

WHITEPAPER

# Standardisering for lyd, lydopfattelse og akustik

Af Per Thåstrup Jensen, Senior Technology Specialist, FORCE Technology



# Indhold

1	Forord .....	3
2	Resumé .....	3
3	Standardiseringsaktiviteter for lyd.....	4
4	Interessenter, myndigheder og standardiseringsparter .....	6
5	Akustisk støj .....	8
6	Høreapparater og hørehjælpemidler .....	16
7	Lydopfattelse, SenseLab.....	19
8	Vidensfora .....	23
9	FORCE Technology participation in standardisation .....	24

# 1 Forord

Denne rapport er udarbejdet som del af resultatkontrakten "Værdi igennem standarder og måleteknisk infrastruktur". Projektet støtter deltagelse i standardiseringsaktiviteter på en lang række af FORCE Technologys faglige områder, og dækker discipliner som eksempelvis lyd, akustisk støj, elektrisk test og godkendelse, svejseprocesser, kvalitet af vand og luft, 3D print, cybersecurity og kvalitetsstyring.

Denne rapport fokuserer på den aktuelle tilstand i standardiseringen af lydopfattelse, elektroakustik, bygningsakustik og akustisk støj.

Projektet er støttet af Uddannelses- og Forskningsstyrelsen under Uddannelses- og Forskningsministeriet.

→ [bedreinnovation.dk/indsatsomrader/vaerdi-igennem-standarder-og-maleteknisk-infrastruktur/](https://bedreinnovation.dk/indsatsomrader/vaerdi-igennem-standarder-og-maleteknisk-infrastruktur/)

## 2 Resumé

Fagområdet er "lyd". Whitepaperet kommer ind på rigtig mange aspekter af fænomenet og området vekselvirker med mange interessenter.

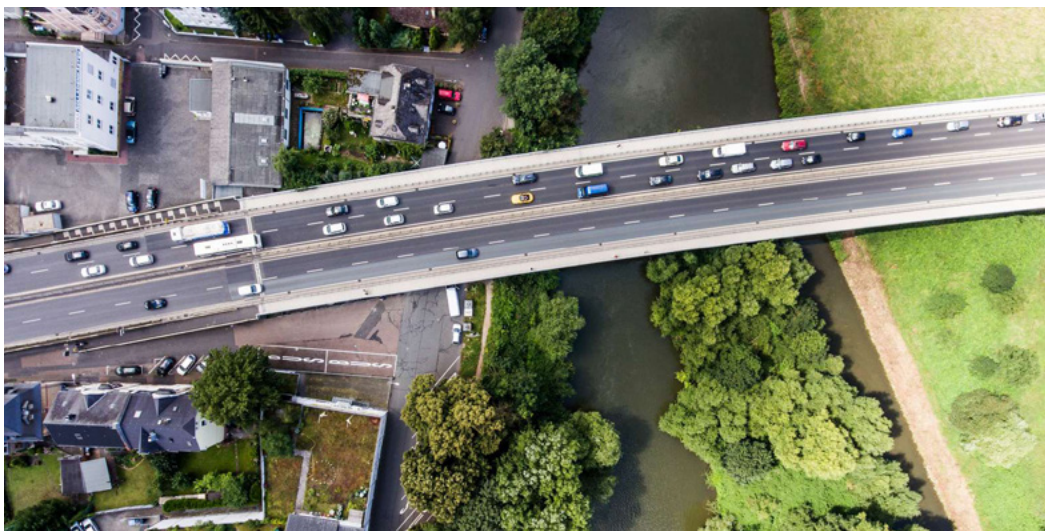
Der er berøring med opfattelse af lyd i form af både positiv oplevelse af lyd (hørerehabilitering, akustisk regulering af fx byggeri og optimering af lyd-codecs til elektronisk transmission) og uønsket støj fra fx industriinstallationer, vindmøller og transportveje.

Kontaktflader og interessenter for lydområdet er omfattende. De spænder fra myndigheder, styrelser og offentlige institutioner over store industrivirksomheder i Danmark og udlandet til laboratoriedrift og international standardisering af målemetoder og anvendelse af software.

