



Jon Øygarden

Program for audiografutdanning, Avdeling for helse- og sosialutdanning, Høgskolen i Sør-Trøndelag

Trondheim 2004

Et essay innen vitenskapsteori innlevert og godkjent i faget "Forskning og samfunn" KULT 8801 i forbindelse med doktorgradsarbeid ved NTNU, Historisk filosofisk fakultet, Institutt for språk- og kommunikasjonstudier.

Innhold

Innledning	2
Psykofysikk.....	3
Sansing – persepsjon.....	4
Ernst Heinrich Weber (1795-1858)	7
Gustav Theodor Fechner (1801-1887).....	8
Stanley Smith Stevens (1906-1973)	11
Avslutning.....	13
Litteratur	15

Psykofysikk

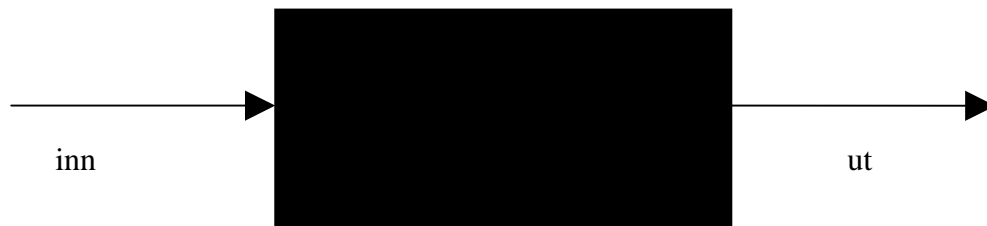
Innledning

Beskrivelse av sanseopplevelser har opptatt mennesker til alle tider. I audiologien er man opptatt av å stadfeste om personer har andre sanseopplevelser av lyder enn det som er normalt. Dette gjøres både for å ha nok informasjon til å stille korrekt diagnose i forbindelse med et hørselstap og for å kunne sette inn tiltak for å hjelpe den hørselshemmede. På grunnlag av diagnosen vurderes medisinske tiltak og/eller andre tiltak som kan ha som formål å bedre muligheter for kommunikasjon og deltagelse i sosiale aktiviteter. Medisinske tiltak vil ikke nevnes her, men av de andre tiltakene skiller vi mellom to grupper. Dersom tiltakene har som formål å gjenetablere tapt hørselsfunksjon kalles det rehabilitering, hvis derimot personen ikke har mottatt normale hørselsinntrykk tidligere dreier det seg om habilitering.

Det anvendes forskjellige typer hørselsmålinger. Vi har etter hvert fått en del objektive hørselsmålinger, men de mest anvendte hører til gruppen subjektive hørselsmålinger. Her presenteres først en lyd for forsøkspersonen. Deretter må forsøkspersonen gi uttrykk for om han har hørt lyden, eller en bestemt egenskap til lyden. Ut fra svarene bestemmes egenskapene til neste lyd som skal presenteres og det utarbeides etter hvert en beskrivelse av hørselen til forsøkspersonen.

For å kunne vurdere om personer ikke får normale hørselsinntrykk trengs det inngående kunnskap om hva som kjennetegner normal hørsel. Psykoakustikk kalles fagområdet hvor man befatter seg med å måle og beskrive hvilke muligheter vi har for å oppfatte og evt. skille mellom forskjellige lyder. Psykoakustikk kan igjen regnes som en gren innen fagfeltet psykofysikk.

Psykofysikk



Psykofysikk som en svart boks

Figuren over brukes ofte for å beskrive faget psykofysikk. Man tenker seg at man ser på mennesket som deltar i et sanseeksperiment som en "svart boks" ("black box.")

Forsøkslederen lar forsøkspersonen bli utsatt for et fysisk stimulus (inn på den "svarte boksen") og registrerer hvilken respons forsøkspersonen gir (ut av den "svarte boksen.")

Gjennom systematisk planlegging av forskjellige typer forsøk og bearbeiding av responsene de gir er det mulig å danne seg en forestilling av hva den "svarte boksen" kan inneholde. Hvis man rendyrker psykofysikken som fag er man ikke opptatt av om denne forestillingen av hva den "svarte boksen" inneholder samsvarer med fysiologiske eller andre beskrivelser. Man er fornøyd bare denne forestillingen er korrekt i forhold til alle de stimuli som gis og responsene de utløser. Men vanligvis er man interessert i et samspill mellom psykofysiske forsøk og fysiologisk eller annen forskning. Dette er nødvendig både for å finne fysiologiske forklaringer på hvordan er det i det hele tatt mulig å føle de små perseptuelle forskjeller som vi klarer å differensiere mellom ved psykofysiske eksperimenter. Og andre ganger ønsker man å utføre psykofysiske forsøk for å se om de samsvarer med en modell for hvordan man tror fysiologien fungerer.

