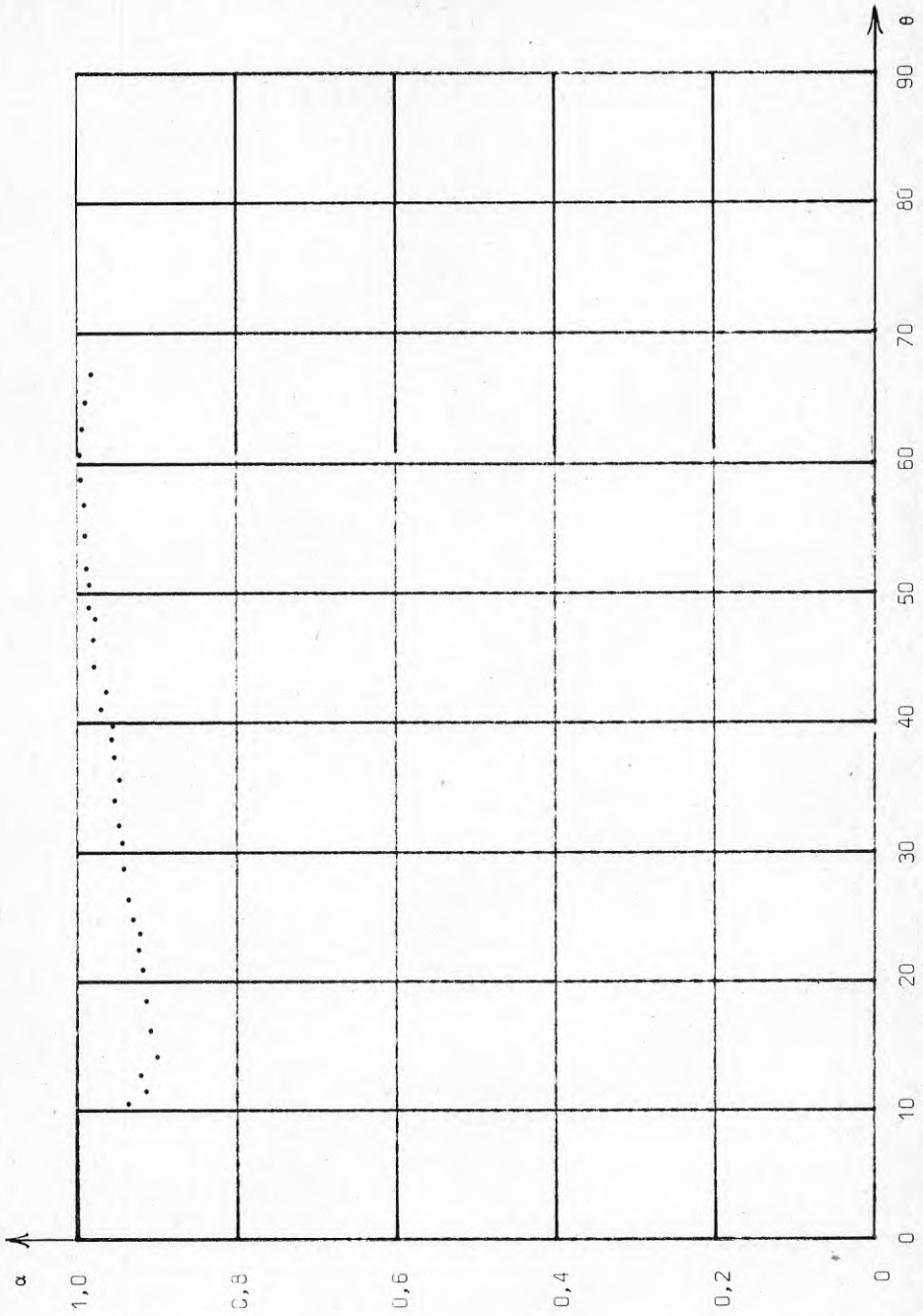
Tabell 2:3 $\alpha(\theta)$ -kurva med dip orsakad av den uppmätta kalibreringskurvans variation.



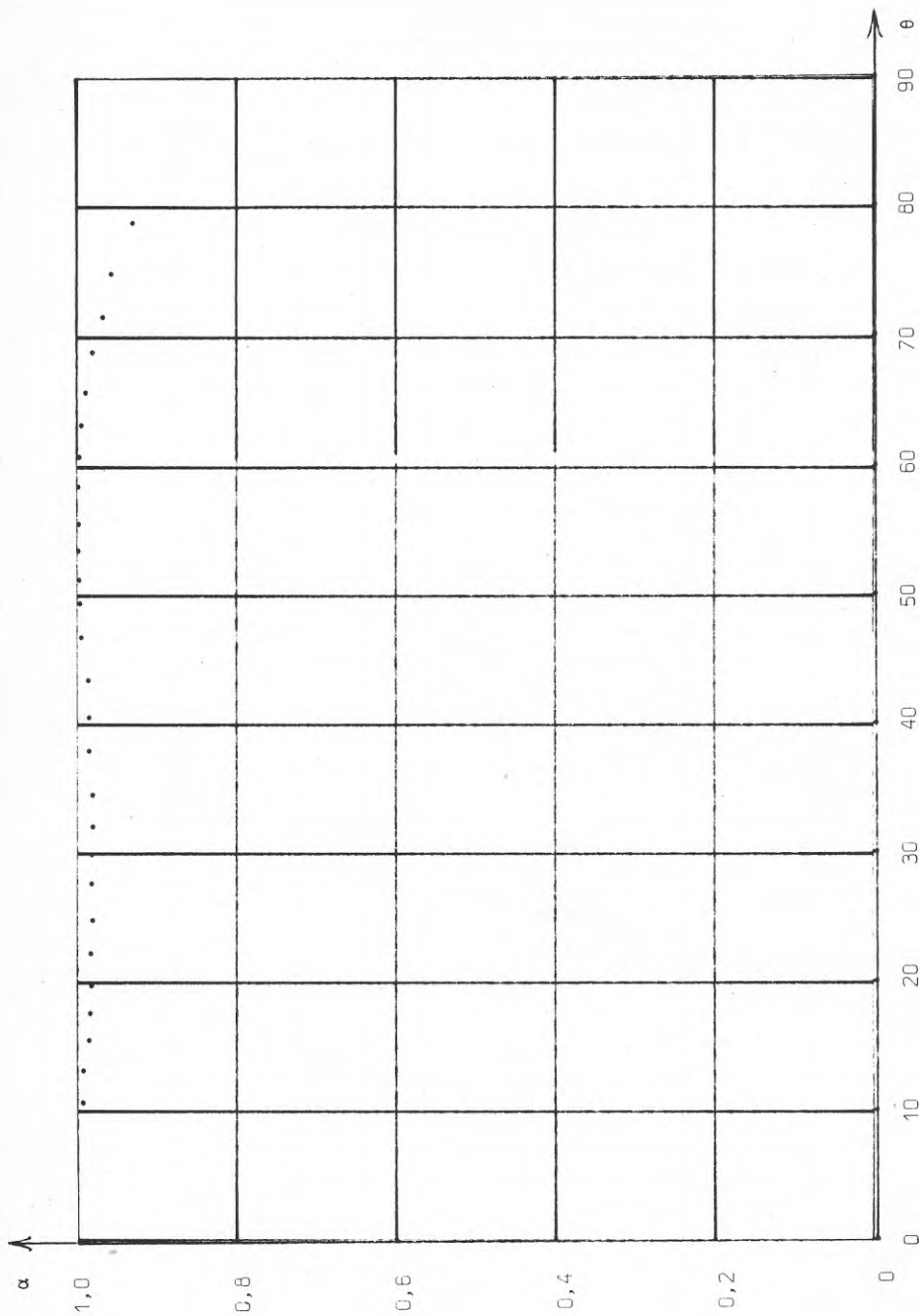
Tabell 3:1 Absorbtionskoefficient ROCKWOOL ROCKFON TEXTUR 887
f= 1 kHz



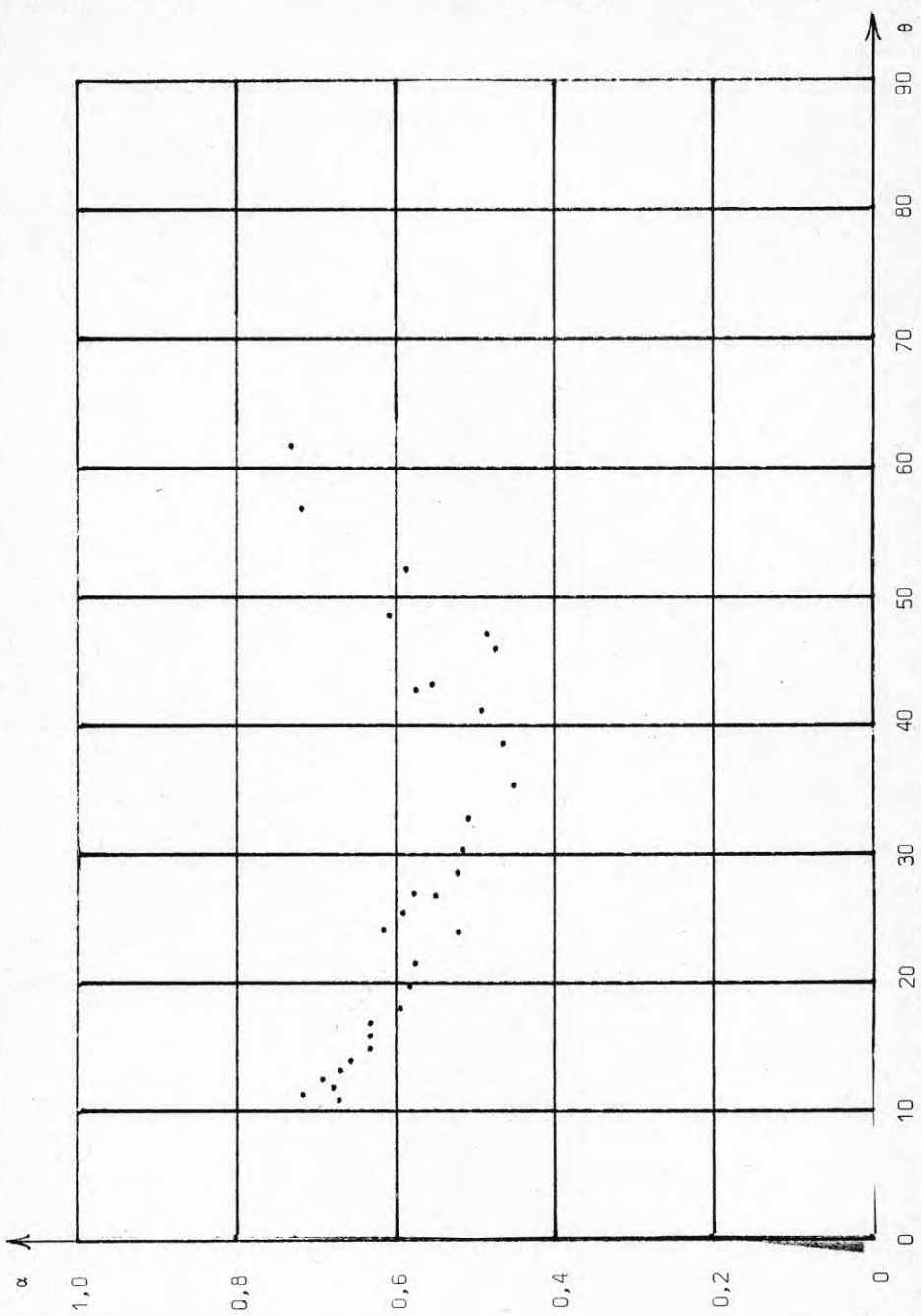
Tabell 3:2 Absorbtionskoefficient ROCKWOOL ROCKFON TEXTUR 887
 $f = 2 \text{ kHz}$



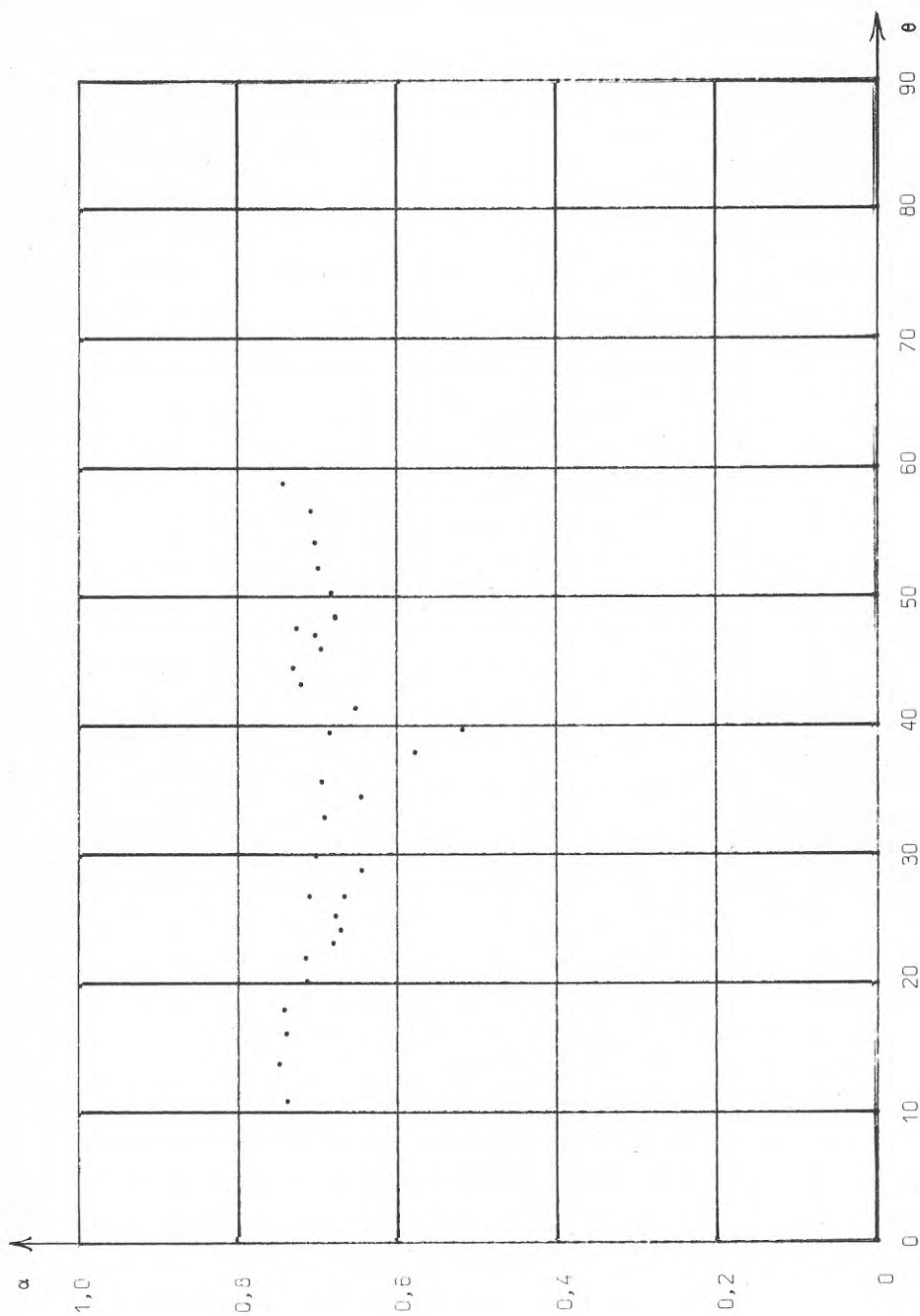
Tabell 3:3 Absorbtionskoefficient ROCKWOOL ROCKFON TEXTUR 887
 $f = 4 \text{ kHz}$



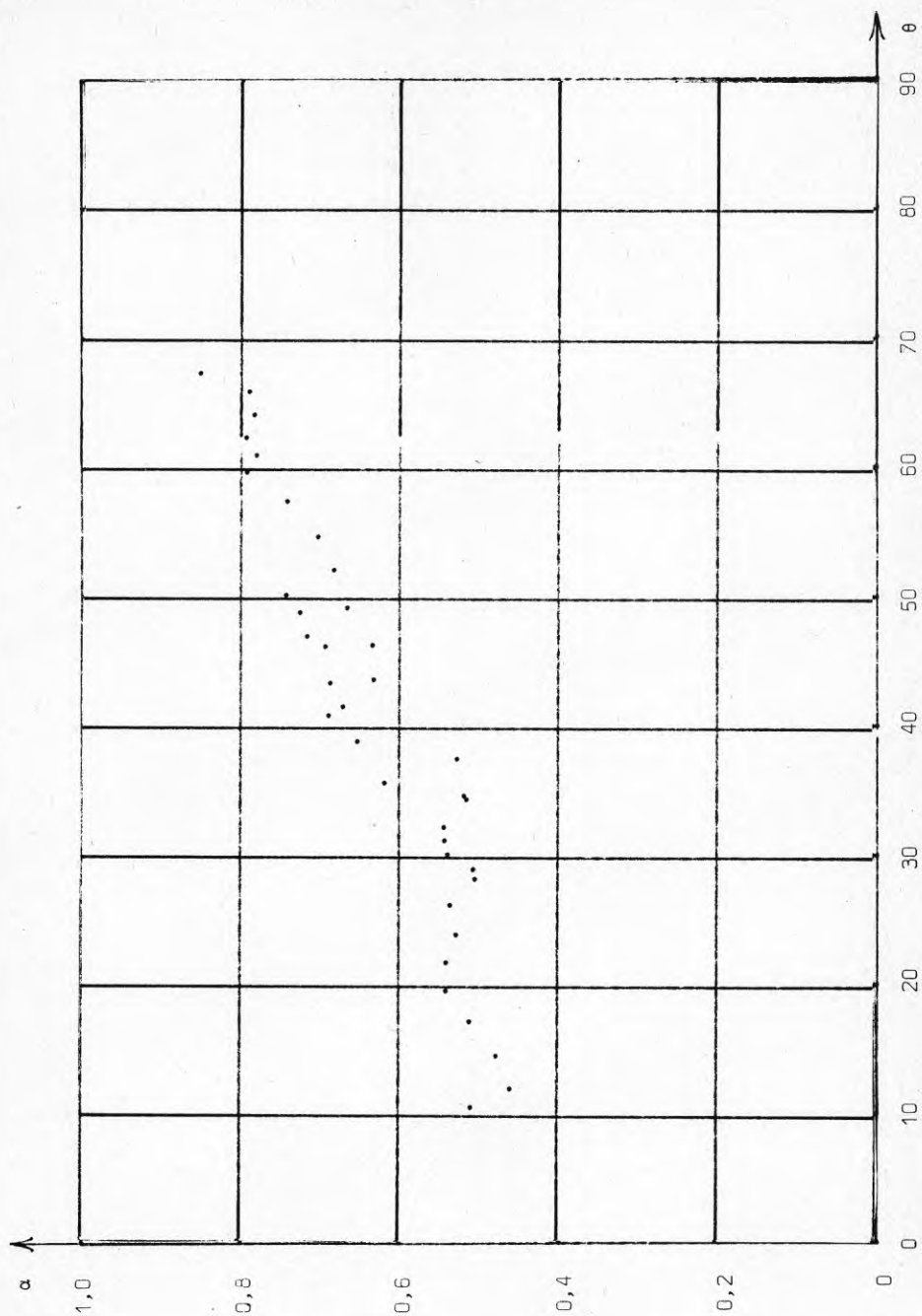
Tabell 3:4 Absorbtionskoefficient ROCKWOOL ROCKFON TEXTUR 887
 $f = 8 \text{ kHz}$