FORCE Technology er akkrediteret til at udføre akustisk prøvning. Metodelisten omfatter 275 aktive standarder, der benyttes i det tekniske arbejde.

Standarderne er med i alle områderne, og er ofte det faste holdepunkt, der binder den enkelte støj- eller lydmåling fast til internationale normer og sporbarhed. Det gør det muligt at reproducere måleresultater i sammenligning med testlaboratorier verden over. Deltagelse i standardisering giver derudover en bred kontaktflade og sikrer, at dansk industri har tilgang til og medindflydelse på internationalt anerkendt viden på det akustiske område.

# 3 Standardiseringsaktiviteter for lyd



---

## 3.1 Standarders anvendelse

Lyd, støj, akustik og lydopfattelse er eksempler på menneskets interaktion med hørbare signaler båret gennem luften, og som oftest opfattet med menneskets høresans. Afhængig af konteksten opfattes et signal måske som lyd eller akustisk kommunikation - eller som uønsket støj, der kunne undværes.

Hvad angår den akustisk dæmpende virkning af fx døre, vinduer eller vægge, så kan de karakteriseres, uden at det menneskelige øre anvendes ved evalueringen. Målinger og resultater er tæt relateret til den måde, mennesket opfatter lyd eller støj på.

Målinger og standarder kommer også ind i billedet, når lyd i form af tale overføres elektronisk via trådløs radiotransmission. Transmission og kodning bliver til stadighed udviklet til fordel for endnu mere effektive algoritmer, der kan spare båndbredde og sendeeffekt, eller som psykoakustisk giver den bedste oplevelse af den samlede og kodede lyd efter transmissionen.

I alle tilfælde udvikles hele tiden nye standarder, der benyttes til at udbrede en fælles opfattelse og forståelse af lyden og dens egenskaber. Karakteriseringen af lyd behandles i internationale standardiseringsfora, og stærke industrielle spillere arbejder både indenfor disse organisationer samt i industriorganisationer, der konstant tilpasser fokus til nye teknologier eller tekniske mål for brug af lyd og lydsignaler.

På den regulatoriske side anvender myndigheder og akkrediteringsorganisationer standarder til at formulere og fastholde krav til testlaboratorier verden over, så test kan udføres globalt og med god overensstemmelse mellem landenes laboratorier. Det er vigtigt for at kunne understøtte nationale love, direktiver eller internationalt anerkendte krav.

Dette dokument beskriver de forskellige aspekter af lyd og lydopfattelse og disse parametres møde med krav, standarder og industriinteresser.

---

## 3.2 Udvalgte trends

Det fremgår af denne rapport, at der er rigtig mange tekniske aspekter af måling, digitalisering og transmission/lagring af digitale lydsignaler. Det er ikke nødvendigvis de tekniske fremskridt, der har den største indflydelse på anvendelsen af standarder og lyd. Fx er måling af vindmøllestøj ikke ekstremt teknisk krævende, men standardiseringsarbejdets interaktion med nationale og globale retningslinjer og lovkrav til vindmøller har stor indflydelse på mulighederne for grøn omstilling og udbredelse af vindenergi. Her har standarderne en stor opgave at løse med understøttelse af målemetoder og grænseværdier, der kan accepteres og anvendes som lovgrundlag for støj fra vindmølleparker. I det globale marked for vedvarende energi er internationalt anerkendte standarder afgørende.

De teknisk mest "avancerede" trends fokuserer på radiotransmission af lydsignaler, fx til anvendelse i personlige hørehjælpemidler. Her transmitteres lyd som radiosignaler mellem høreapparater/hovedtelefoner i ørerne og måske andre enheder, der bæres på kroppen. Igen er standarderne essentielle, men ikke blot hvad angår den digitaliserede lyd. Aspekter som strømforbrug, radio-rækkevidde, brug af båndbredde i radiospektret, globale muligheder for radiogodkendelse og endelig oplevet lyd kvalitet har alle stor betydning for udviklingen af de bedst mulige audioprodukter. Med standarderne på plads vil specialiserede varianter af fx Bluetooth Low Energy (BLE) kunne erstatte "analoge broadcast-tjenester", som fx teleslynger, på offentlige steder.