Her kan nevnes arbeidet om fysiologien ved lydstimulering av cochlea (sneglehuset i det indre øret) til Georg von Békésy (1899-1972.) Han mottok i 1961 Nobelprisen i medisin for dette arbeidet. Dette gjorde han selv om man var klar over ut fra psykofysiske forsøk at man hadde langt bedre muligheter for frekvensanalyse enn det Békésy kunne påvise med sine fysiologiske målinger. Derfor hadde forskere i mange tiår akseptert "second filter" teorien som var utviklet for å forklare denne diskrepansen mellom de fysiologiske målingene og de psykofysiske. I ettertid viser det seg at Békésy sine målinger ikke var gode nok da de var

utført på kadavre, og dersom man måler på levende ører så er det mye bedre samsvar mellom fysiologiske og psykofysiske målinger (Békésy 1960, Zwislocki 2002.) Dette viser nødvendigheten av å åpne opp slike "svarte bokser" (Latour 1987)

Sansing – persepsjon

En annen måte å åpne denne svarte boksen på er å gå tilbake i historien og se på under hvilke forhold psykofysikken ble utviklet som fag. Beskrivelse av sanseopplevelser har opptatt menneskeheten i lang tid. En summarisk, og ikke fullstendig oversikt over filosofers og vitenskapsmenns syn følger under. (I denne framstillingen har jeg brukt følgende kilder: Baird. og Noma 1977, Fechner 1860, Gibson 1966, Titchener 1923, Lakoff og Johnson 1999, Smith 2003, Stevens 1975, Watson 1978, Watzlawick 1984, Wundt 1920)

Platon og **Aristoteles** (omtrent 400 f.kr.) var to av de tidligste filosofene som bearbeidet problemene med å sanse virkeligheten. Det var kjent at våre sansesystem ikke reproduserte nøyaktig objektene og hendelsene av den objektive virkelighet. At den objektive virkelighet eksisterte var avgjort tidligere av argumentene til **Sokrates** mot argumentene til Sofistene. Platon og Aristoteles var uenige om viktigheten av vår evne til å persipere verden nøyaktig. **Descartes** (1596-1650) argumenterer med at noen av våre ideer representerer en ekstern virkelighet, og deres opprinnelse ligger i persepsjonen av eksterne objekter. Descartes' sitt "bevis" av den fysiske virkeligheten, medfører ikke at vi ukritisk kan stole på sansene, for det kan for eksempel være vanskelig å skille mellom drøm og virkelighet. Men vi kan være sikre på at det finnes en fysisk, utstrakt, virkelighet. Det vil derfor være meningsfullt å prøve å finne ut hva som kjennetegner denne fysiske virkeligheten.

På 1700-tallet ble denne diskursen ført videre også i et sansepsykologisk syn.

Det var britiske empirister som **John Locke** (1623-1704) som fortsatte med å dele opp vår persepsjon i to deler: sensasjoner og assosiasjoner. Sensasjoner i følge Locke eksisterer i objektet og er avledet fra objektene. Assosiasjonene er tanker avledet fra mental prosessering av sensasjonene. Hovedtanken er at objektene på en eller annen måte sender energi til våre sanser. Denne energien skulle være små partikler som strømmer inn i våre sanseapparat.

George Berkeley (1685-1753) var uenig i Lockes ide om sensasjoner. Han argumenterte at sensasjoner er ikke bevisste. Vi kan ikke kjenne våre sensasjoner, vi kan bare kjenne assosiasjonene. Pragmatisk så foreslo han at sensasjonene ikke eksisterer siden vi ikke kan kjenne dem. **David Hume** (1711-1776) og **David Hartley** (1705-1757) var relativt enige med

Berkeley. De britiske empirister beveget seg filosofisk fra persepsjon som en totrinns prosess til en nær total fornektelse av en følbart objektiv virkelighet. Alt er i tankene til den som persiperer.

Epistemologien i det 17. og 18. århundre kuliminerte med **Immanuel Kant** (1724-1804) sitt arbeid. Han kalte den ukjennbare objektive virkelighet som noumenon (das Ding an sich) og fenomen (das Ding für mich). Kant benektet muligheten av at psykologien kunne bli en empirisk vitenskap av to grunner:

1. siden psykologiske prosesser varierer i bare en dimensjon, tid, kunne de ikke beskrives matematisk.
2. siden psykologiske prosesser er interne og subjektive, slo Kant fast at de ikke kunne legges åpne for måling.