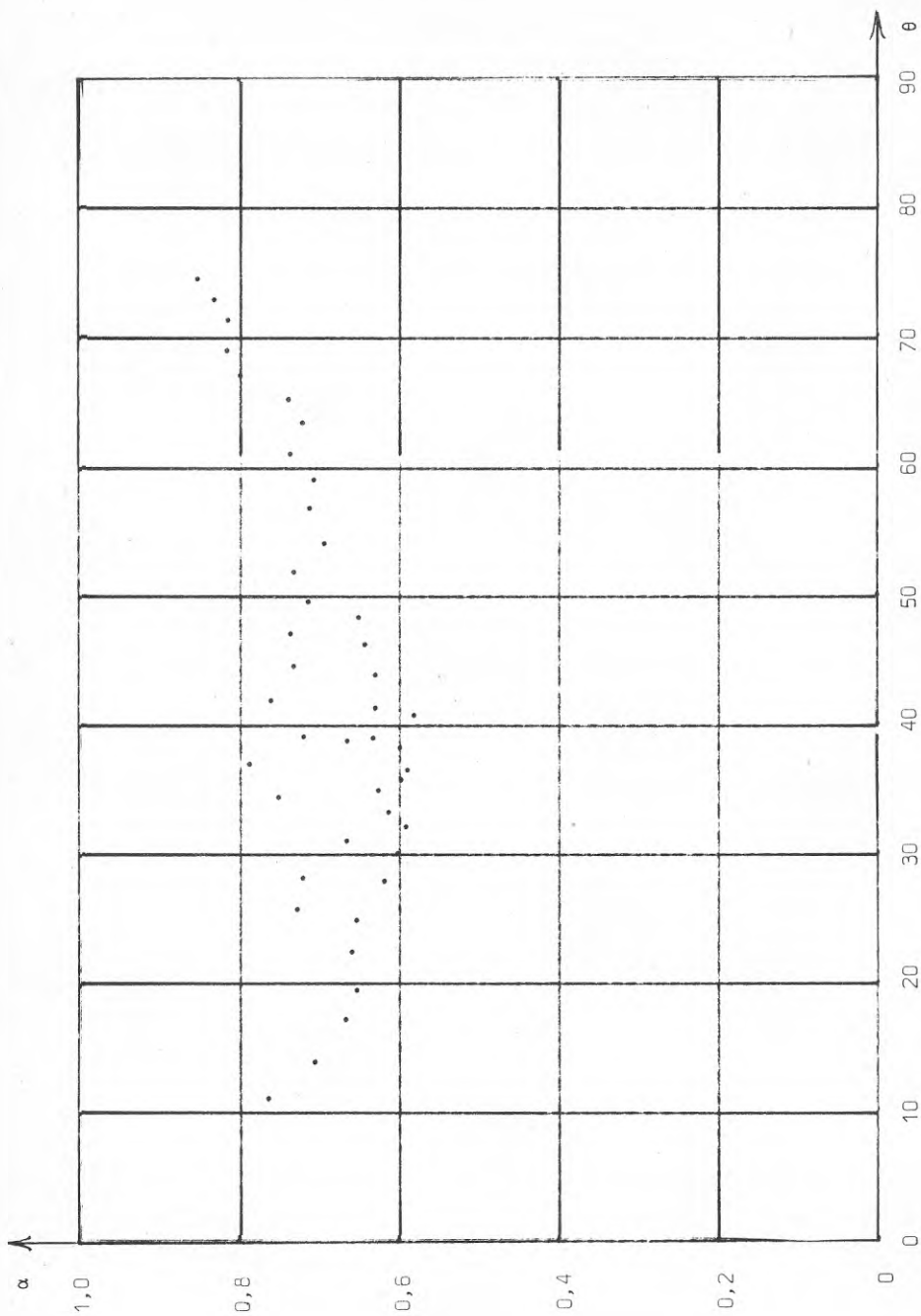
Tabell 3:5 Absorptionskoeffizient ROCKWOOL ROCKFON FISSURED 853
f = 1 kHz



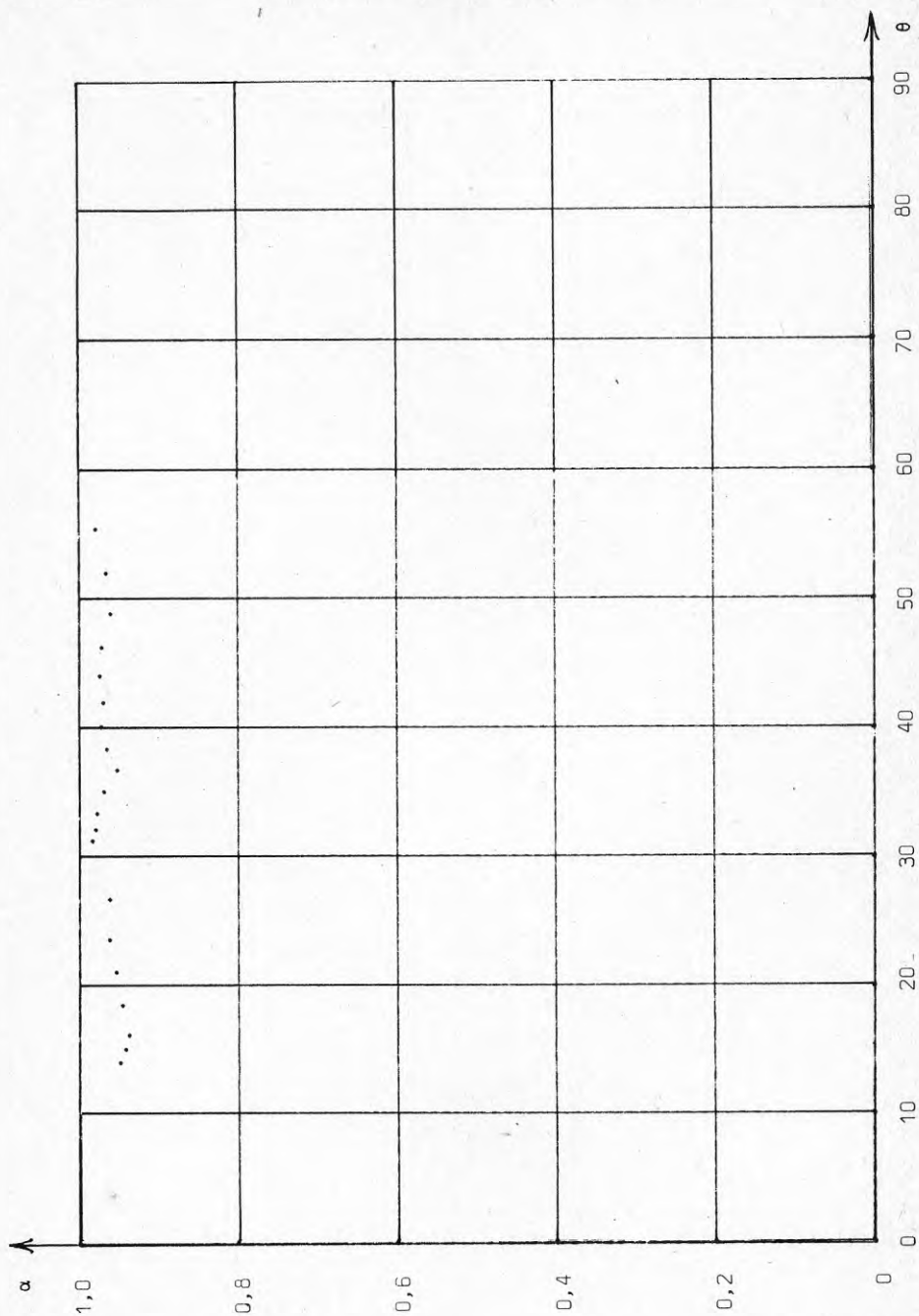
Tabell 3:6 Absorbtionskoefficient ROCKWOOL ROCKFON FISSURED 853
 $f = 2$ kHz



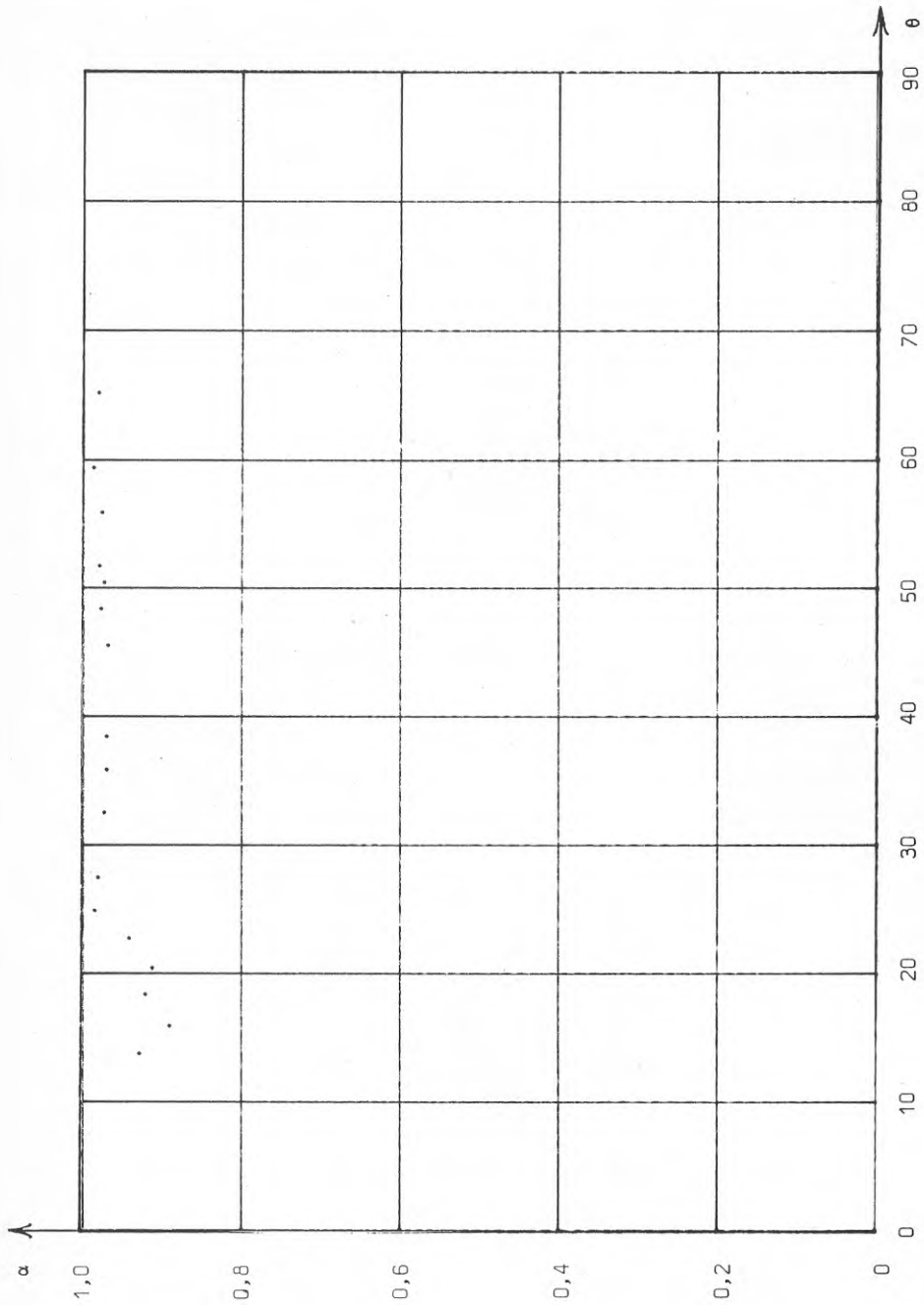
Tabell 3:7 Absorbtionskoefficient ROCKWOOL ROCKFON FISSURED 853
 $f = 4$ kHz



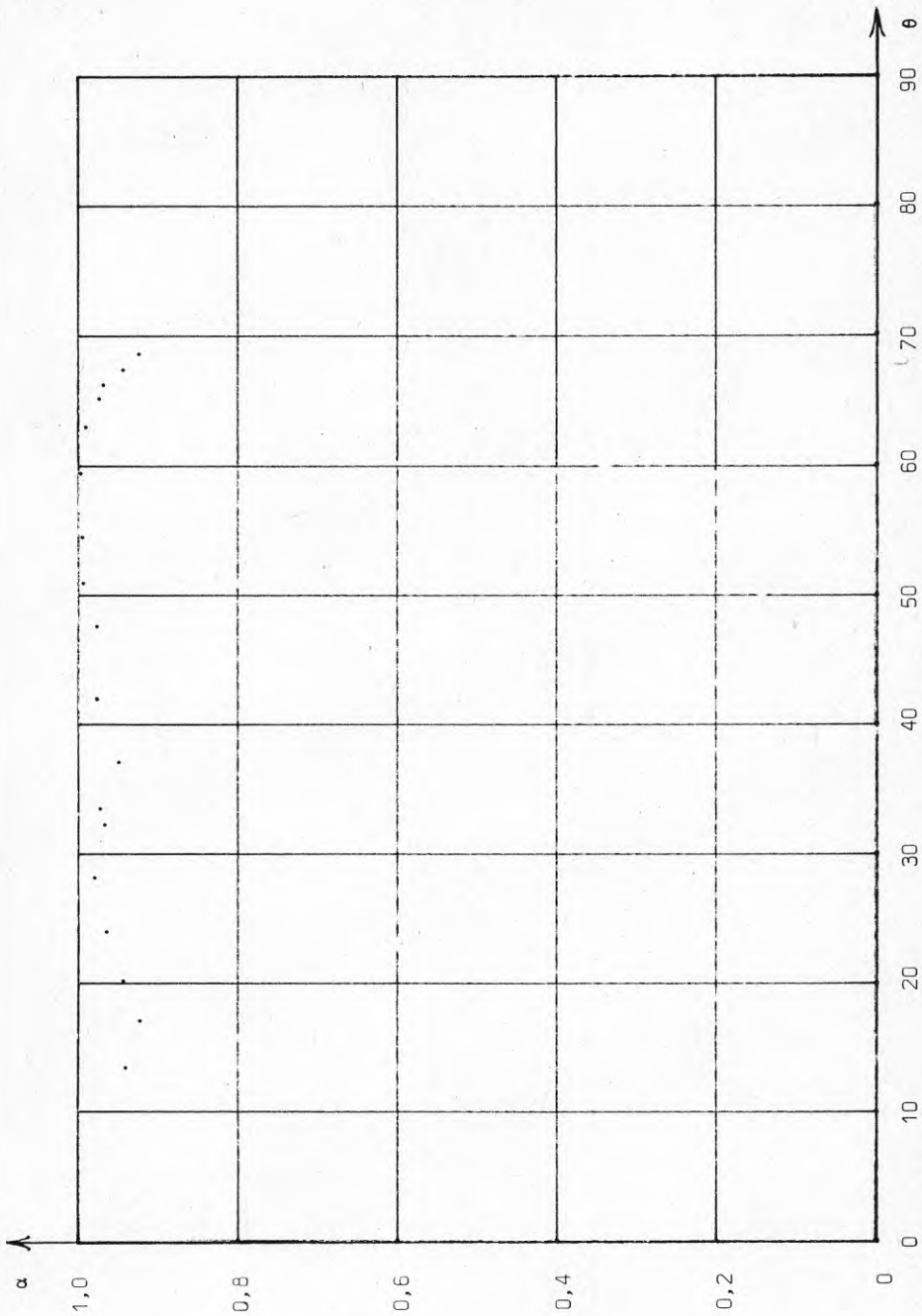
Tabell 3:8 Absorbtionskoefficient ROCKWOOL ROCKFON FISSURED 853
 $f = 8$ kHz



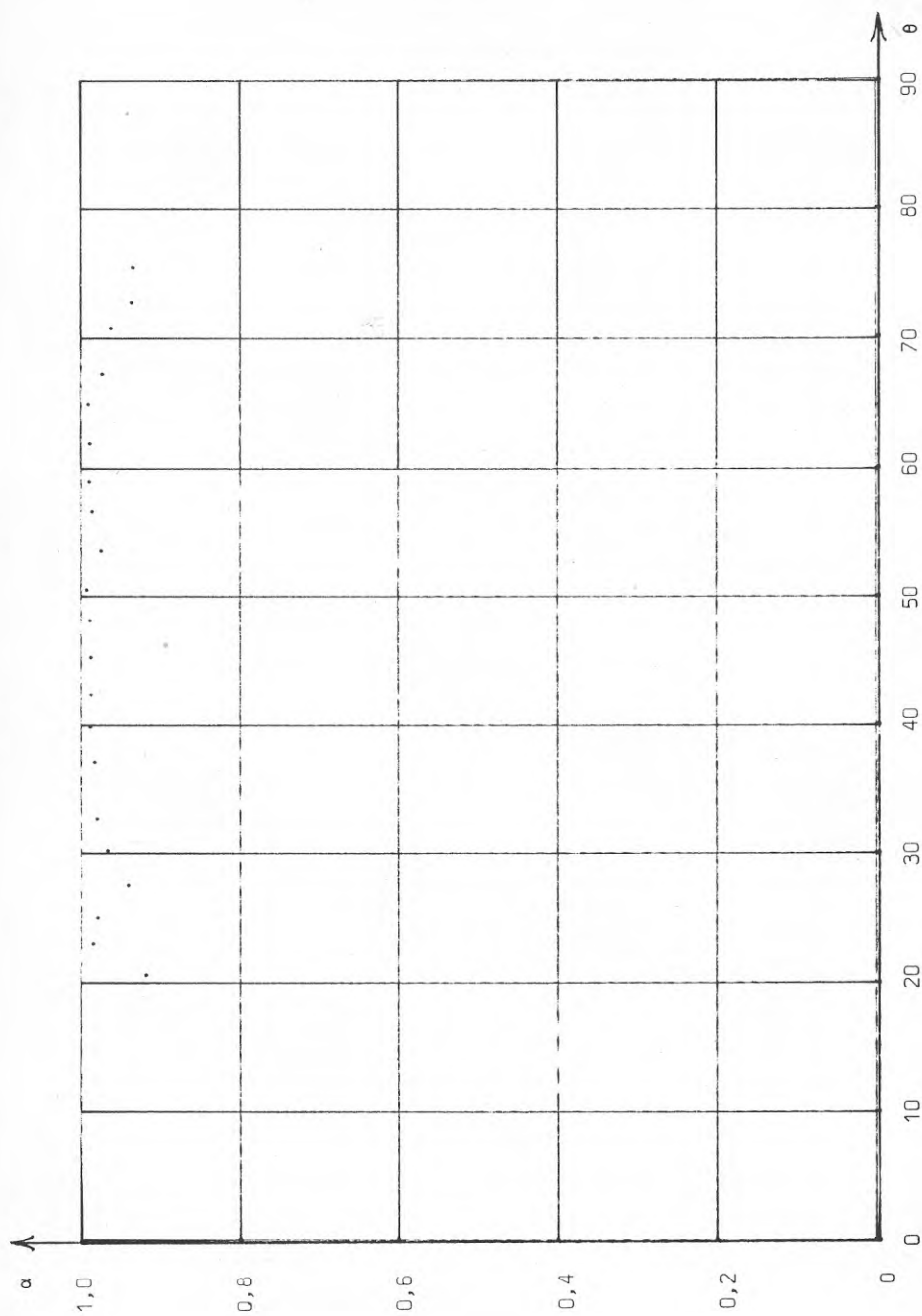
Tabell 3:9 Absorbtionskoefficient GULLFIBER AKUTEX SABIN
 $f = 1 \text{ kHz}$