En anden fremtrædende trend er, at produkterne bliver mere komplekse og fleksible, så alene funktionstest bliver mere kompliceret. Dels er alle de nye funktioner måske ikke understøttet af standarder endnu, dels optræder der så mange funktionaliteter, at test ikke kan udføres med testobjektet i hver eneste mulig mode. Samtidig bliver flere modes adaptive, så de tilpasser sig det lyttemønster, som brugeren befinder sig i. Endelig arbejdes der indenfor hørerehabiliteringen mere med "bone conduction", hvor lyd ikke kun sendes videre til trommehinden i øret, men i stedet sendes til knoglestrukturer i det indre øre. Denne teknik anvendes i dag og behøver yderligere understøtning fra teststandarder.

Standarderne forsøges tilpasset til at håndtere og kvantificere ny funktionalitet, så der stadig kan udføres retvisende test af fx indflydelse fra elektriske forstyrrelser fra brugsmiljøet. Der er dog en meget lang behandlingstid (for visse områder op mod 10 år) ved udvikling af standarder. Det betyder ofte, at helt nye tekniske trends først inddrages i standarder, når (og hvis) de manifesterer sig som "industristandarder". Det hænger sammen med, at der skal præsenteres evidens for, at de nye metoder vil give brugbare resultater, og denne "hønen-ægget-problemstilling" kan betyde, at nye testmetoder og principper enten kommer meget sent ind i standarder eller måske blokeres helt, fordi de allerede er ved at blive fortrængt af endnu nyere metoder og teknologier. Patenterede eller IP (Intellectual Property)-belagte metoder kan og må ikke inkluderes i standarder, da de giver enkeltproducenter af testudstyr en urimelig teknisk fordel på markedet. Dette er blevet indskærpet i fx IEC og CENELEC, hvor hvert standardiseringsmøde i dag skal begynde med en deklaration af, om nogen har tænkt sig at gøre IP gældende for inputs, de medbringer til mødet.

Organisationen 3GPP forventes at begynde specifikationsarbejde med helt nye codecs indenfor de kommende 1-2 år. Nye codecs vil behøve nye og opgraderede testkapabiliteter på både elektriske test og lyttetest.

→ [3GPPs work plan kan findes her: www.3gpp.org/ftp/Information/WORK\\_PLAN/](http://www.3gpp.org/ftp/Information/WORK_PLAN/)

Også organisationen MPEG forventes at videreudvikle codecs indenfor de kommende 1-3 år.

→ [Link til MPEG work programme: www.mpegstandards.org/](http://www.mpegstandards.org/)

Kunstig intelligens (AI) forventes at blive en større del af både udviklingen og testarbejdet med fremtidige kommunikationsprodukter. De bliver meget mere komplekse i funktion, formentlig mere og mere adaptive overfor brugsmønstret og dermed også voldsomt komplekse at teste. Her forventes AI at kunne bidrage med værktøjer til at kunne overskue, udvælge og teste relevant funktionalitet.