Hadde Kant sine innsigelser blitt stående ville det vanskeliggjort mange av dagens audiologiske målinger, men i Tyskland på 1800 tallet hadde vi mange vitenskapsfolk som skapte psykofysikk som fagområde. Dette la grunnlaget både for eksperimentell psykologi og en del av våre audiologiske målemetoder. **John Frederick Herbart** (1776-1841) besvarte Kants første innsigelse med å beskrive mentale enheter som varierte både i tid og intensitet og viste at forandring i intensitet over tid kunne beskrives matematisk. **Gustav Theodor Fechner** (1801-1887) besvarte den andre innsigelsen med å utvikle psykofysiske metoder som tillot at styrken på sanseopplevelser ble skalert. Dette arbeidet ble så videreført av



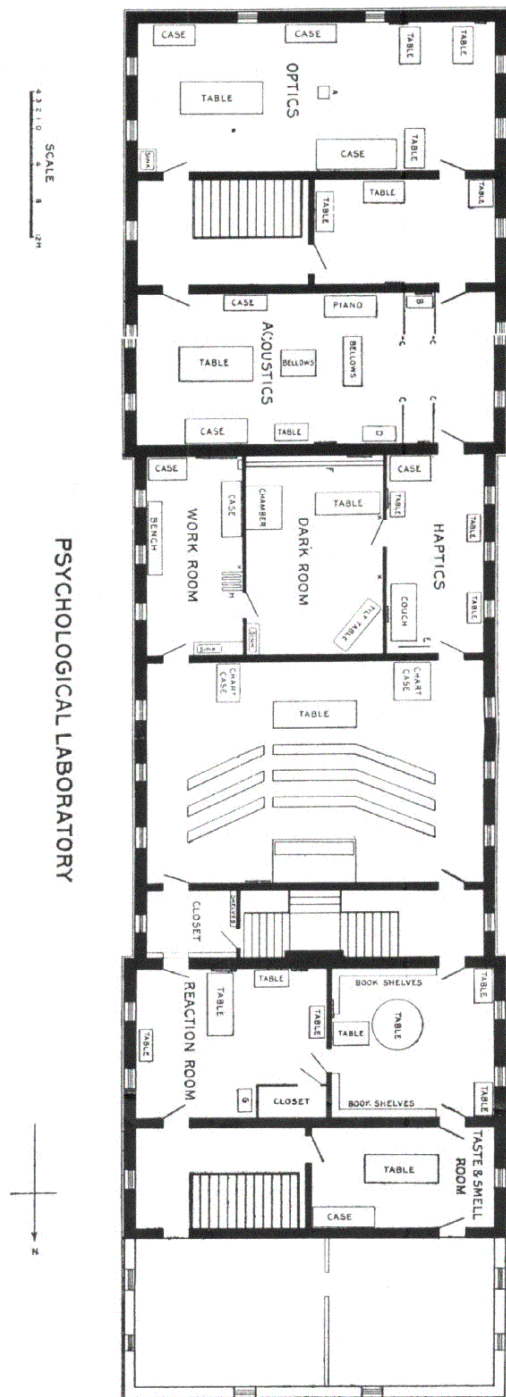
Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894), **Wilhelm Wundt** (1832-1920) og **Edward Bradford Titchener** (1867-1927). De var av den mening at sansepåvirkninger blir konvertert til persepsjoner basert på tidligere erfaring eller hukommelse, og ikke av indre krefter til sjelen. Wilhelm Wundt blir ofte kalt "den eksperimentelle psykologiens far" og "grunnleggeren av moderne psykologi". Han hadde vært assistent hos Helmholtz i Heidelberg, men arbeidet som professor i filosofi i Leipzig fra 1875. Han søkte myndighetene om støtte til å bygge opp et psykofysikk laboratorium. Han fikk

ikke midler, men omdisponerte et klasserom i kantinebygget for fattige studenter som han hadde fått tildelt som lagerrom. Universitetet bidro med tre skap, tre bord og seks enkle stoler. Ved hjelp av studenter ble det første laboratorium i verden for psykologiske forsøk etablert.

Etter hvert ble støtten bedre og dette miljøet tiltrakk seg studenter fra hele verden. På bildet ser vi Wundt med en gruppe studenter og kolleger i sitt laboratorium. Han arbeidet her til han pensjonerte seg i 1917.

Engelskmannen Edward Bradford Titchener var student her i to år. Etter fullført doktorgrad i Leipzig i 1892, fikk han tilbud om en stilling ved Cornell University i USA. Han blir betegnet som Wundts "apostel" i USA fordi han var den viktigste personen når det gjaldt å bringe "den nye psykologien" til USA. Figuren viser planene hans for oppbygging av psykologisk laboratorium ved Cornell university (Titchener 1898).

Dette har vært en gjennomgang av studiet av persepsjon fram til oppveksten av den eksperimentelle psykologi. Det finnes mange meninger om eksperimentell psykologi, men jeg har ikke tenkt og følge de diskursene videre fram til i dag, det har jeg heller ikke faglig bakgrunn for å gå inn i. Men jeg vil dvele litt med de som la grunnlaget for Helmholtz, Wundt og Titchener sitt arbeid. Mye av dette grunnlaget er vesentlig for forståelse av psykoakustikken. De personene som er viktige i denne sammenhenger er Ernst Heinrich Weber og Gustav Theodor Fechner. Seinere videreførte Stanley Smith Stevens dette arbeidet for den delen av psykoakustikken som dreier seg om å beskrive styrken på sanseopplevelser, hørestyrken.



EXPLANATION OF FIGURE.