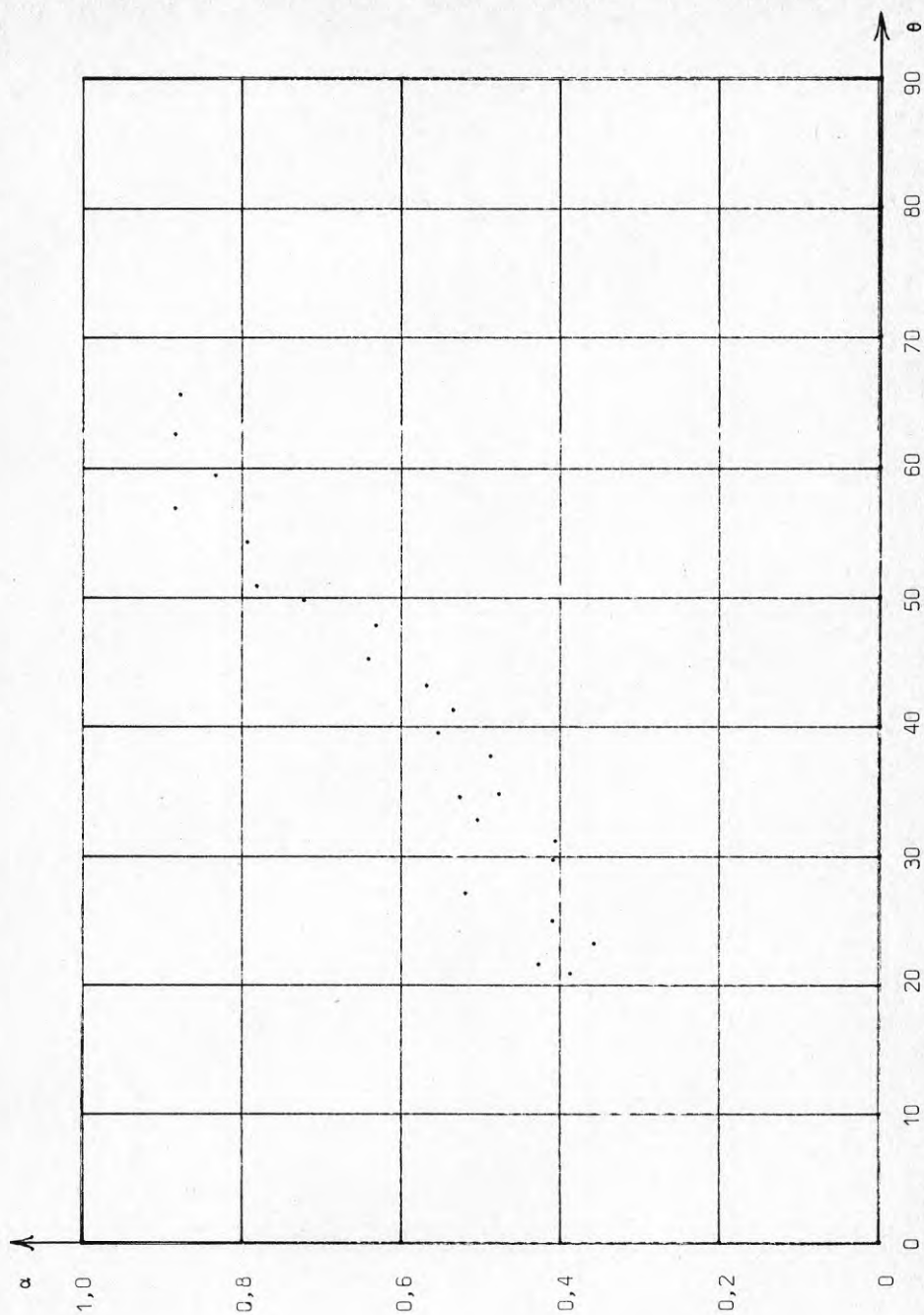
Tabell 3:10 Absorbtionskoefficient GULLFIBER AKUTEX SABIN
 $f = 2 \text{ kHz}$



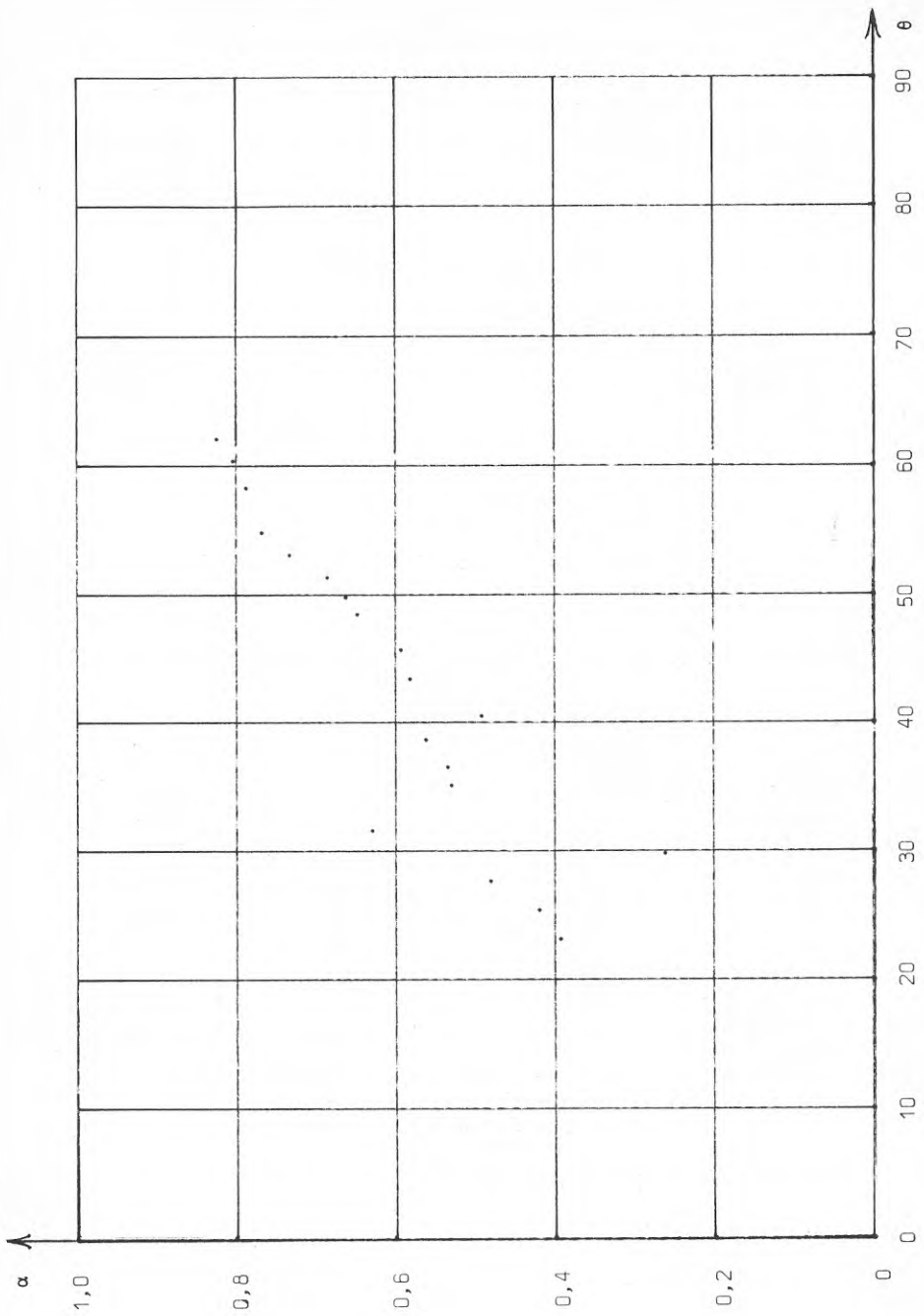
Tabell 3:11 Absorbtionskoefficient GULLFIBER AKUTEX SABIN
 $f = 4 \text{ kHz}$



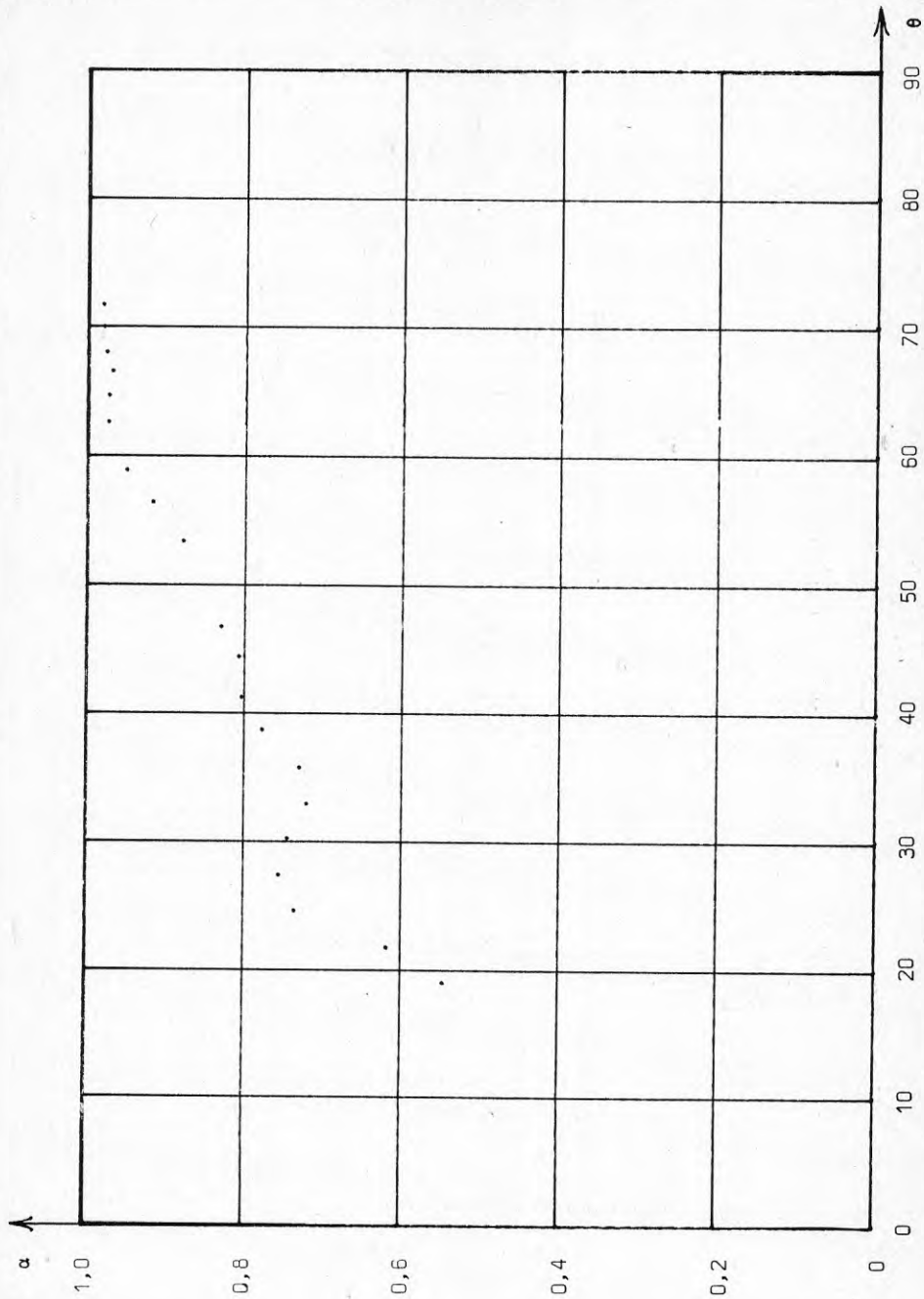
Tabell 3:12 Absorptionskoeffizient GULLFIBER AKUTEX SABIN
 $f = 8 \text{ kHz}$



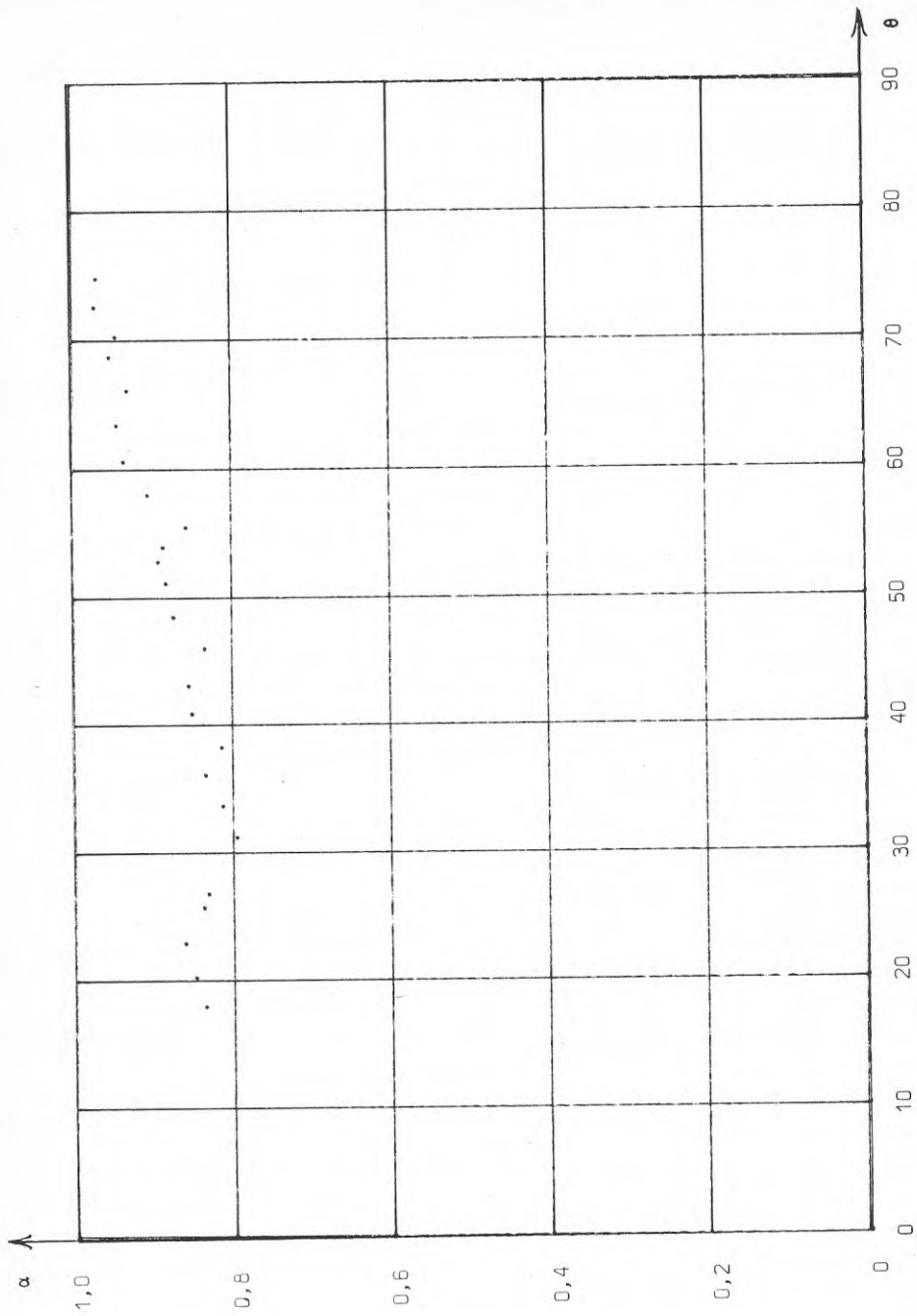
Tabell 3:13 Absorbtionskoefficient GULLFIBER FISSURED -
ARMSTRONG MINABOARD
 $f = 1 \text{ kHz}$



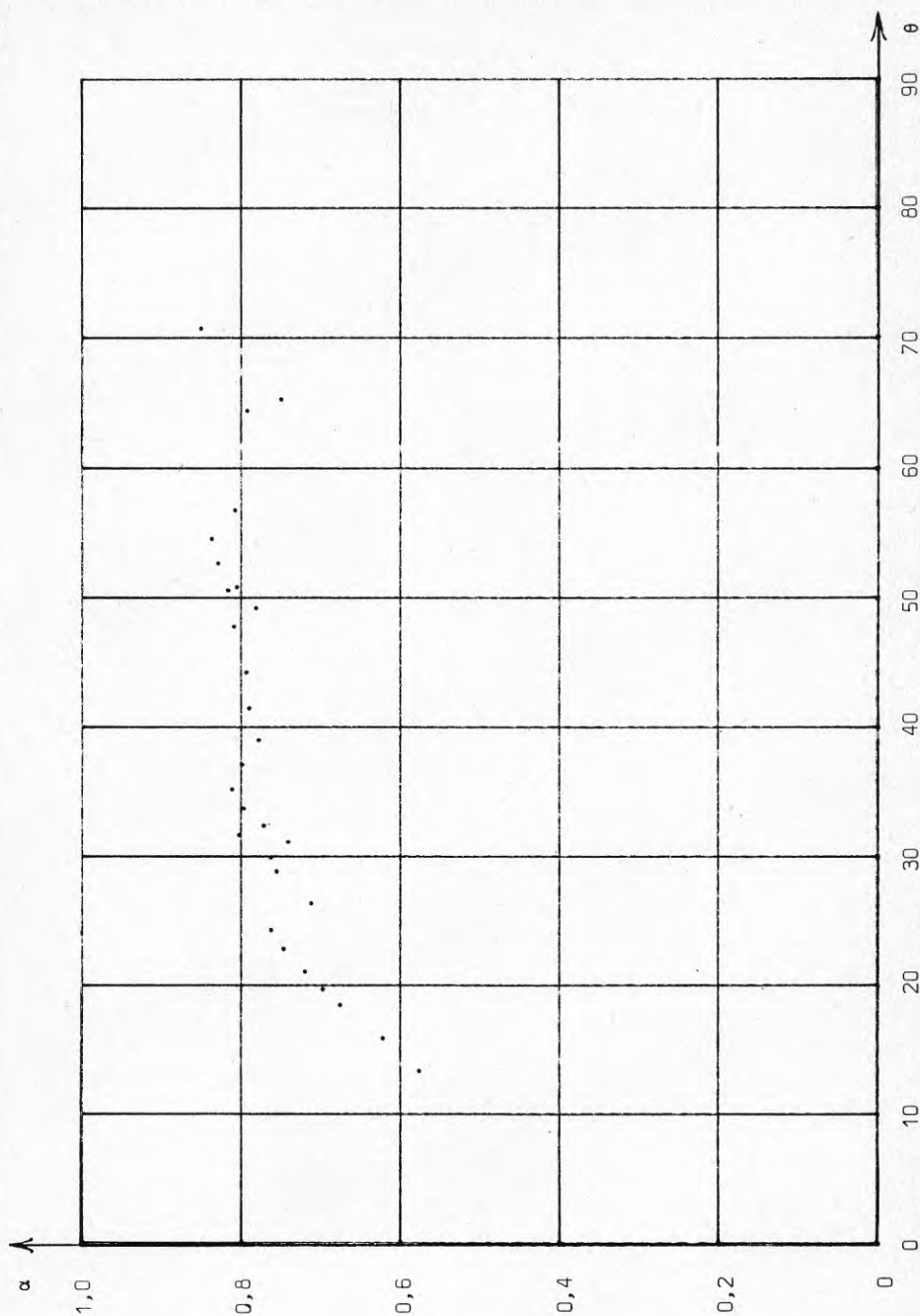
Tabell 3:14 Absorbtionskoefficient GULLFIBER FISSURED -
ARMSTRONG MINABOARD
 $f = 2 \text{ kHz}$