# 4 Interessenter, myndigheder og standardiseringsparter

---

## 4.1 Organisationer og forkortelser

IEC	International Electrotechnical Commission
IECEE	IEC System of Conformity Assessment Schemes for Electrotechnical Equipment and Components
IECRE	IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications
MPEG	En arbejdsgruppe under IEC. Organisationen arbejder under ISO/IEC som joint komité/ arbejdsgruppe JTC1 under IEC SC29. <a href="http://www.mpegstandards.org/structure/">www.mpegstandards.org/structure/</a>
ITU	International Telecommunication Union, som hører under FN (UN) (ITU-T, Telecommunication Standardization Sector) (ITU-R, Radiocommunication Sector) (ITU-D, Telecommunication Development Sector)
3GPP	International industrisammenslutning af organisationerne ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA og TTC, der har som opgave at vedligeholde 3G cellulær kommunikation (især trådløs, men også trådet kommunikation). <a href="http://www.3gpp.org/about-3gpp/partners">www.3gpp.org/about-3gpp/partners</a>
ISO	International Organization for Standardization
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	Oprindelig American Society for Testing and Materials, nu bare ASTM
EA	European Accreditation
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
EHIMA	European Hearing Instrument Manufacturers Association
3GPP	3rd Generation Partnership Project. Samarbejdsprojekt om telekommunikationsprotokoller så som 3G, 4G, GSM, GPRS, EDGE, UMTS, LTE, 5G. (ETSI (Europa og resten af verden), ATIS (USA), ARIB and TTC (Japan), TTA (Sydkorea), CCSA (Kina) og TSDSI (Indien))
CEN	European Committee for Standardization
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
DS	Dansk Standard
DANAK	Den danske akkrediteringsfond
ENBRI	European Network of Building Research Institutes
EAA	European Acoustics Association
MST	Miljøstyrelsen
SBST	Social- og boligstyrelsen
SIK	Sikkerhedsstyrelsen
SST	Sundhedsstyrelsen
LMST	Lægemiddelstyrelsen
TBST	Trafikstyrelsen
DHI	Deutsche Hörgeräte Institut
BUILD	Institut for byggeri, by og miljø på Aalborg Universitet (Tidligere SBi)



---

## 4.2 Interessenter

Aktiviteter relateret til teknisk standardisering for lyd, lydmåling og akustik har for FORCE Technology berøring med ikke blot kommercielle industrikunder, men også kommuner og styrelser (se Myndigheder nedenfor), samt vidensinstitutioner og universiteter.

Især bygningsakustik fylder meget i aktiviteterne, men også maskinstøj, støj fra vindmøller og støj fra virksomheder og køretøjer er vigtige områder, vi følger med i.

Danske virksomheder er verdensledende hvad angår høreapparater, og de danske producenter har en stor og betydningsfuld rolle i den internationale standardisering. Også den internationale interesseorganisation EHIMA indgår i kredsen af interessenter på det akustiske område.

Standarder bringes i spil som grundlaget for både målinger og uddannelsesgrundlag for personcertificering af akustikere, der udfører "miljømåling" i form af målinger af ekstern støj og trafikstøj på opdrag fra kommuner eller myndigheder.

Dansk akkreditering (DANAK) er central som ansvarlig for udstedelsen af akkreditering 100 (akustik, støj og vibrationer) samt akkreditering 19 hvad angår test af høreapparater.

---

## 4.3 Myndigheder

FORCE Technology samarbejder med og opererer under en lang række af danske myndigheder og styrelser indenfor det akustiske område, bl.a.:

- Sikkerhedsstyrelsen
- Miljøstyrelsen
- Trafikstyrelsen
- Social- og boligstyrelsen
- Vejdirektoratet
- Lægemiddelstyrelsen
- Sundhedsstyrelsen
- Sundhedsdatastyrelsen
- Indenrigs- og sundhedsministeriet
- Uddannelses- og Forskningsstyrelsen
- Danske Regioner

---

## 4.4 Standardiseringsparter

Dansk Standard er det centrale kontaktpunkt for den tekniske standardisering via ISO, IEC, CEN og CENELEC. Organisationen ITU har danske styrelser og ministerier som medlemmer: SDFI - Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur samt Energistyrelsen (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet).

Standarderne fra de nævnte organisationer samt fra amerikanske ANSI kan naturligvis købes og benyttes uafhængigt af medlemskab af organisationerne. I så fald opnås ingen indflydelse på det tekniske indhold, og det kan være sværere at få indsigt i fortolkninger og begrebshåndtering i standardernes indhold.

# 5 Akustisk støj



Fagområdet akustik, støj og vibrationer er et bredt område, der generelt kan klassificeres som omfattende alt, hvor man som person kan udsættes for lyd og/eller vibrationer, der potentielt kan være generende/skadelige. Afdelingen i FORCE Technology med dette fokus har rødder helt tilbage til 1941 med opstarten af Lydteknisk Institut.