The letters A to H of the Figure stand for the following instruments, etc.:-

- A. Hering indirect-vision colour mixer.
- B. Fall phonometer.
- C. Curtains for screening phonometer and subject, to avoid echo.
- D. Ellis-Helmholtz harmonical.
- E. Münsterberg arm-movement apparatus.
- F. Photometry bar.
- G. Zimmermann chronograph.
- H. Nichols rheostat.

The arrangement of tables, apparatus, etc., is largely arbitrary.



Ernst Heinrich Weber (1795-1858) var født i Wittenberg og utdannet i Leipzig, hvor han ble værende som professor i Anatomi fra 1818 og i Fysiologi etter 1840. Wundt omtaler Weber som faren til den eksperimentelle psykologi. I 1834 publiserte han "De pulsu, resoptione, auditu et tactu", i den delen som handler om følesansen presenterte Weber en omfattende eksperimentell utforskning av sansefenomenologi basert på taktile erfaringer. Weber arbeidet med å kvantifisere resultatene av sin eksperimentering. Han berørte lett sine forsøkspersoner med en eller to nålespisser, og spurte dem hvor mange punkter de følte. Ved å forandre avstanden mellom de to nålespissene, ble Weber i stand til å vise at fordelingen av følereseptorer i huden ikke er den samme overalt i kroppen. Denne *to-punkt-terskelen* varierer fra å være noen få millimeter på fingertuppen, leppene og tungen, til atskillige centimeter på ryggen. Han oppdaget at det fantes en bestemt avstand (varierende avhengig av hvor på kroppen) hvor forsøkspersonene kunne fortelle at de kjente to punkter, hvis nålespissene ble ført tettere sammen rapporterte forsøkspersonen at de kjente bare et punkt. Weber innførte begrepet "just noticeable difference" (JND) for å beskrive denne minste følbare forskjell. Andre betegnelser på denne størrelsen er differens terskel eller "diferens limen" som forkortes DL. Han satte opp en matematisk beskrivelse for dette:

$$\frac{\Delta I}{I} = konst \quad \text{"Webers lov"}$$

Denne uttrykker at den minste følbare stimulusendring (ΔI) er avhengig av intensiteten (I) til stimulus slik at den relative stimulusendring ($\frac{\Delta I}{I}$) alltid er konstant. Uttrykket ($\frac{\Delta I}{I}$) kalles også "Webers fraksjon". Begrepet "Webers lov" er kanskje ikke en helt heldig formulering for selv om en del sanseopplevelser synes å følge dette oppsettet innenfor visse grenser så finnes det mange eksempler som ikke følger denne "loven". Uttrykket "Webers modell" hadde antagelig vært en riktigere benevnelse. Dette var det første forsøket på å beskrive en kvantitativ, lovmessig sammenheng i psykologien. Det er også den mest siterte "lov" i psykologisk forskningslitteratur gjennom tidene, og siteres fortsatt mye i dag.



Gustav Theodor Fechner (1801-1887) var født i Gross-Sächten, Preussen. 16 år gammel begynte han å studere medisin ved universitet i Leipzig. Her studerte han anatomi under Weber. Når han hadde fått sin medisinske grad skiftet interessen hans til fysikk og matematikk. Fra 1824 underviste han i fysikk og i 1834 ble han Professor i fysikk i Leipzig. Han interessert seg mer for psykologien i perioden etter. Han har skrevet en mengde verk og mange av dem med metafysisk og religiøst innhold. Han var opptatt av sammenhengen mellom det spirituelle og fysikken, mellom kropp og sjel, livet etter døden og sjelelivet til planter etc. Under pseudonymet Dr. Mises skrev han også en rekke artikler hvor han brukte sarkasme og latterliggjøring for å harselere over medisin og naturvitenskap. Det finnes titler som: "Hvorfor pølsa skjæres på skrå", "Om englers anatomi" og "Det finnes hekseri". Freud var påvirket av noen av Fechners tanker og likte å lese flere av "Dr. Mises" skrifter.

Fechners hovedverk regnes som "Elemente der Psychophysik", 1860. Her innfører begrepet psykofysikk og definerer det som:

"Unter Psychophysik soll hier eine exakte Lehre von den funktionellen oder Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Körper und Seele, allgemeiner zwischen körperlicher und geistlicher, physischer und psychischer, Welt verstanden werden."

(Med psykofysikk menes en eksakt lære om det funksjonelle eller avhengighetsforholdet mellom kropp og sjel. Det vil si en forståelse mellom det kroppslige og det åndelige, den fysiske og psykiske verden.)