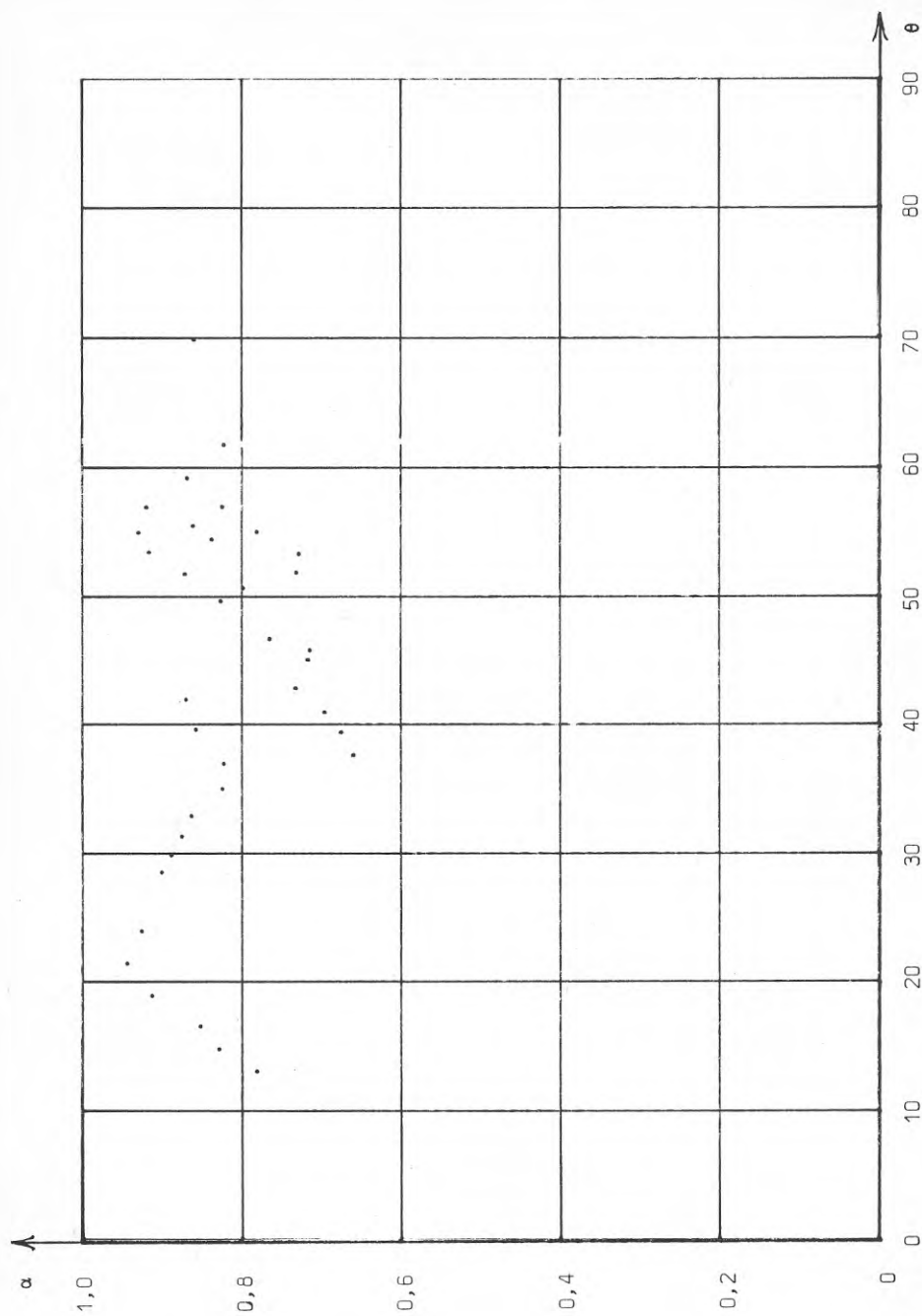
Tabell 3:15 Absorbtionskoefficient GULLFIBER FISSURED -
ARMSTRONG MINABOARD
 $f = 4 \text{ kHz}$



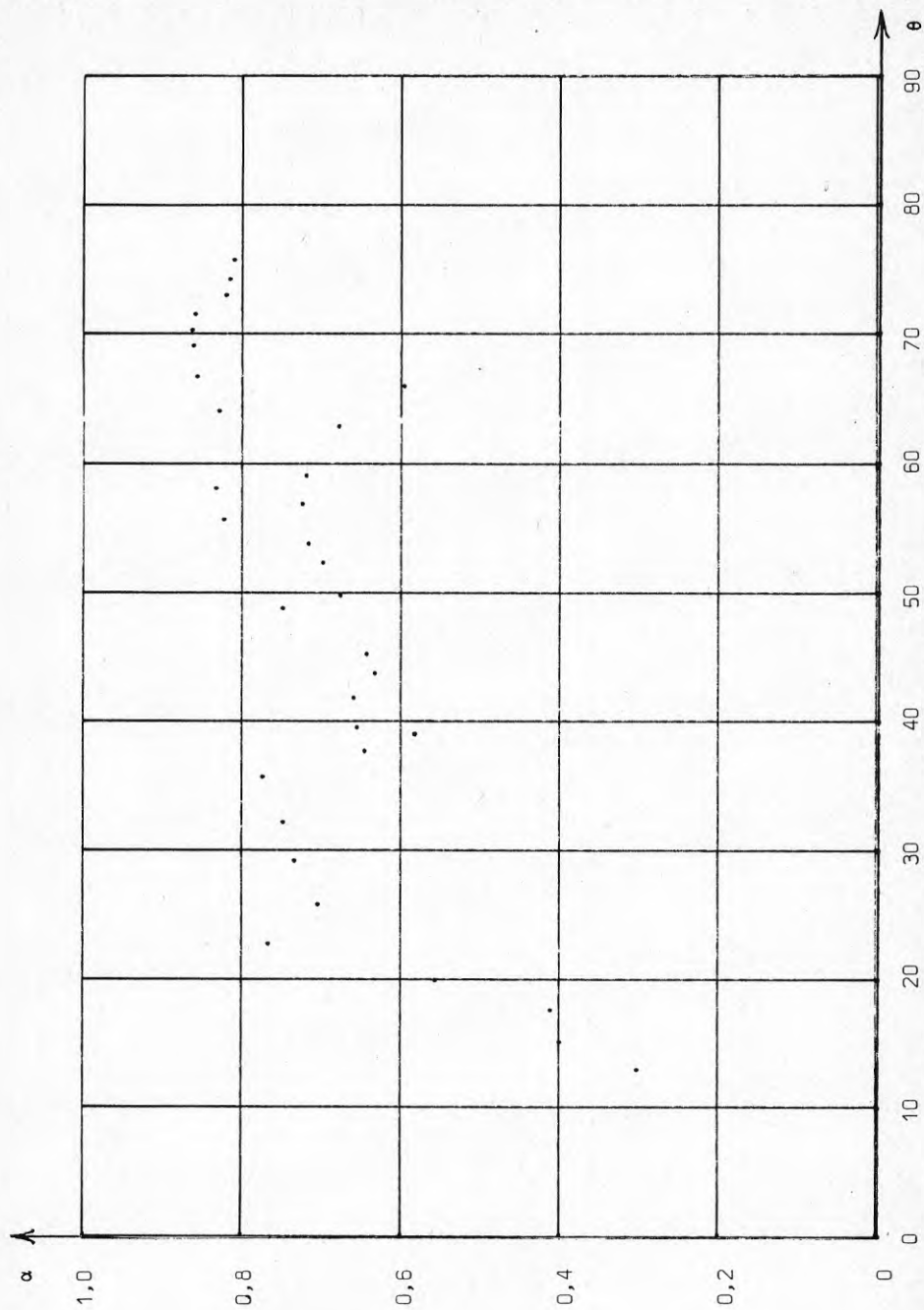
Tabell 3:16 Absorbtionskoefficient GULLFIBER FISSURED -
ARMSTRONG MINABOARD
 $f = 8 \text{ kHz}$



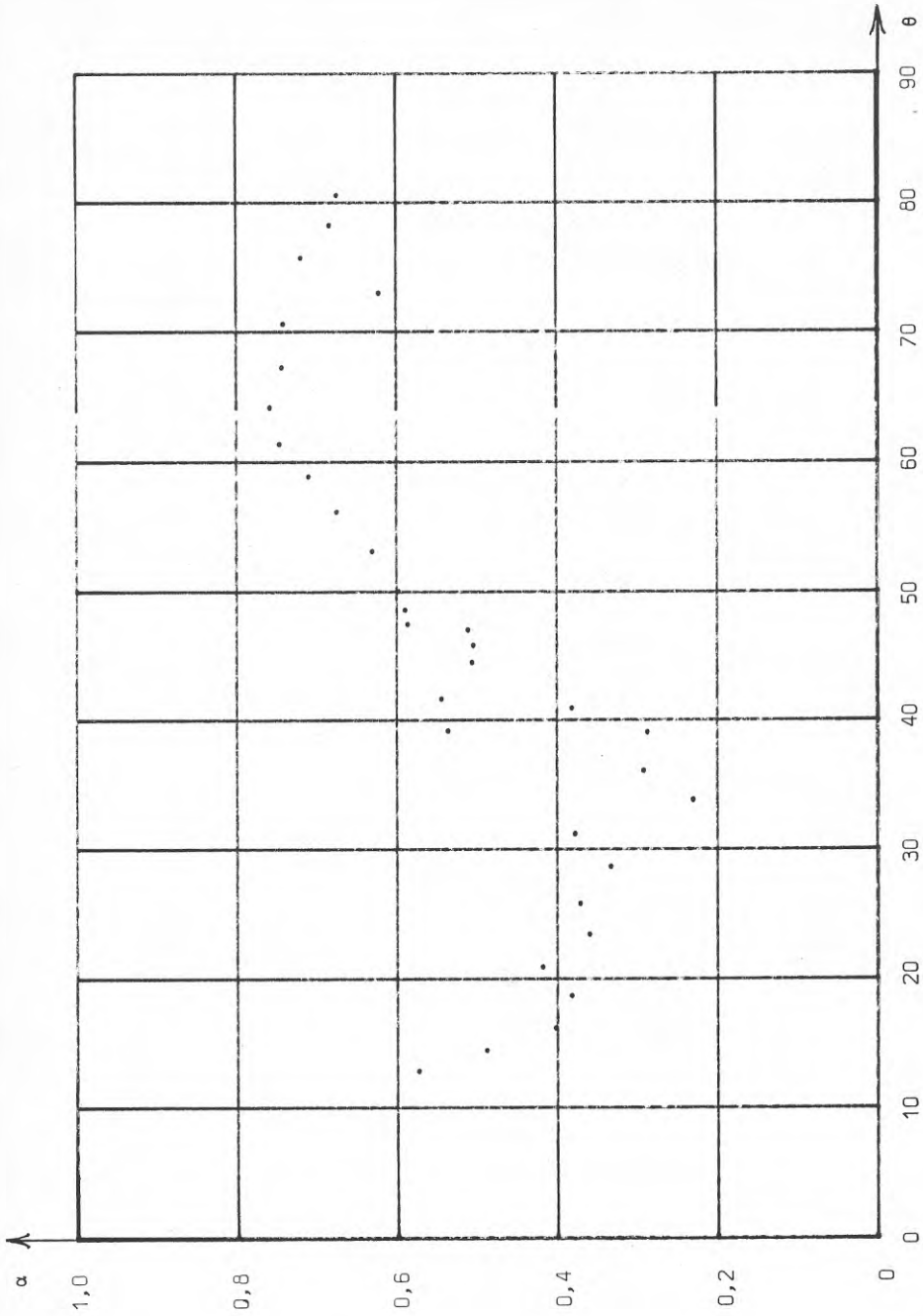
Tabell 4:1 Absorbtionskoefficient
Wiking's AB - Tak
GULLFIBER ALVEX KASSETT P
 $f = 1 \text{ kHz}$



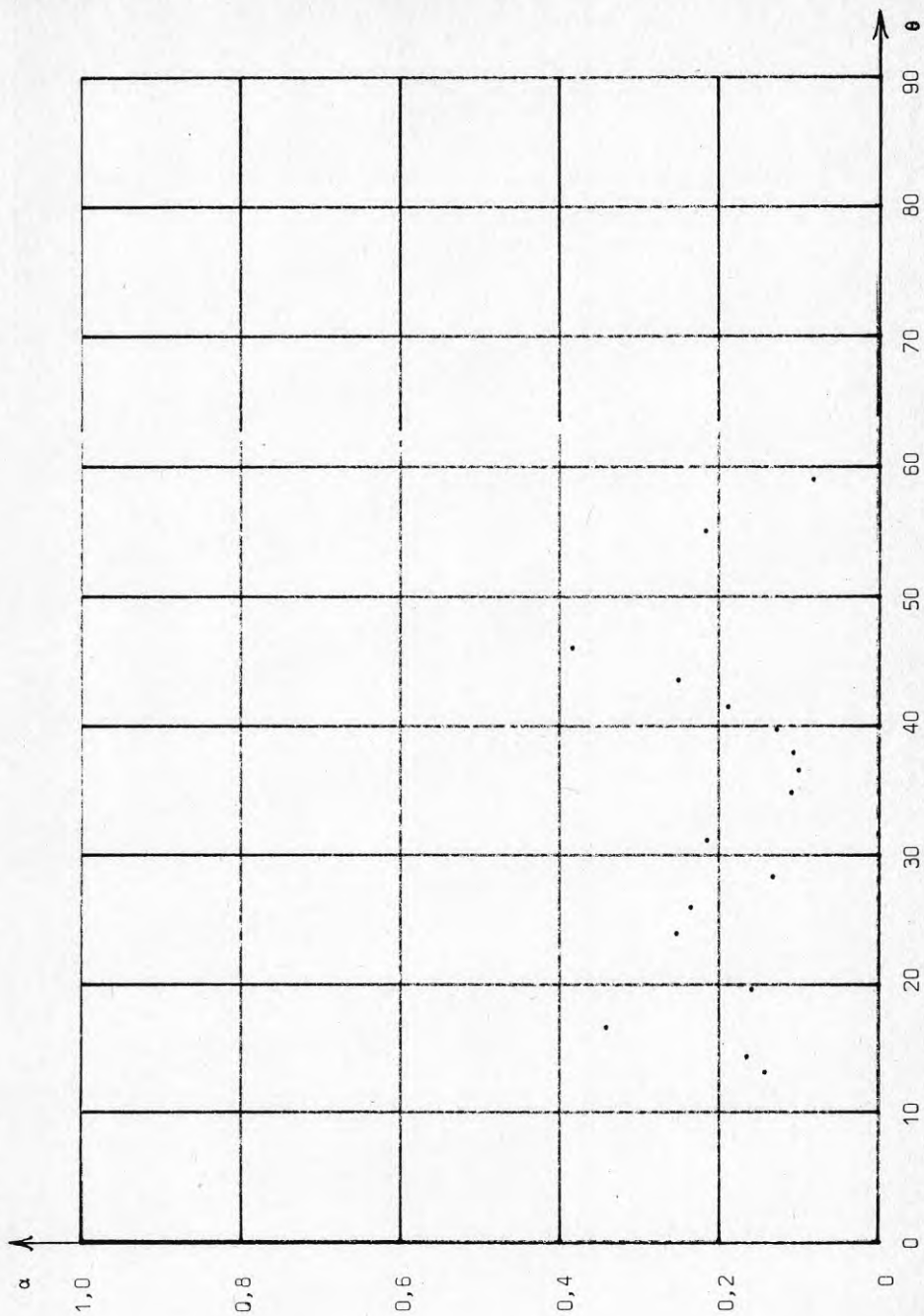
Tabell 4:2 Absorbtionskoefficient
Wiking's AB - Tak
GULLFIBER ALVEX KASSETT P
 $f = 2 \text{ kHz}$



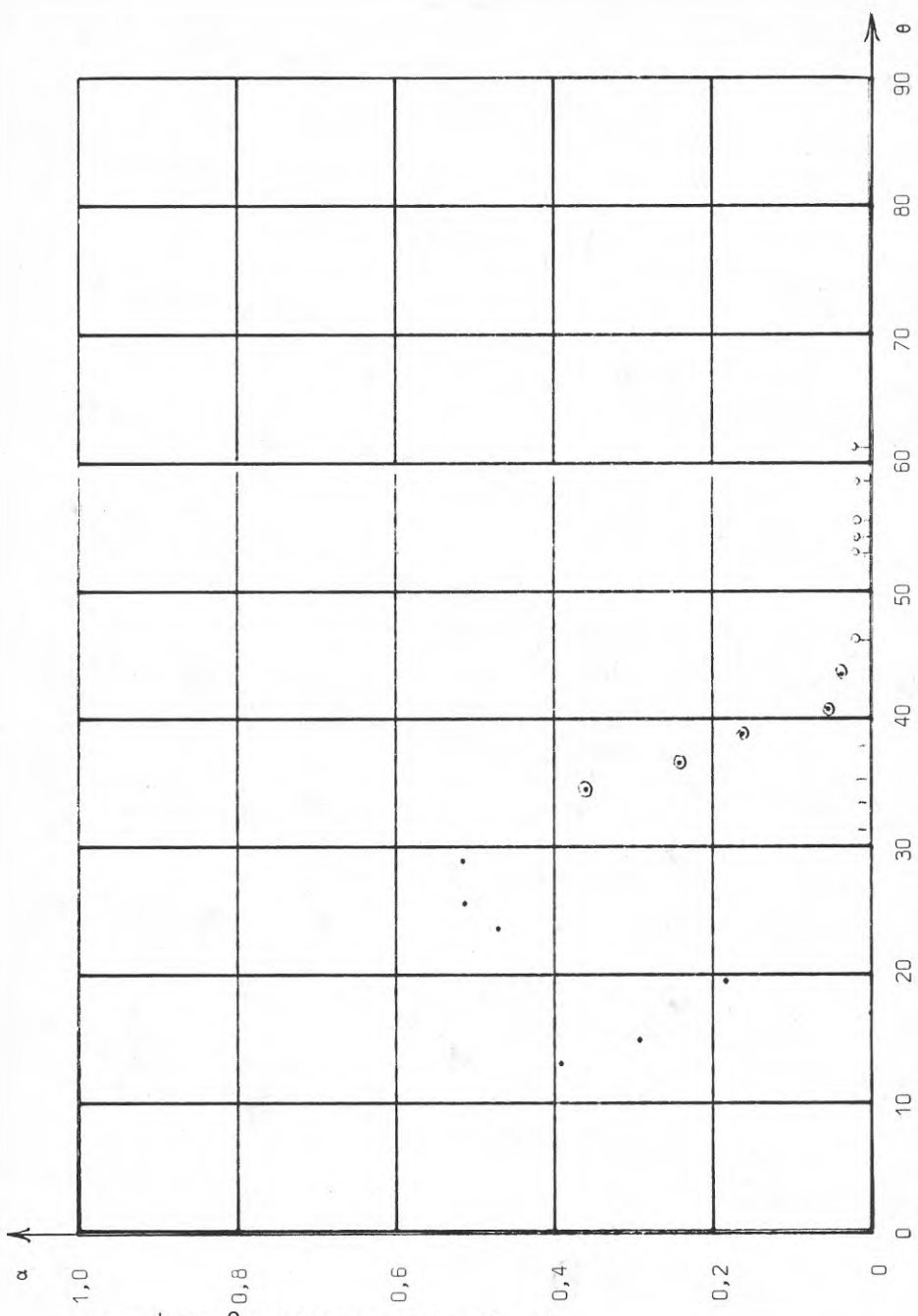
Tabell 4:3 Absorbtionskoefficient
 Wiking's AB - Tak
 GULLFIBER ALVEX KASSETT P
 $f = 4 \text{ kHz}$



Tabell 4:4 Absorbtionskoefficient
 Wiking's AB - Tak
 GULLFIBER ALVEX KASSETT P
 $f = 8$ kHz