Fechner begynte egne studier i visuelle persepsjon ved å stirre på sola gjennom farget glass. Han mente at etterbildet han så etter å snu seg vekk var "persepsjonen", eller den psykologiske representasjonen av sola. Sola var det fysiske objektet og etterbildet var dens spirituelle, psykologiske eller perseptuelle form. Han oppdaget naturligvis at jo lengre tid han så på sola, jo sterkere og mer varig ble etterbildet. Når han arbeidet med å kvantifisere denne sammenhengen, så skjedde jo det ulykksalige som måtte skje. Han ble blind! Dette knekte

ham. Han fikk nervøst sammenbrudd og trakk seg fra sin stilling. Øynene var blitt så lysfølsomme at han måtte bandasjere dem hvis han gikk ut. Han tilbrakte mesteparten av tiden i et tillukket rom med svartmalte vegger. Han klarte nesten ikke å sove eller å spise. Denne tilstanden varte over mange år og han tilbrakte mye tid i sengen og filosoferte. Den 22. oktober 1850 lå han i sengen fikk han et syn som gjorde at han innså sammenhengen mellom de mentale følelsene og det materielle stimulus.

”I sengen en søndag morgen lyttet han til kirkeklokkene ringe. Han la merke til at når den første klokka ringte og deretter den andre, så kunne han lett merke forskjellen. Men etter at flere klokker hadde begynt å ringe og enda en begynte å slå, da var det mye vanskeligere å detektere at enda en klokke var kommet til. Til slutt når masser av klokker ringte, var det umulig å høre om enda en klokke ble med! Som et lyn, slo innsikten gjennom hjernen hans, han hoppet fra sengen og stirret ut av vinduet og Han Kunne Se! Plutselig forsto Fechner den matematiske sammenheng mellom hva vi observerer og det fysiske stimulus som produserer det, og synet hans var også vunnet tilbake. Senere skrev Fechner at Gud hadde gjort ham blind så at den sanne naturen til psykofysikken kunne bli synliggjort for ham. ”Gud blindet meg slik at jeg kunne se.””

Dette sitatet er hentet fra <http://frank.mtsu.edu/~pyskip/splec1.htm> , egen oversettelse. Jeg har ikke lyktes i å finne andre kilder som bekrefter riktigheten i framstillingen. Og datoen 22. oktober 1850 (som flere kilder inkludert Fechner selv viser til) viser seg å være en tirsdag og ikke en søndag. Jeg må ha et forbehold om at denne framstillingen har noe dikterisk frihet i seg, men jeg har tatt den med på grunn av at det er en god historie.

Denne episoden medførte at Fechner begynte å arbeide hardt igjen. Han publiserte mange nye verk deriblant ”Elemente der Psychophysik”. Her beskriver han den loven (eller modellen) som seinere er blitt kalt Fechners lov eller Weber-Fechners lov.

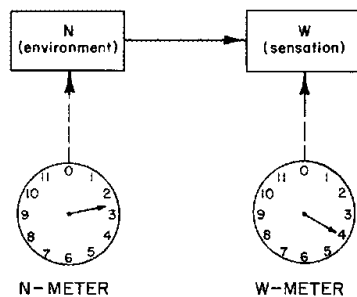


Figure 2.3. A schematic view of outer psychophysics. The external environment (N) is observable, the internal sensation (W) is not.

Figuren (fra Baird and Noma 1977) viser hvordan han tenker sin modell for sammenhengen mellom den fysiske påvirkning (N) og den subjektive opplevelse (W). Fechner mente at det ikke var mulig for en forsøksperson å beskrive verdien av

den subjektive opplevelse (W). Men forsøkspersonene kunne si fra om et stimulus var svakere, likt eller sterkere enn et annet. To typer terskler trengs for å beskrive dette. Den ene er den absolutte terskel d.v.s hvor stor påvirkning målt på N-meteret som skal til for å få et utslag på W-meteret (opplevelsesmeteret), det vil si at W-meteret går fra 0 til 1 ved absolutt terskel. Den andre terskel dreier seg om å bestemme differens terskelen det vil si den minste endring på N-meteret som er nødvendig for å gi opplevelser som kan skilles fra hverandre. Denne endring som etter Weber er blitt kalt jnd (just noticeable difference) eller diferens limen tilsvarer altså et trinn på W-meteret. Fechner tenkte seg så at han kunne beskrive styrken på sanseopplevelsen ved antall trinn over den absolutte terskel målt i jnd/DL enheter. Slik kunne man telle seg fram til opplevelsen.

Dette kan beskrives matematisk som:

$$W = konst \cdot \log(N) \quad \text{”Fechners lov”}$$

Fechners lov sier dermed at sanseopplevelsen (W) øker med logaritmen til stimulus (N).

Selv om mye av det filosofiske og metafysiske i Fechners arbeid har blitt ignorert har denne loven og de metodologiske beskrivelsene satt sine spor. Når vi i dag måler lydtrykknivåer i desibel er dette en direkte følge av Fechners lov. Fechner utviklet også mange metoder som i dag kalles klassiske psykofysiske metoder, og er grunnlaget for mange av dagens audiologiske målemetoder. Det viser seg at Fechners lov ikke holder i alle sammenhenger, og siden den gir resultater på en intervall skala har det blant annet i psykoakustikken vært behov for nye modeller hvor man gir størrelser på en forholdstallskala slik at man kan si noe om den relative størrelsen til ulike stimulus.

Som tidligere nevnt var det Helmholtz, Wundt og Titchener som arbeidet videre på det grunnlag som Weber og Fechner hadde lagt. De har innvendinger mot mange av tankene, men finner også mye som de bygger på under utviklingen av den eksperimentelle psykologien.



Stanley Smith Stevens (1906-1973)

Innen den delen av psykoakustikk som dreier seg om styrken på sanseopplevelser "hørestyrken", er Stanley Smith Stevens pioneren som må taes med. Han arbeidet med forskjellige typer sanseopplevelser og brukte blant annet metoden med kryssede modaliteter sammenligning for å nå fram til sine resultat. I stedet for at forsøkspersoner skal uttrykke størrelsen på en sanseopplevelse som et tall eller at noe er dobbelt så sterkt (Stevens har også brukt slike metoder.) Så benytter denne metoden seg med at forsøkspersonen uttrykker noe om størrelsen på sanseopplevelsen ved hjelp av en sanseopplevelse i en annen modalitet. Han kan for eksempel lytte til en lyds styrke, men uttrykke hvor sterk lyden er ved hjelp av å trykke inn et håndtak. Styrken på lyden kan da angis med hvor stor kraft han trykker på håndtaket. Stevens foreslo en modell for å beskrive sine resultat. Her beskriver han at styrken på sanseopplevelse er relatert til stimulus styrke opphøyd i en potens k . Verdien på k varierer mellom forskjellige sansemodaliteter. Denne modellen kalles "Stevens' power law" eller Stevens potens lov:

$$W = konst \cdot N^k \quad \text{"Stevens potens lov"}$$

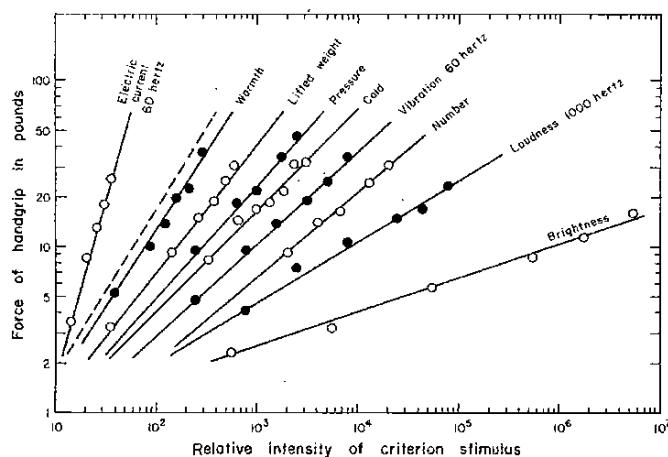


Fig. 38. Equal sensation functions obtained by matching force of handgrip to various criterion stimuli. Each point stands for the median force exerted by 30 or more observers to match the apparent intensity of a criterion stimulus. The relative position of a function along the abscissa is arbitrary. The dashed line shows a slope of 1.0 in these coordinates. (After J. C. Stevens, Mack, and Stevens 1960.)

Figuren (Stevens 1975) viser hvordan Stevens potens lov passer med mange forskjellige sanseopplevelser. Potensen k angir stigningen på linjene når resultatene tegnes inn med logaritmiske akser både horisontalt og vertikalt. Vi ser at k varierer sterkt mellom de forskjellige sanseopplevelsene. For en tone med frekvens 1000Hz angir Stevens at $k=0.3$ hvis vi tar utgangspunkt i lydintensiteten, eller

$k=0.6$ hvis vi tar utgangspunkt i lydtrykket. Disse verdiene er standardisert i metodene som brukes for å beregne hørestyrke (loudness) for lyder. Stevens potens lov har den fordelen framfor Fechners lov at vi kan si noe om hvor sterke sanseopplevelser er i forhold til hverandre, f.eks. hvor mange ganger en sterk lyd oppfattes enn en svak.

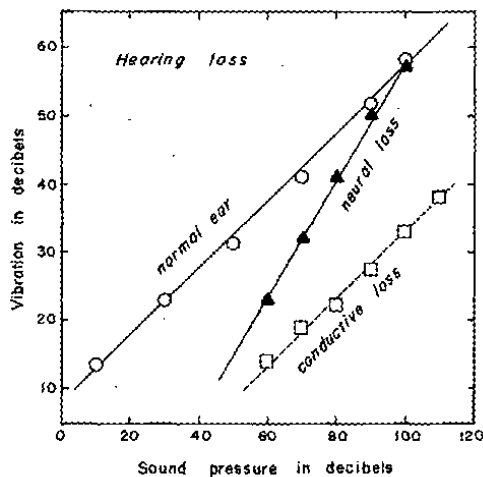


Fig. 46. Cross-modality matches performed by ten patients with abnormal sense organs. Five patients had a hearing loss in one ear due to a neural impairment; five other patients had a loss in one ear due to a conductive impairment. Each patient adjusted a vibration on his finger to match loudness in his normal ear and in his abnormal ear. The symbols show the median results. The conductive hearing loss shifted the function (squares) by about 50 decibels to the right of the normal function. The neural hearing loss transformed the slope (exponent) of the function, as shown by the triangles. The power-group transformation shown by the triangles is termed recruitment. (Data from Thalmann 1965.)