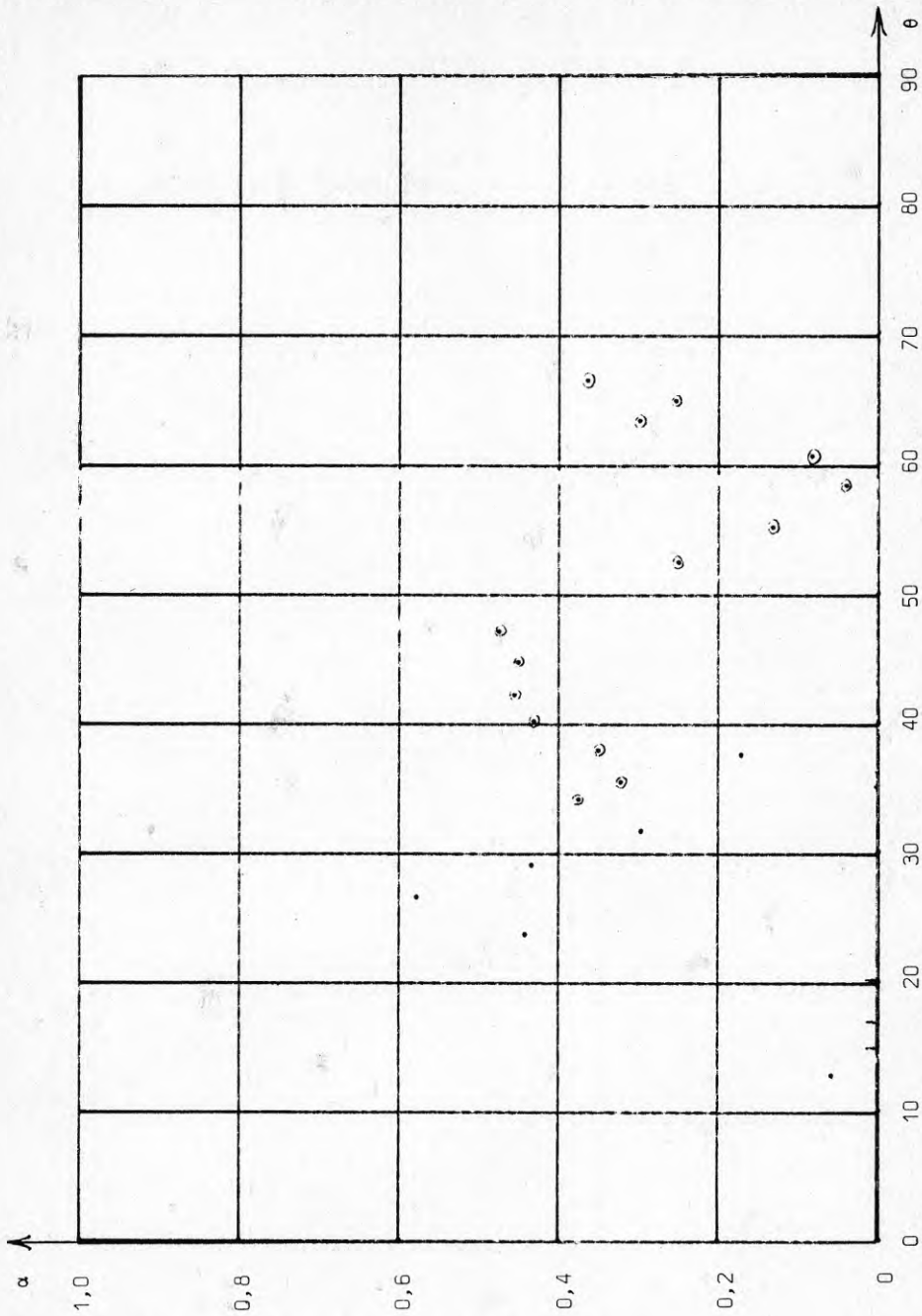


Tabell 4:5 Absorbtionskoefficient
Wiking's AB - Armaturer
 $f = 1 \text{ kHz}$



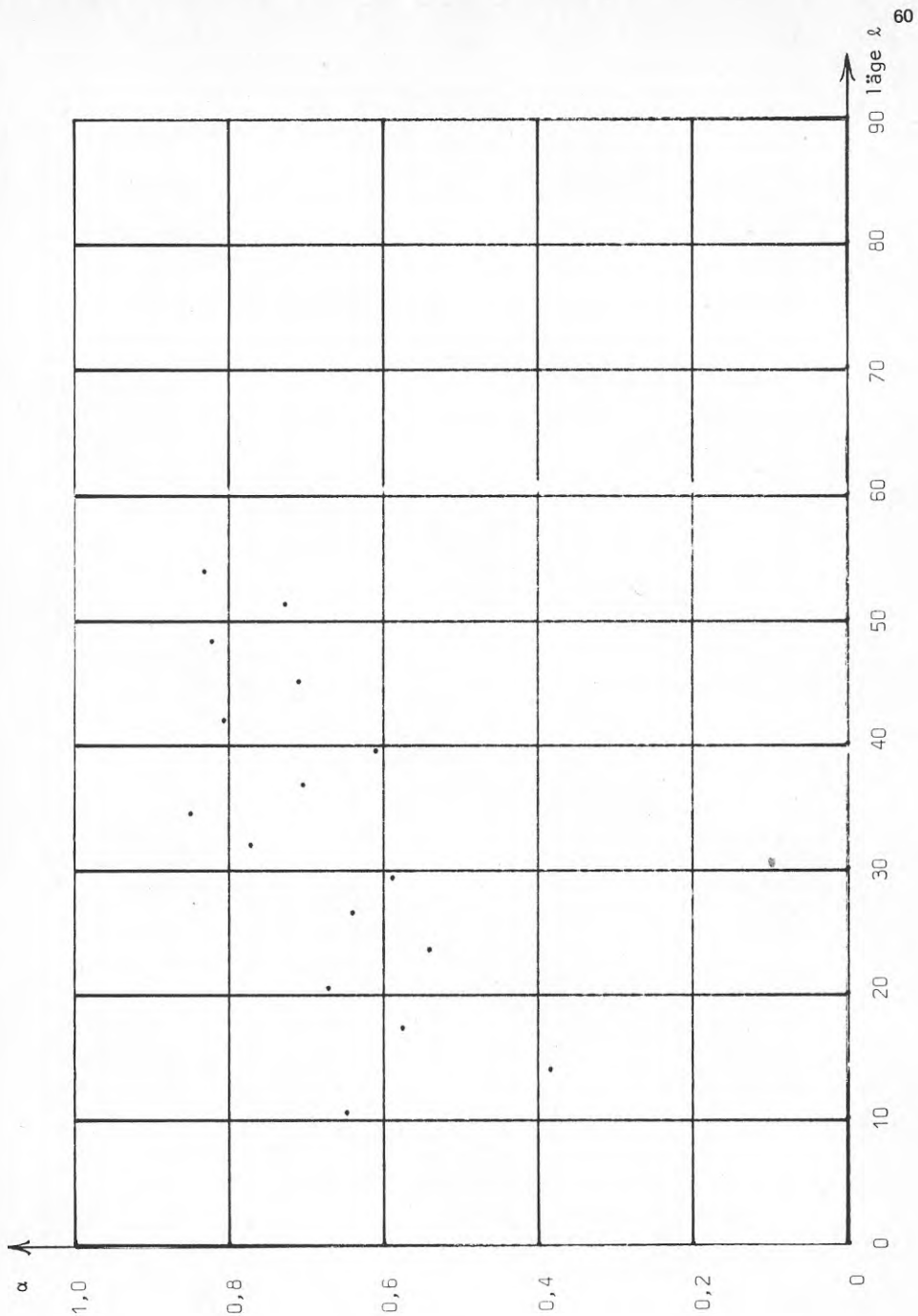
Anm.: | och \circ betecknar punkter där $\alpha < 0$.

Tabell 4:6 Absorptionskoefficient
Wiking's AB - Armaturer
 $f = 2$ kHz

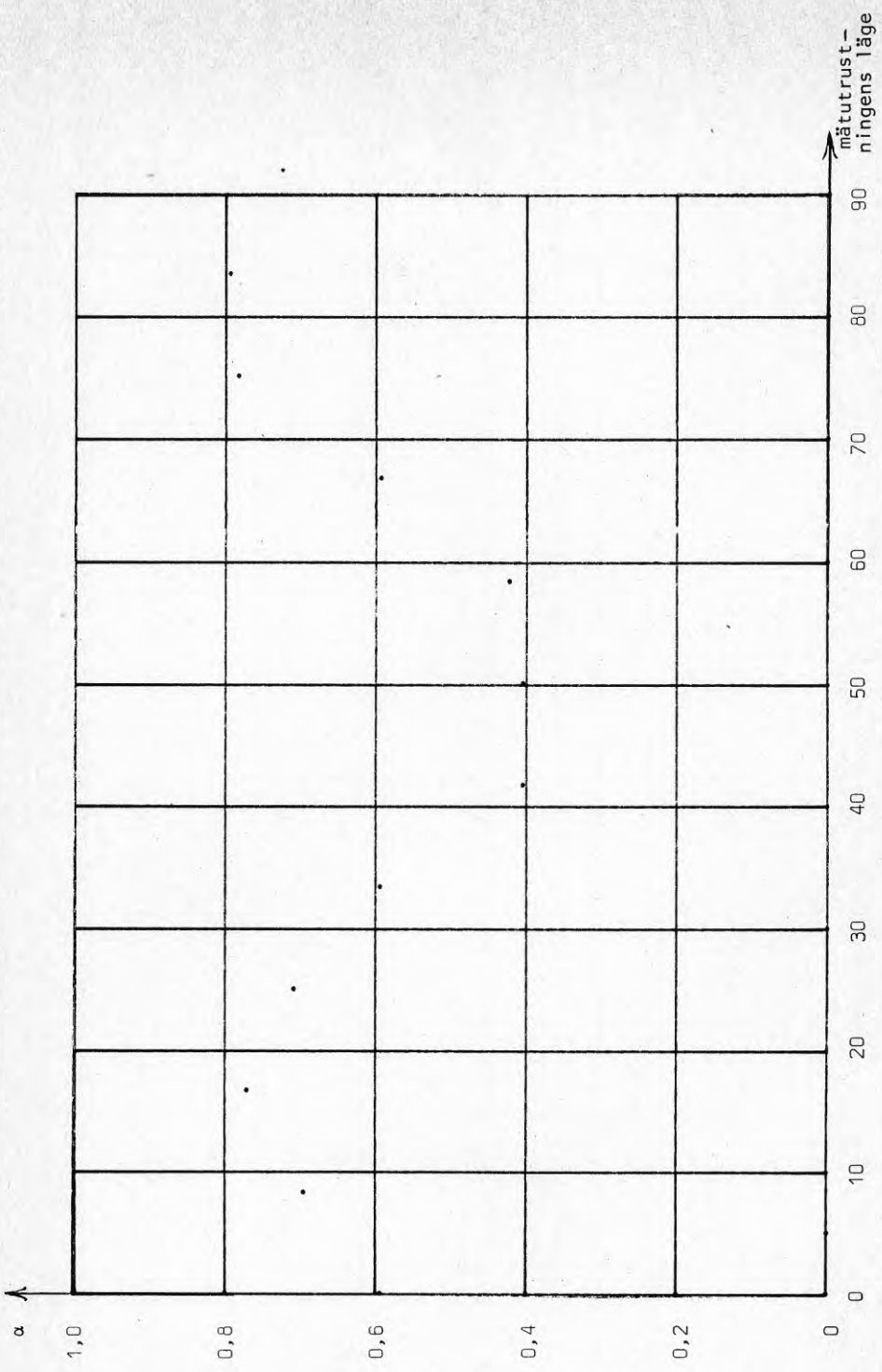


Anm.: | betecknar punkter där $\alpha < 0$.

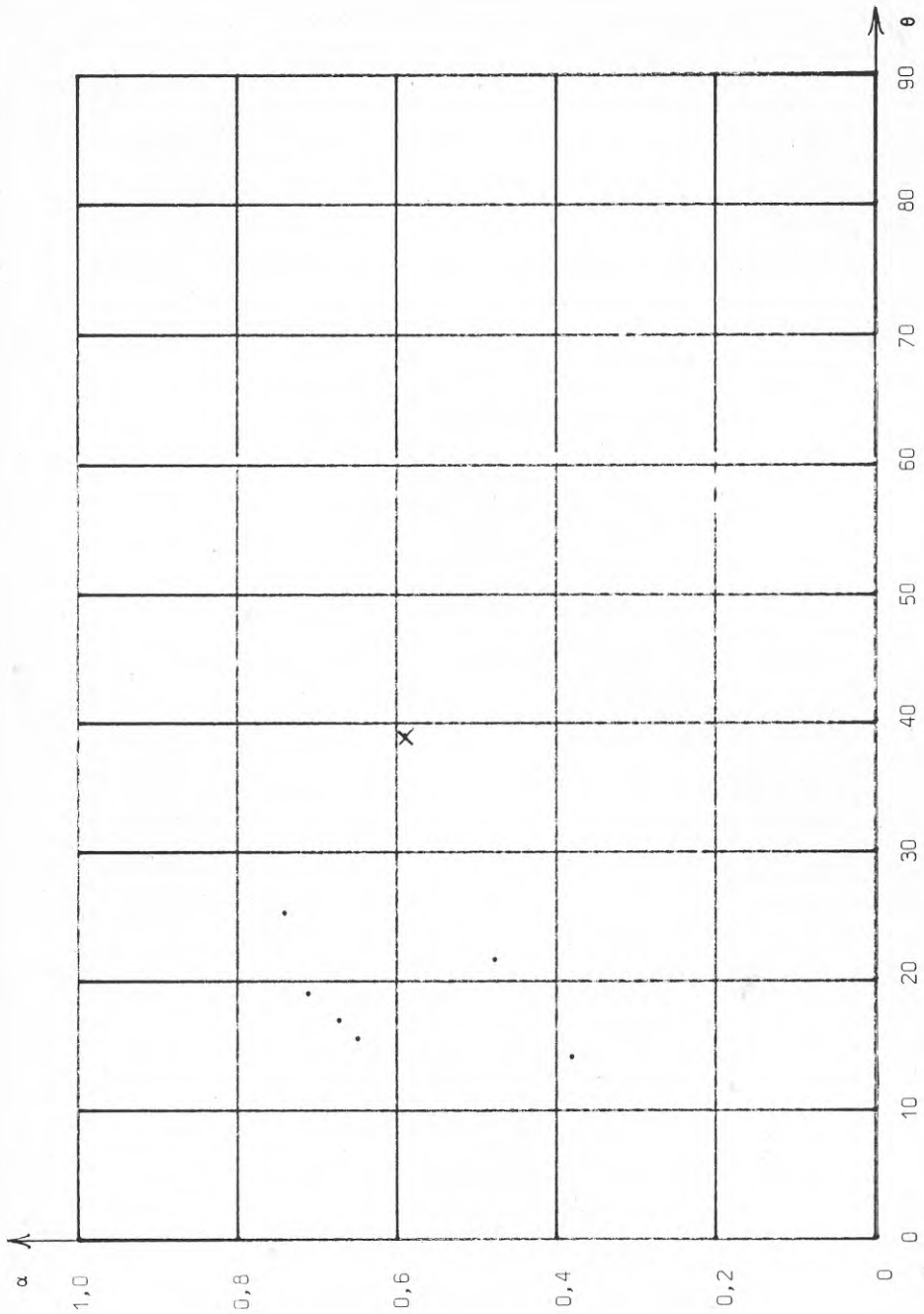
Tabell 4:7 Absorbtionskoefficient
 Viking's AB - Armaturer
 $f = 4$ kHz



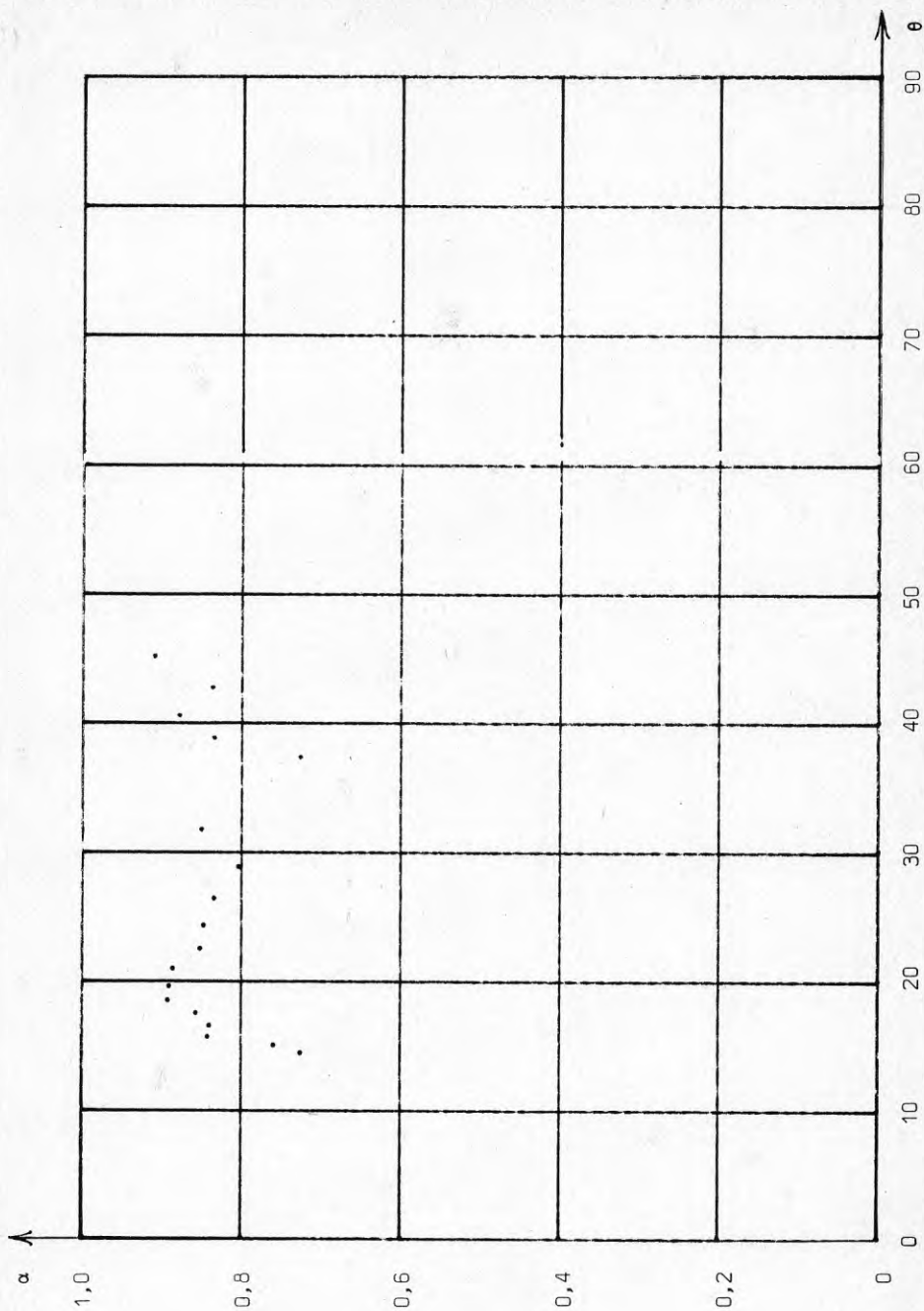
Tabell 4:8 Absorptionskoefficient
 Wiking's AB - Tak
 $f = 4 \text{ kHz}$
 Högtalaren har hållits fixerad och mikrofonen har
 flyttats (d.v.s. λ har varierats. h konstant)



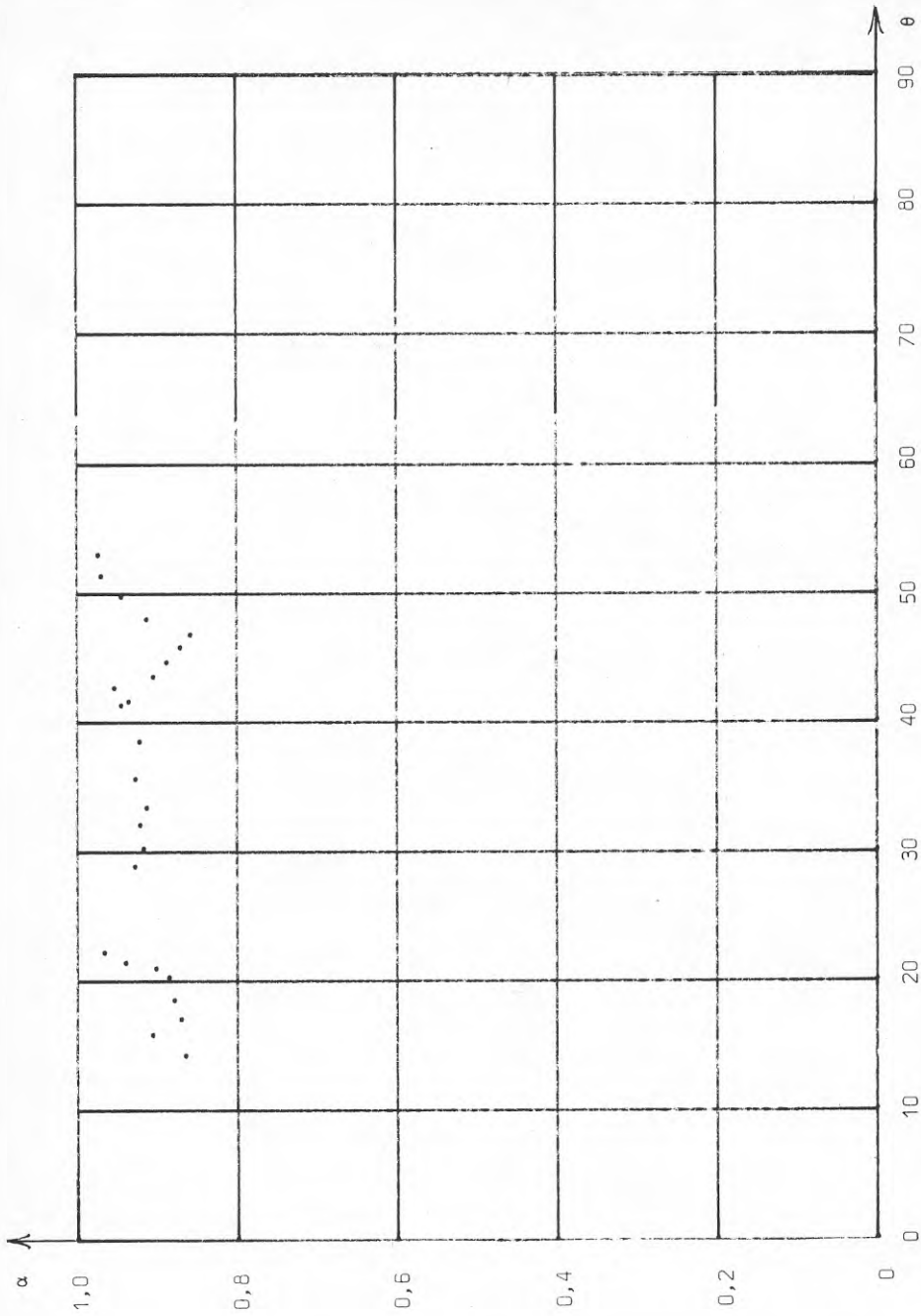
Tabell 4:9 Absorptionskoefficient
 Wiking's AB - Tak
 $f = 4 \text{ kHz}$
 Hela mätutrustningen har flyttats i längsled i rummet
 (h och λ har hållits konstanta).



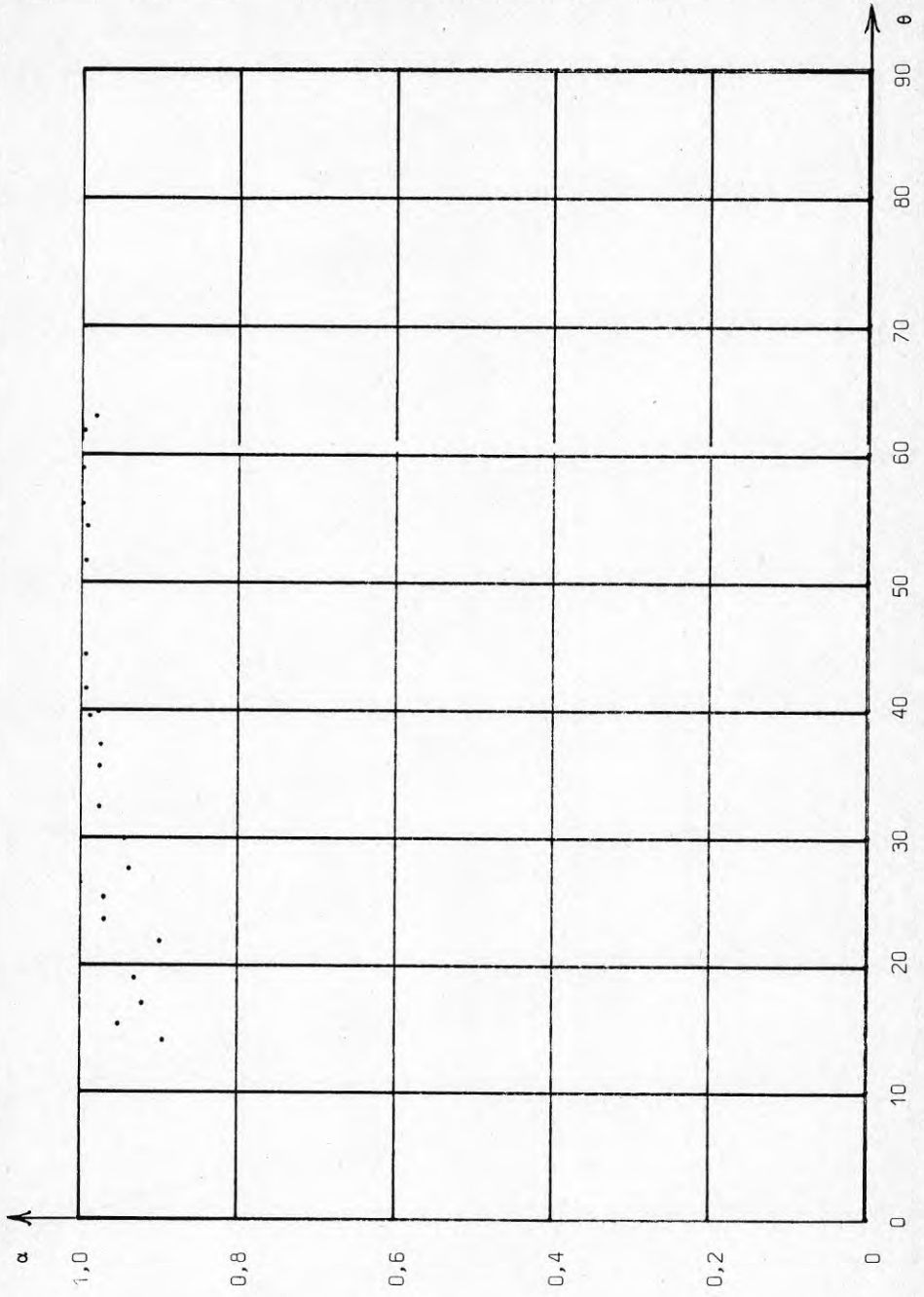
Tabell 4:10 Absorbtionskoefficient
 SKF - Tak
 Gullfiber Akutex
 500 Hz



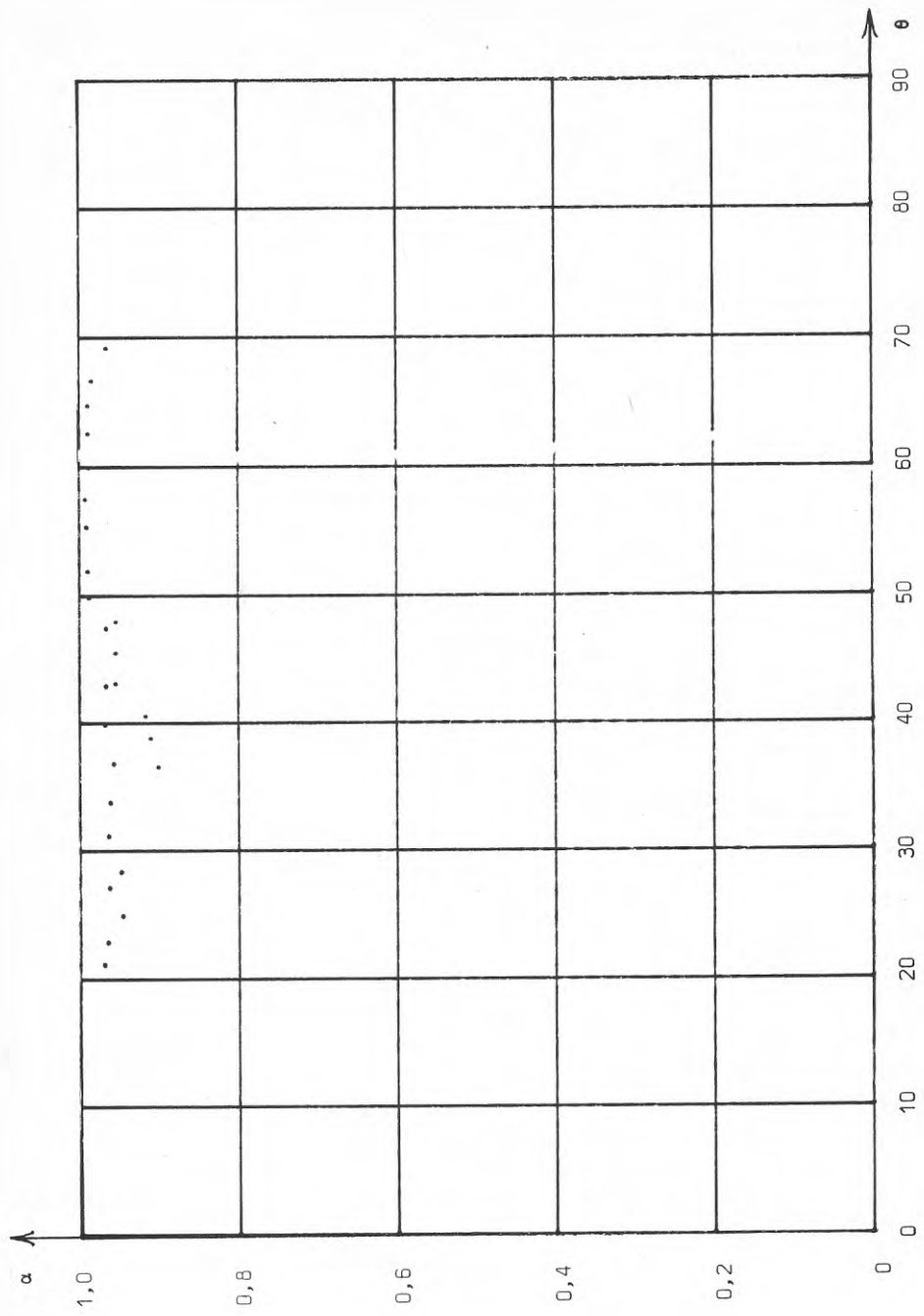
Tabell 4:11 Absorbtionskoefficient
SKF - Tak
Gullfiber Akutex
 $f = 1 \text{ kHz}$



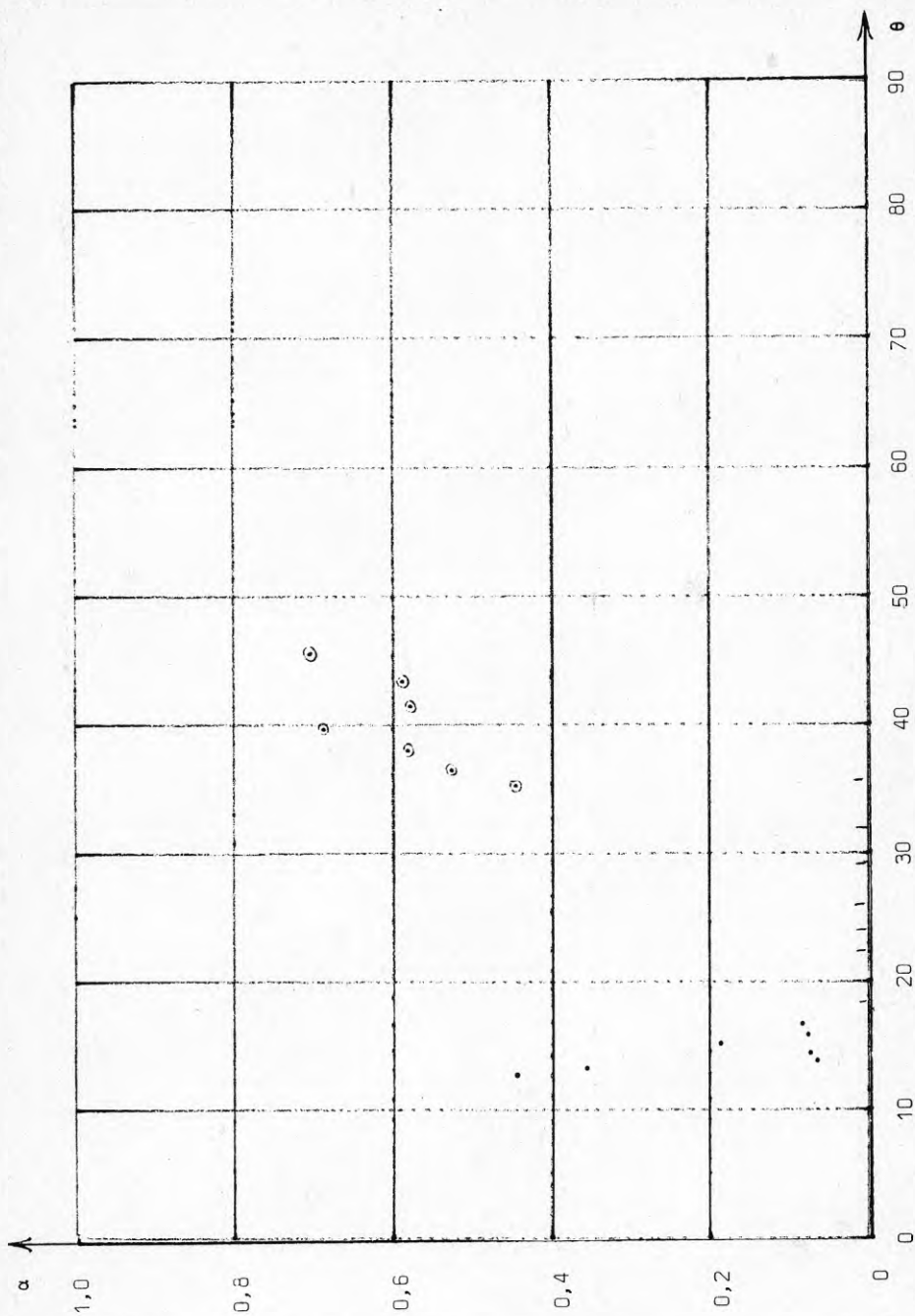
Tabell 4:12 Absorbtionskoefficient
 SKF - Tak
 Gullfiber Akutex
 $f = 2 \text{ kHz}$



Tabell 4:13 Absorbtionskoefficient
SKF - Tak
Gullfiber Akutex
 $f = 4 \text{ kHz}$