så er alle lyder dempet og vi har kun fått en horisontal forskyving av hørestyrkekurven på figuren. Hvis vi derimot har et sensori-neuralt hørselstap (skaden er i indre øret, på figur "neural loss") så har vi mistet evnen til å høre svake lyder, mens sterke lyder høres med samme styrke som normalthørende.

Det har vært strid om at det går an å måle sanseopplevelser, og mellom 1932 og 1940 debatterte en komité i "The British Association for the Advancement of Science" spørsmålet: *Er det mulig å måle menneskelige sensasjoner?* I sin avslutningsrapport valgte komiteen Stevens' hørestyrke skala som et konkret eksempel. Om denne hadde forfatteren sagt at den hadde alle formelle egenskaper til andre basis skalaer, slik som ble brukt til å måle lengde og vekt. Komitémedlemmene kunne ikke bli enige. For de som avviste muligheten til å måle, var det kritiske argumentet at det ikke var mulig å legge sammen to sensasjoner på samme måte som man kunne plassere to lengder etter hverandre eller to vekter i den samme vektskåla. Den eneste veien for å møte denne innsigelsen var å vise at psykologer hadde andre operasjoner som kunne beskrives like objektivt som de for lengde og vekt. Dette skulle gi de subjektive skalaene alle de ønskelige egenskapene som basis skalaene i fysikken. For å underbygge dette krevdes det at han var nødt til å forstå nøyaktig sammenhengen i fysikken mellom måleoperasjonene og egenskapene til den resulterende skala. Han måtte skolere seg hos fremragende fysikere. Stevens problem var å gjøre eksplisitt de forskjellige reglene for å tilskrive tall, strukturere de resulterende skalaene og de statistiske operasjonene som var mulig å utføre på hver skalatype. Han la fram foreløpige resultat av arbeidet ved en "Congress

Figuren (Stevens 1975) viser sammenhengen mellom hørestyrken på forskjellige typer hørselstap og normal hørsel målt ved hjelp av vibrasjoner på en finger (krysset modalitet). Denne type figur (riktignok målt ved andre metoder) brukes mye i audiologien for å forklare forskjeller mellom hørselstap. Kunnskap om disse forskjellene er helt vesentlig ved tilpasning av høreapparat. Det viser seg at ved mekanisk hørselstap (skaden er i ytre- eller mellom-øret, på figur: "conductive loss")

for the Unity of Science” i 1939, men hadde ennå ikke nådd målet helt. Han fant løsningen ved at han så for seg at det eksisterer et hierarki av skalaer som defineres ved de matematiske transformasjoner som gjør skalaformen invariant. Etter matematiske konsultasjoner la han fram sitt arbeide i 1940 og ved den neste ”Congress for the Unity of Science” i 1941. Han foreslo navnene *nominal*, *ordinal*, *intervall* og *ratio* for skalaene som han innførte (Miller 1975) Egenskapene til de forskjellige skalaene går fram av tabellen under.

	nominal	ordinal	intervall	forholdstall (ratio)
klassifiserer objektene i gjensidige ekskluderende datakategorier	x	x	x	x
logisk ordnet		x	x	x
ikke fast avstand mellom alle nivåer av variabelen		x		
differanser mellom nivåer på enhver del av skalaen viser like forskjeller (dvs. like enheter)			x	x
0 er bare et punkt på skalaen			x	
0 viser fravær av det som karakteriseres				x
eksempel	kjønn, øyefarve	preferanse lister, rangerings lister	temperatur celsius, kalender tid	de fleste fysiske størrelser som lengde, vekt, antall, alder

Denne inndelingen er nå blitt en standard. Mange forfattere bruker den uten at de er klar over opprinnelsen til den.

Avslutning

Latour bruker i boka *Science in Action* begrepet svart boks (Latour 1987). Han beskriver det først ut fra hvordan kybernetikere anvender dette begrepet når noe maskineri eller ett sett med instruksjoner er for kompleks. Da tegner de en svart boks rundet det de ikke trenger å vite noe om annet enn input og output. Denne beskrivelsen av svart boks samsvarer med psykoakustikkens beskrivelse som jeg omtaler i starten av essayet.

Han definerer også svart boks som noe som inneholder et veletablert faktum eller et uproblematisk objekt. Så han skiller ikke mellom det som blir kalt vitenskapelige faktum og det som kalles tekniske objekt eller artefakt. Med å unngå dette tradisjonelle skillet mener han at han unngår en del kontroverser som gjør det vanskelig å vurdere hvordan vitenskapen fungerer. Problemene til de som konstruerer faktum er de samme som for de som vil bygge objekter: hvordan overbevise andre, hvordan kontrollere deres oppførsel, hvordan få spredd sine påstander eller objekter ut i tid og rom. I begge tilfellene er det de andre som har makten til å transformere påstander eller objekter til en holdbar helhet.