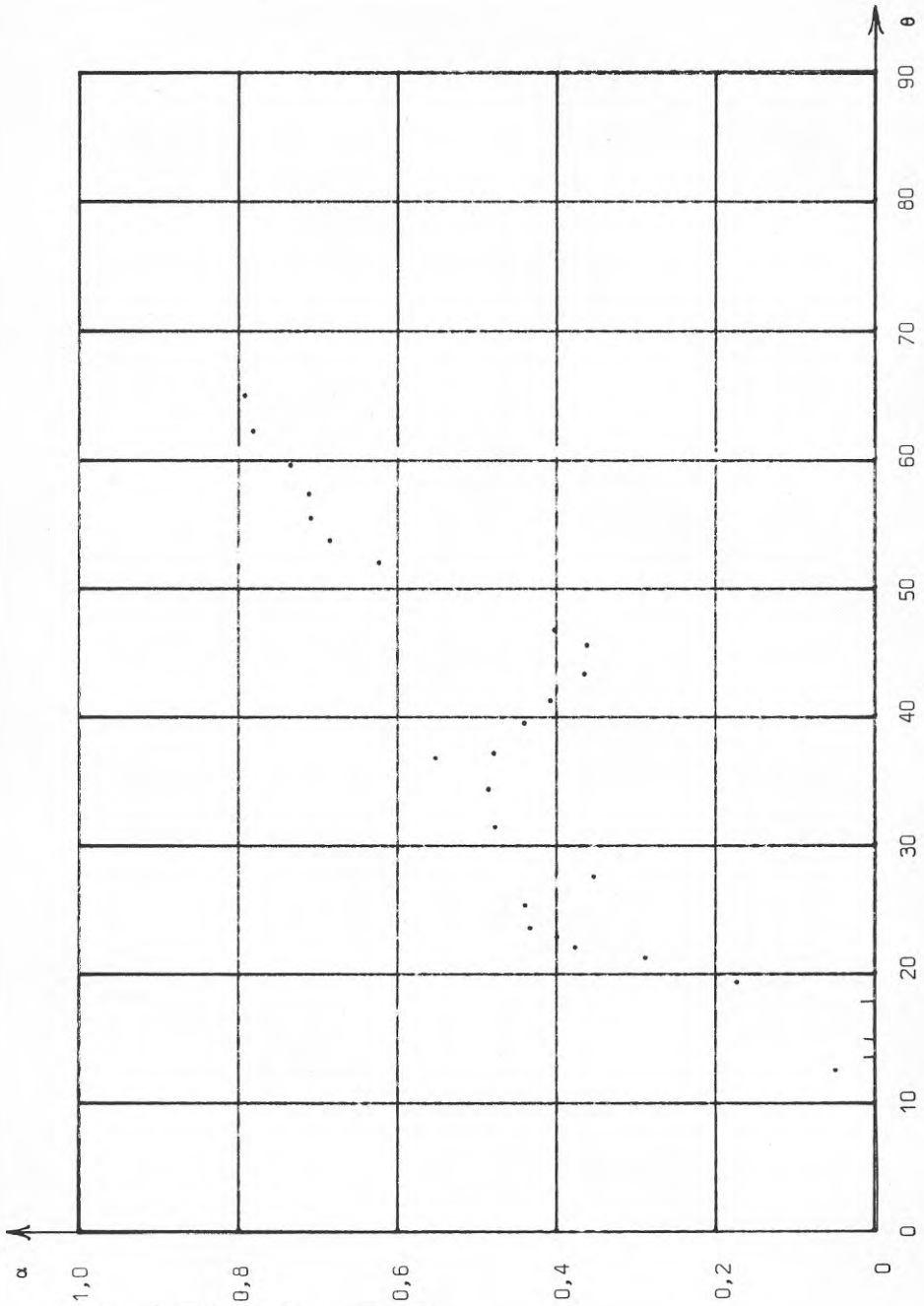


Tabell 4:14 Absorbtionskoefficient
SKF - Tak
Gullfiber Akutex
f = 8 kHz



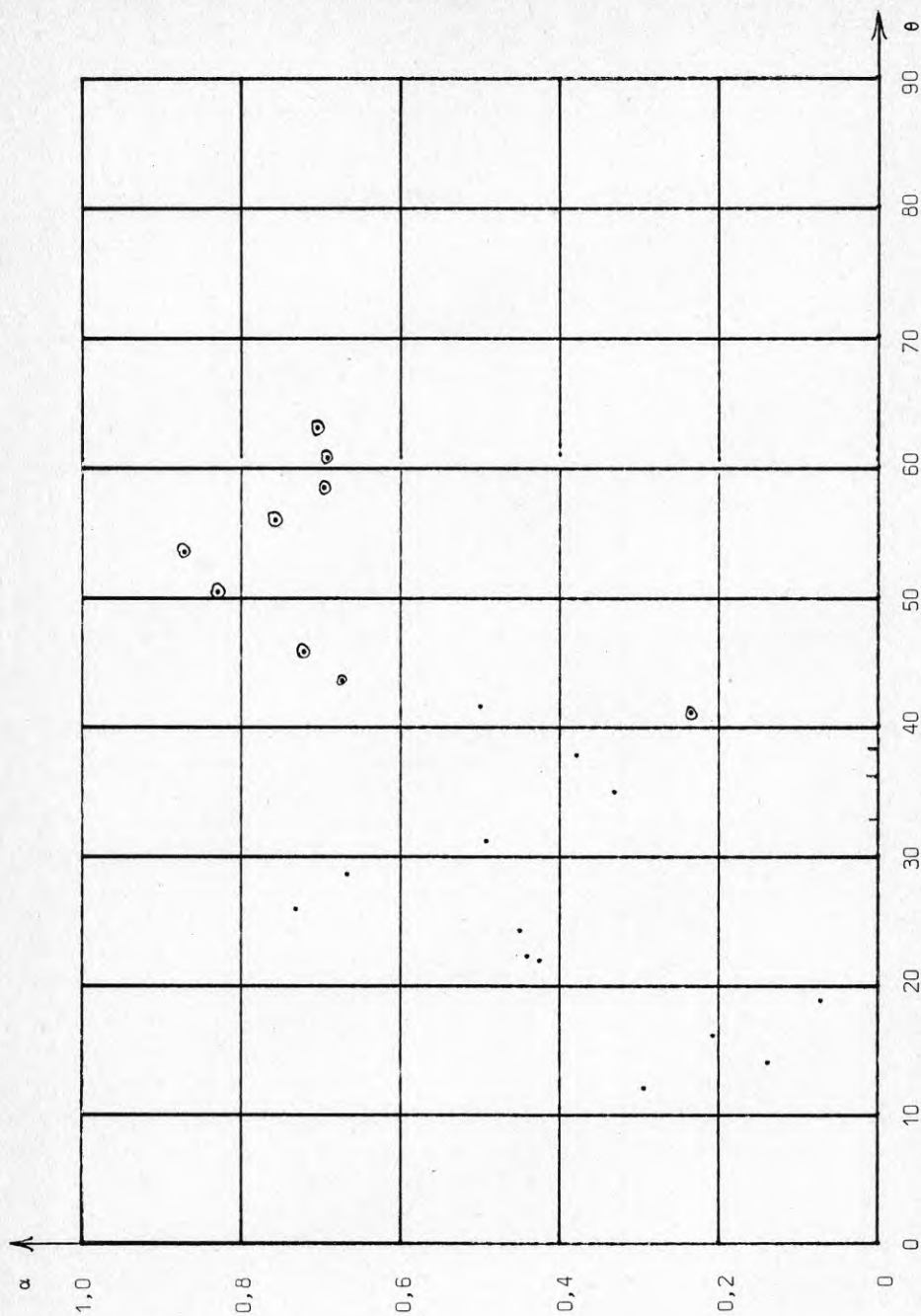
Anm.: | anger punkter där $\alpha < 0$

Tabell 4: 15 Absorptionskoefficient
SKF - Armatur
 $f = 1 \text{ kHz}$



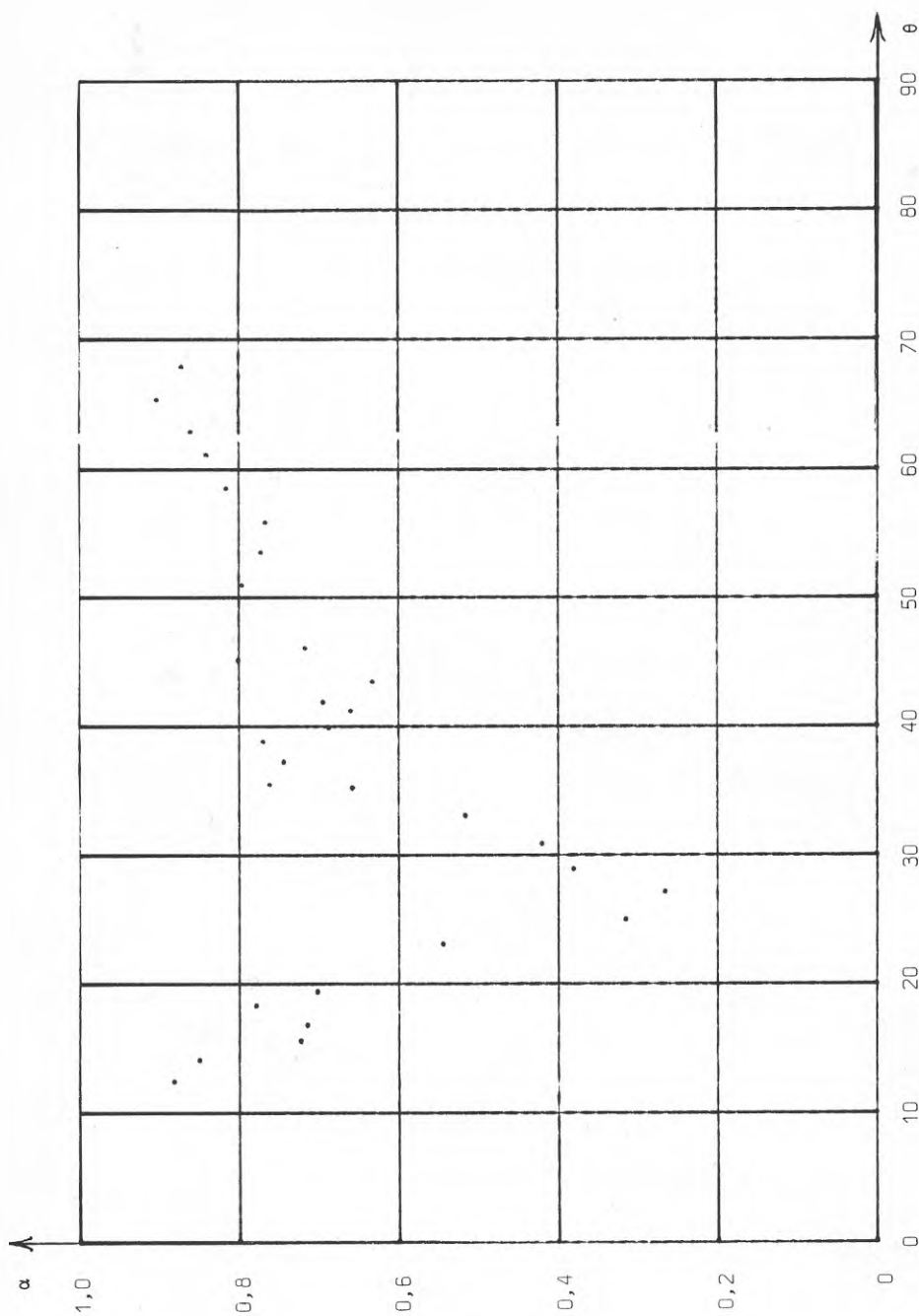
Anm.: | anger punkter där $\alpha < 0$.

Tabell 4:16 Absorptionskoefficient
SKF - Armatur
 $f = 2 \text{ kHz}$

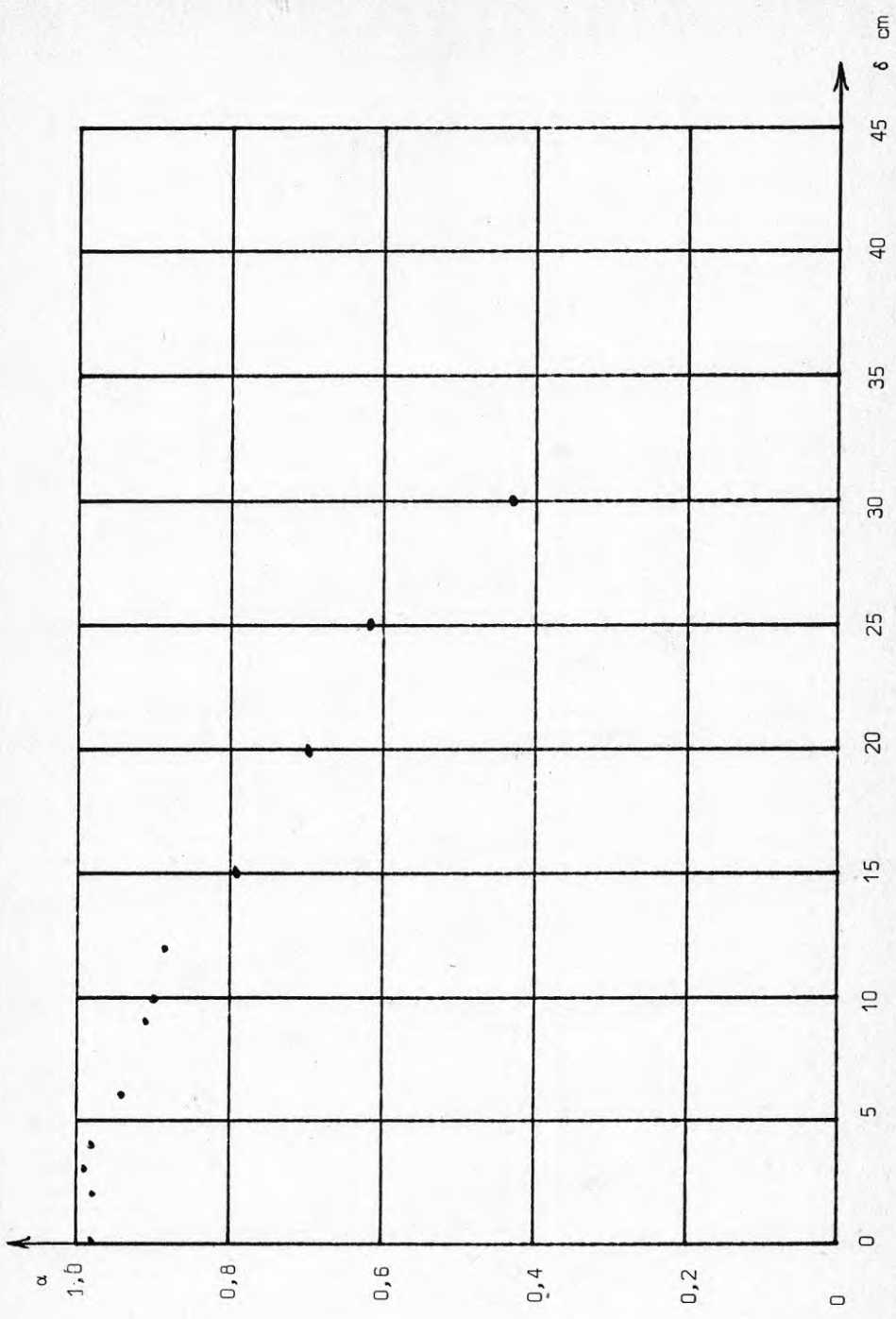


Anm.: | anger punkter där $\alpha < 0$.

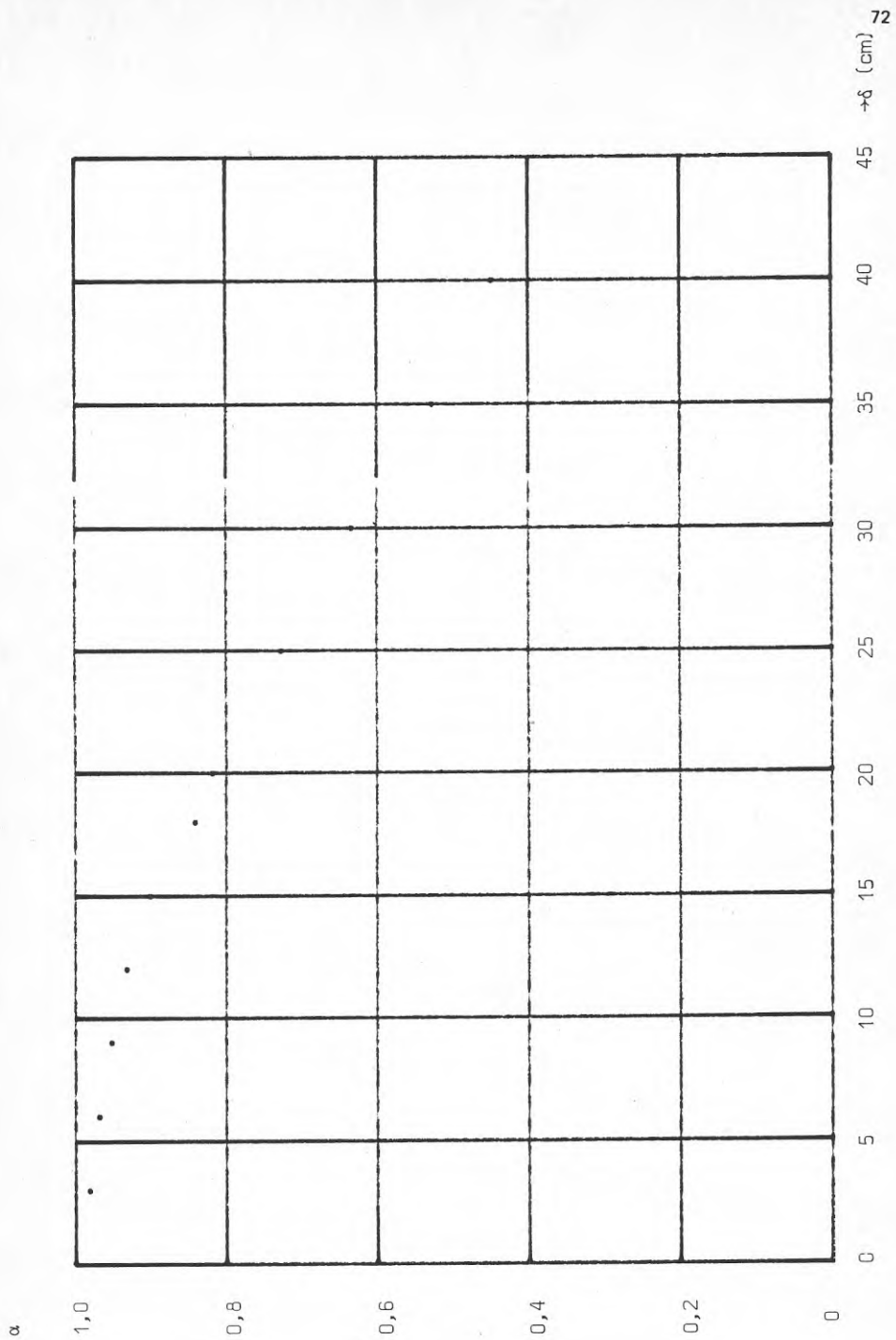
Tabell 4:17 Absorptionskoefficient
SKF - Armatur
 $f = 4$ kHz



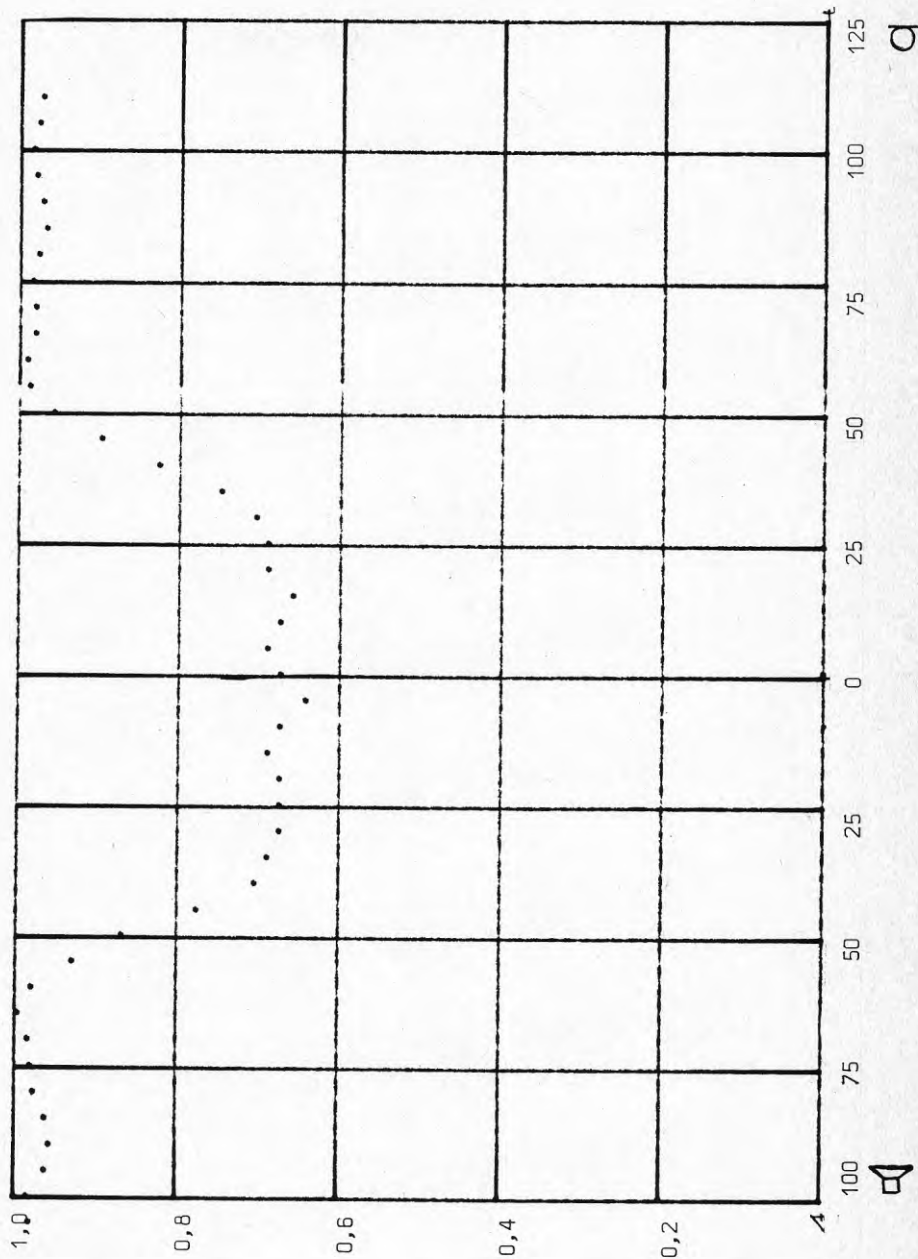
Tabell 4:18 Absorbtionskoefficient
 SKF - Armatur
 $f = 8 \text{ kHz}$



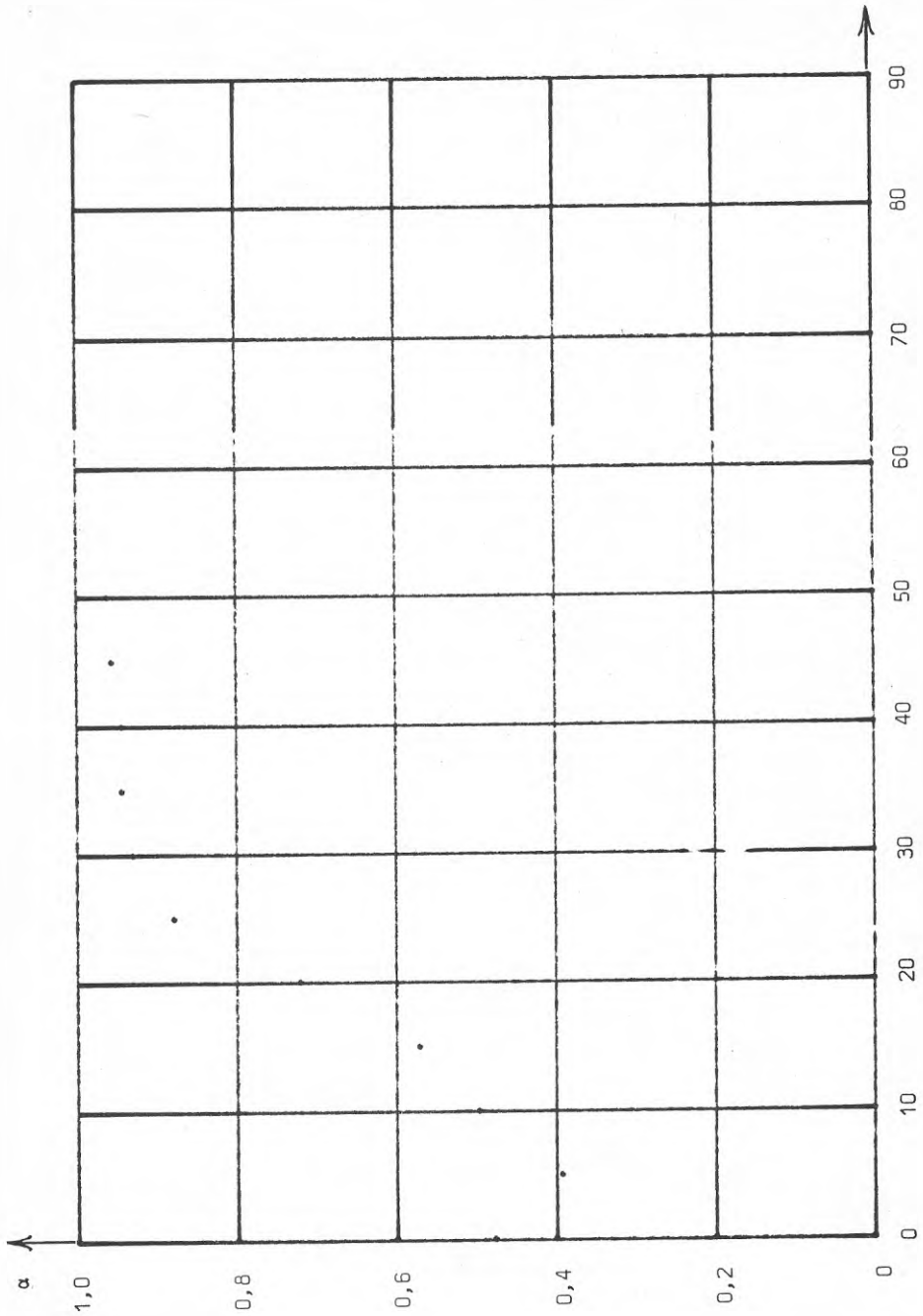
Tabell 5:1 Längsgående reflektor, bredd δ cm



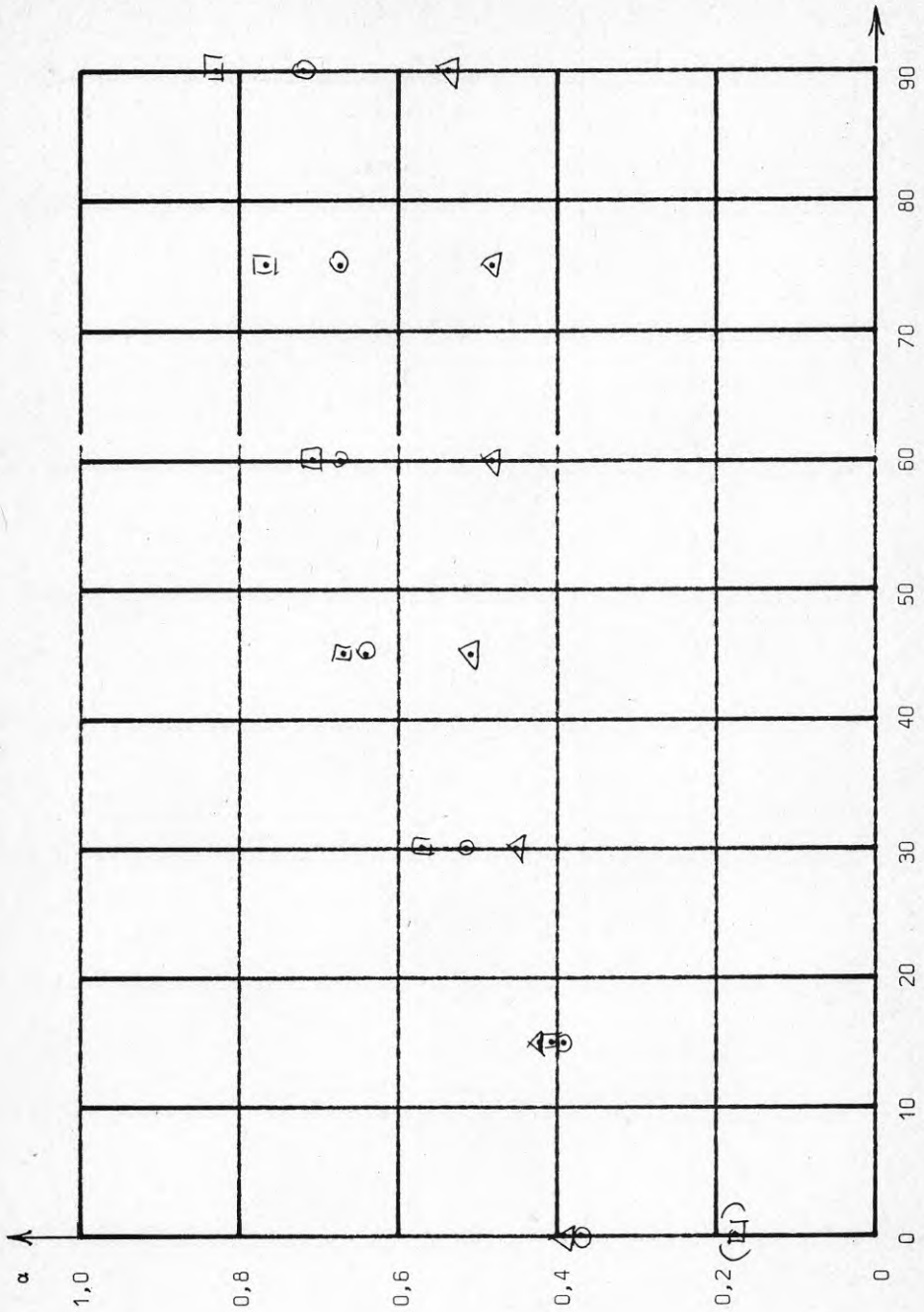
Tabell 5:2 Tvärgående reflektor, bredd δ cm



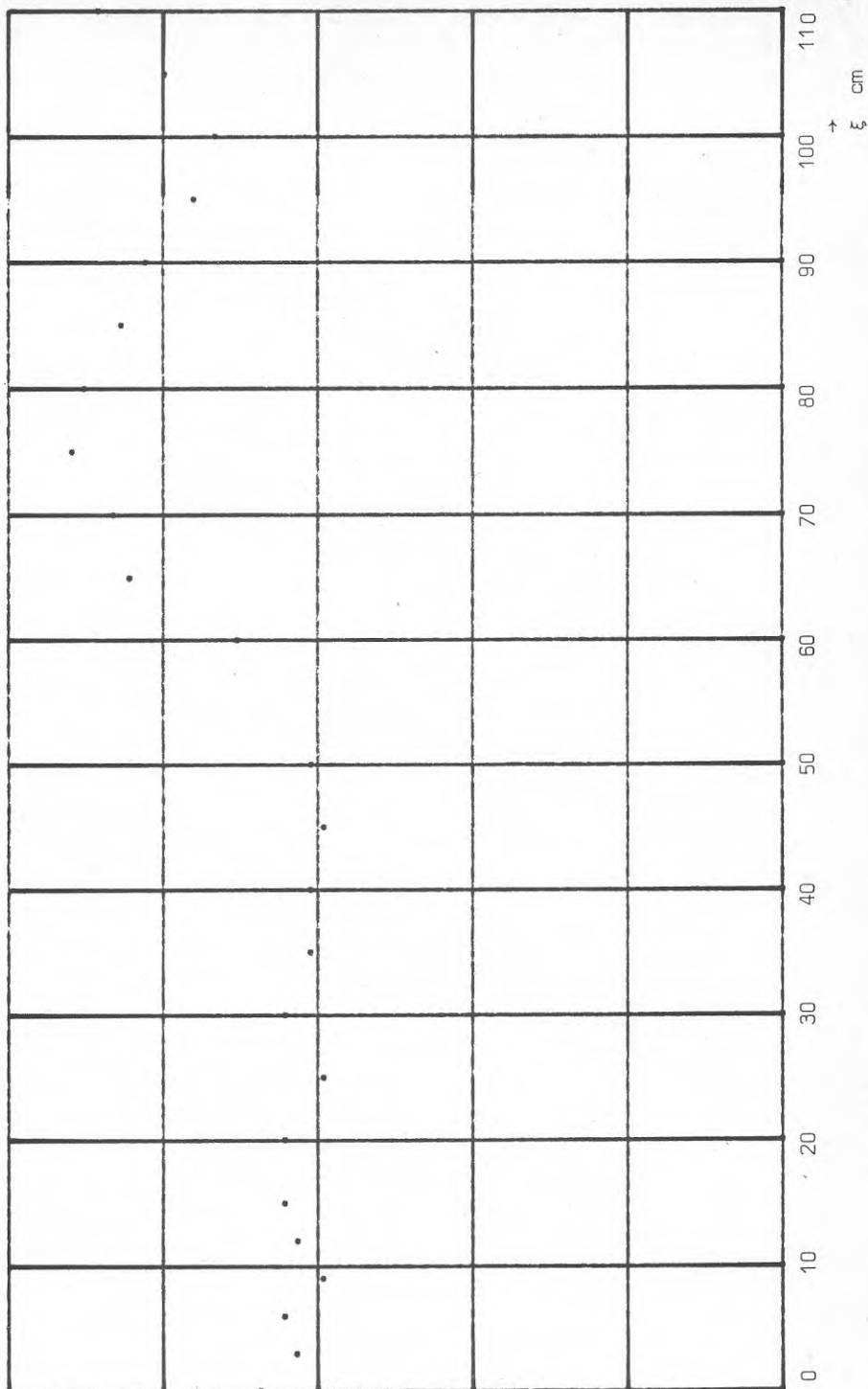
Tabell 5:3 Tvärgående reflektor, bredd 30 cm, sidoförskjuten v cm



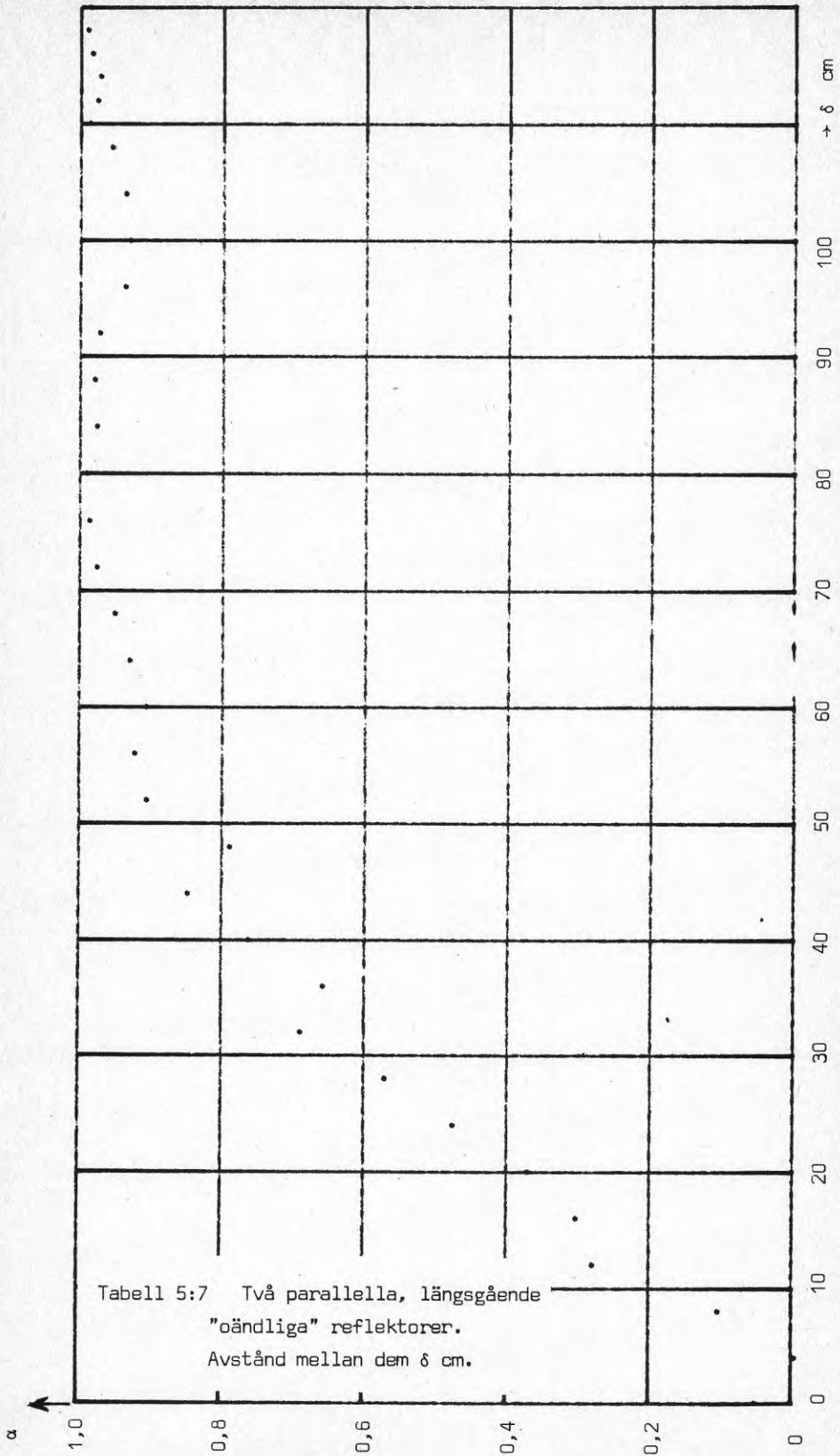
Tabell 5:4 Längsgående reflektor, bredd 30 cm, förskjuten v cm

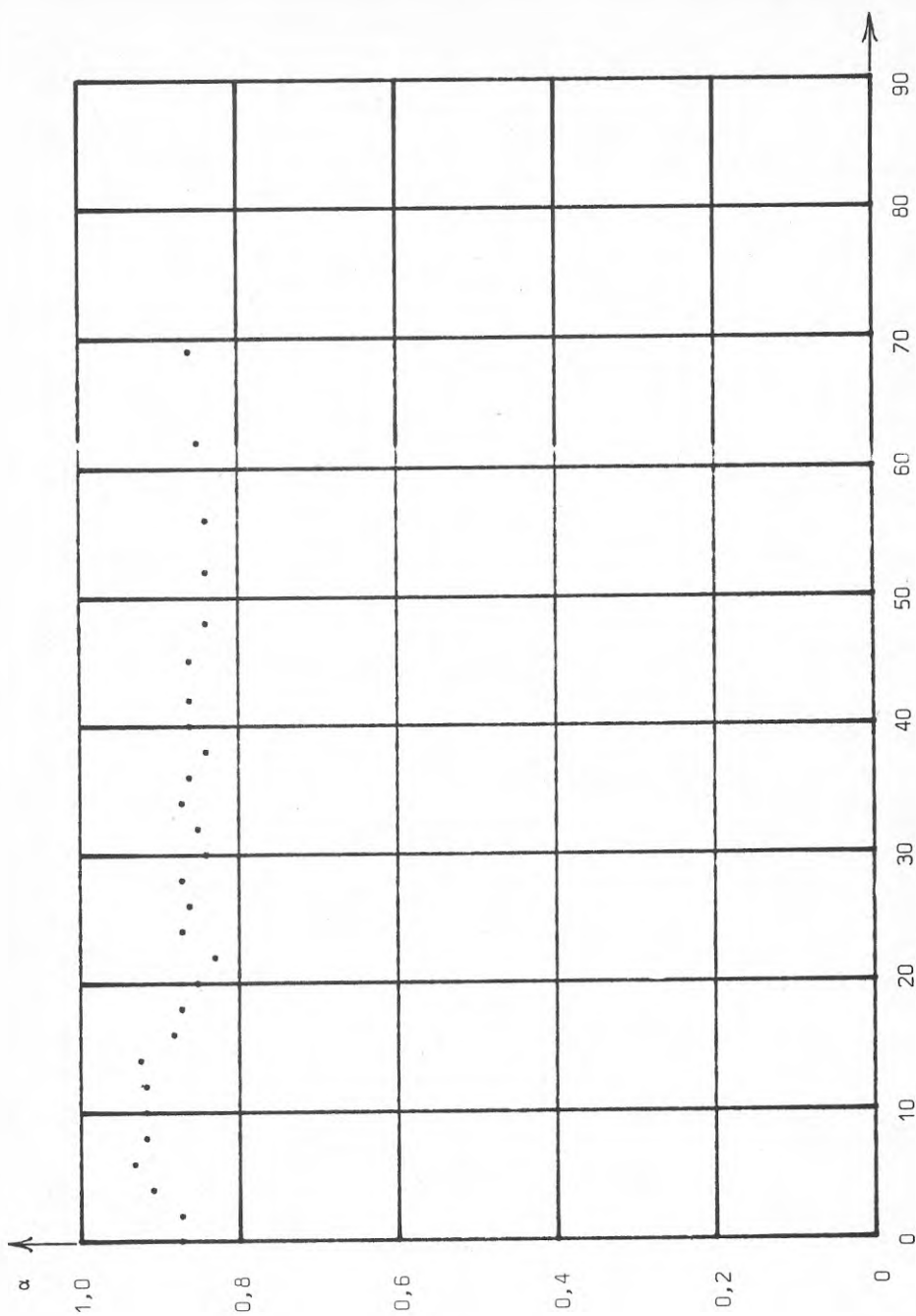


Tabell 5:5 Reflektor, bredd 30 cm, vriden vinkeln ψ (jfr fig 5:4)
 infallsvinkeln θ : \triangle 30° , \odot 45° , \square 60°

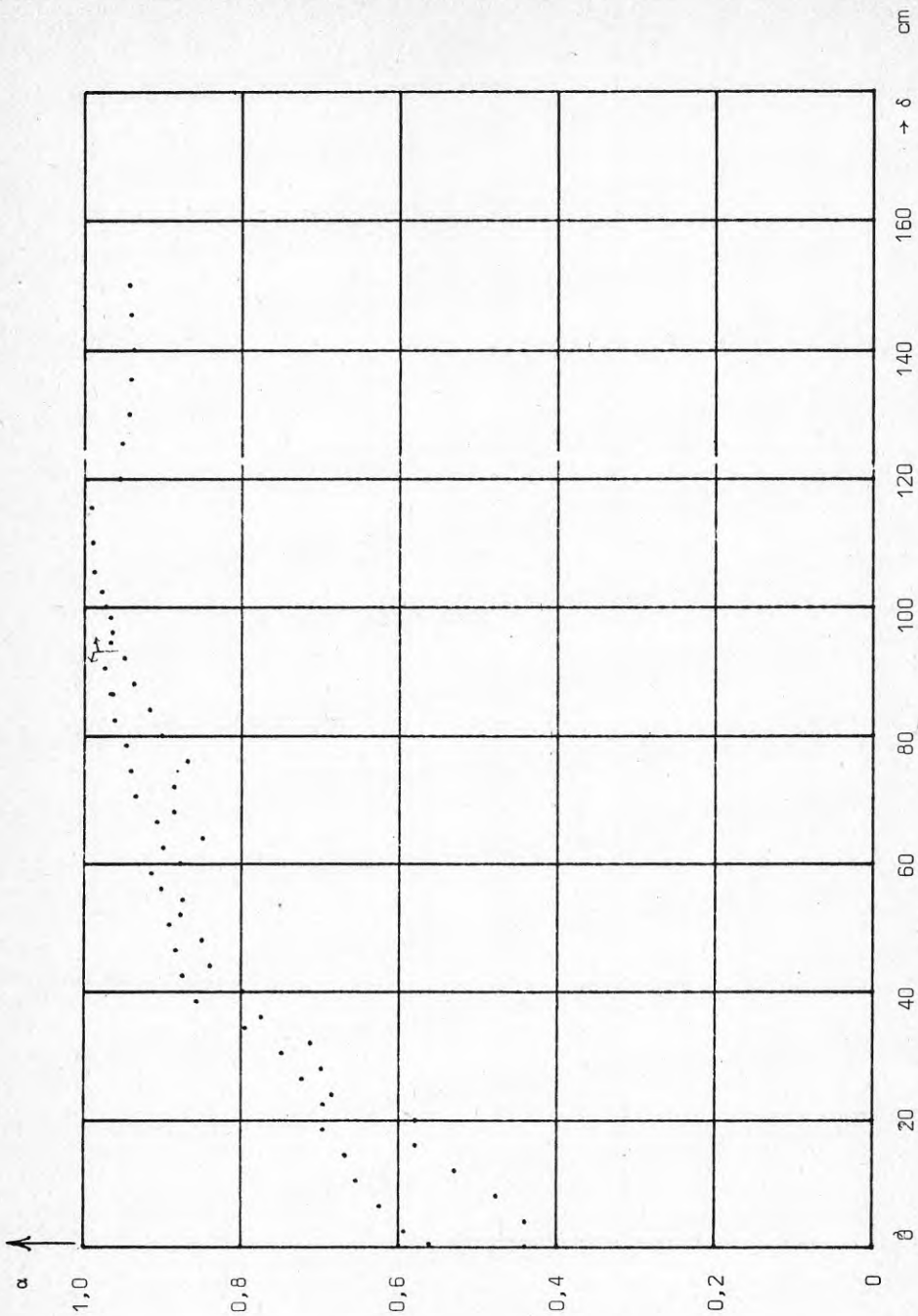


Tabell 5:6 Två parallella, längsgående reflektorer, bredd 10 cm vardera. Avstånd mellan dem ξ cm





Tabell 5:8 Två parallella, tvärgående reflektorer, bredd 10 cm vardera. Avstånd mellan dem δ cm



Tabell 5:9 Två parallella, tvärgående, "oändliga" reflektorer.
 Avstånd mellan dem δ cm. (De två något förskjutna kur-
 vorna hänför sig till olika mätinställningar.)

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 750465-5 från
Statens råd för byggnadsforskning till Inst. för informations-
teori, CTH, Göteborg**

R63:1979

ISBN 91-540-3021-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6600963

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 30 kr exkl moms