Jeg har prøvd å åpne opp den svarte boksen som omgir oppveksten av psykofysikken, for å få innblikk i miljøet og ståstedet for noen av de viktige aktørene. Men det er jo umulig å få en helhetlig og nøyaktig oversikt over alle prosesser og aktører underveis i en slik fagutvikling. Derfor blir beskrivelsen historisk, men etter min mening spennende å gå inn i.

For å vurdere betydningen av arbeidet må vi i tillegg anvende Latours første prinsipp:

Skjebnen til fakta og maskiner er i de senere brukeres hender; deres kvaliteter er derfor en konsekvens, ikke en årsak av en kollektiv handling.

Hvis vi bare skulle dømme arbeidet til våre psykofysikere ut fra størrelsen på institusjonene som idag arbeider med psykofysikk eller eksperimentell psykologi, så blir man ikke så voldsomt imponert. Selv om det internasjonalt finnes en del aktivitet. Men vi kan prøve å sette opp noen punkter for å vise at arbeidet til våre psykofysikere har fått konsekvenser:

- Psykofysikken er en liten disiplin, men både Webers, Fechners og Stevens' lover anvendes fortsatt. Riktignok beskrives ofte avvik fra dem. Dermed har de en stor nytteverdi, man har noen enkle modeller for hva men forventer og så må man prøve å finne forklaringer på evt. avvik.
- Fechners lov la grunn til desibelskalaen som er anvendt til lydmålinger og mange andre målinger.
- De psykofysiske metodene som Fechner utviklet la grunnlaget for mange tester som i dag anvendes både innen audiologi og andre fagområder.
- Nominal, ordinal, intervall og ratio skalaene til Stevens er godt innarbeidet.

Dette er bare noen enkelte eksempler på at alt arbeidet disse pionerene gjorde har satt spor. De har utviklet noen svarte bokser som ettertiden har stor nytte av!

Litteratur

Baird, J. C. og Noma, E. (1977): Fundamentals of Scaling and Psychophysics, John Wiley and Sons, New York

Békésy, G.v (1960): Experiments in Hearing, New York, McGraw-Hill

Fechner, G. T. (1860): Elemente de Psychophysik, Breitkopf & Härtel, Leipzig
[elektronisk versjon hentet 290503 <http://gutenberg.spiegel.de/fechner/start.htm>]

Gibson, J. J. (1966): The Senses Considered as Perceptual Systems, Greenwood Press, Publishers, Westport, Connecticut

<http://frank.mtsu.edu/~pyskip/splec1.htm> hentet 310197, denne er ikke lenger tilgjengelig men det finnes noen versjoner på The Internet Archive, Wayback Machine:
[<http://www.archive.org/> hentet 290503]

Lakoff, G. og Johnson, M. (1999): Philosophy in the Flesh: The Embodied Mind and Its Challenge to Western Thought, Basic books

Latour, B. (1987): Science in Action, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts

Miller, G. A. (1975): Biographical memoirs, V. 47, National Academy of Science, Washington, pp. 424-459.

Smith, A. (2003): [elektronisk versjon hentet 290503
<http://www.frostburg.edu/dept/psyc/mbradley/psyography/fechner.html>]

Stevens, S. S. (1975): Psychophysics. Introduction to its Perceptual, Neural and Social Prospects, John Wiley and Sons, New York

Titchener, E. B. (1923): Experimental Psychology. A Manual of Laboratory Practice. Volume II, Part II, The Macmillan Company

Watson, Sr., R.I. (1978): The great psychologists. (4th edition). New York: J.B. Lippincott Co.

Wundt, W. (1920): Erlebtes und Erkanntes, [elektronisk versjon hentet 280503
<http://gutenberg.spiegel.de/wundt/erlebtes/inhalt.htm>]

Zwislocki, J.J. (2002): Auditory Sound Transmission, An Autobiographical Perspective, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey

bilder og figurer fra:

Baird, J. C. og Noma, E. (1977): Fundamentals of Scaling and Psychophysics, John Wiley and Sons, New York

<http://www.uni-leipzig.de/~psy/eng/weber-e.html> hentet 290503

<http://members.iinet.net.au/~trevorm/Fechner.html> hentet 290503

<http://serendip.brynmawr.edu/Mind/Consciousness.html> hentet 100104

Stevens, S. S. (1975): Psychophysics. Introduction to its Perceptual, Neural and Social Prospects, John Wiley and Sons, New York

Titchener E. B. (1898): A Psychological Laboratory, Mind, 7, 311-331 [elektronisk versjon hentet 100104 <http://psychclassics.yorku.ca/Titchener/lab.htm>]