Området opdeles typisk i følgende kategorier:

**1. Miljøstøj eller 'støj i det eksterne miljø'**

Kategorien dækker principielt også punkt 2 og 3 nedenfor, men det er valgt at give dem hvert sin kategori, da disse fylder meget. Generelt dækker kategorien alle støjkilder, som man potentielt kan være generet af støj fra.

**2. Støj fra vedvarende energi**

Principielt en underkategori af punkt 1, men vedvarende energi har et stort fokus i Danmark og for FORCE Technology, og den får derfor sin egen kategori.

**3. Støj fra infrastruktur**

Principielt en underkategori af punkt 1.

**4. Bygningsakustik**

**5. Maskinakustik**

Brug af de internationale standarder er specielt afgørende for opgaver, der arbejder mod det globale marked (fx vindmølleindustrien), mens nationale bestemmelser (fra fx kommuner eller Miljøstyrelsen) er relevante for aktiviteter, der kun foregår indenfor landets grænser.

→ <https://forcetechnology.com/da/ydelser/akustik-stoej-lydkvalitet>



---

## 5.1 Støjmålinger og genevirkning

Støj i det eksterne miljø er en stor aktivitet indenfor det akustiske område. Den danske tilgang til denne type opgave er typisk at måle støjen tæt på støjkilden (en såkaldt 'kildestyrkemåling'), hvorefter dataene indsættes i en digital 3D-model og støjniveauet ved relevante naboer bestemmes. Metodikken har mange fordele, bl.a. er målingerne tæt på støjkilden mindre følsomme for vejret og for forstyrrende baggrundsstøj. Med en digital 3D-model kan man arbejde med tidshistorik og dæmpende foranstaltninger, og det er enkelt at finde ud af hvilke delkilder, der er problematiske, og som kan dæmpes. En ny kildestyrkemåling kan derefter udføres på netop denne ene kilde, uden at man skal gentage alle øvrige målinger.

Til tider giver det også mening at måle støjen (eller karakteristika i støjen) ved relevante naboer. Det gør man som oftest, hvis afstanden mellem støjkilde og nabo er meget kort, eller hvis det skal vurderes, om støjen indeholder toner eller impulser.

Målingerne må foretages under repræsentative driftsforhold for støjkilden. Støj fra vindmøller måles fx ved nogle bestemte vindhastigheder. Støj fra rutsjebaner i forlystelsesparker kan ikke måles, hvis der er for koldt, da rutsjebanerne så ikke kan køre. Støj fra kraftværker skal måles, når værket kører på fuld kraft. Generelt skal målingerne foretages under repræsentative forhold, både i forhold til meteorologi og i forhold til drift af støjkilden. Måleudstyret skal være egnet til at måle under relevante vejrforhold, og det personale, der udfører målingerne, skal være uddannet til at kunne vurdere og minimere den uundgåelige forstyrrende indflydelse fra omgivelser, vind og vejr.

Standardiseringsorganisationerne IEC og ISO har udgivet standarder for instrumentering, målemetoder og prøvning på det akustiske område. Lignende standarder udgives af CEN/CENELEC, og ANSI eller nationale myndigheder i lande udenfor Europa.

Måling af støjens genevirkning ved socioakustiske undersøgelser udføres efter en international standard. FORCE Technology har deltaget i opdatering af standarden og udført projekter med måling af genevirkningen af vejtrafikstøj med blandt andre Vejdirektoratet.

Lydvandring er en yderligere metode til bedømmelse af støj. Lydvandring kan udføres som beskrevet i specifikationen ISO/TS 12913, og FORCE Technology har udført lydvandring i forbindelse med flere projekter for kommuner og Vejdirektoratet.

---

## 5.2 Støj fra vedvarende energi

Vedvarende energi - specielt vindmøller - har et særligt fokus for FORCE Technology. I forhold til måling af akustisk støj er en vindmølle helt speciel, både på grund af den ofte store størrelse, og ikke mindst fordi operationen af møllen er afhængig af vindforholdene. Dermed afhænger også støjmålingerne af vindforholdene.

Måling af akustisk støj fra vindmøller er en afgørende parameter for kvalifikation og godkendelse af møllen eller den vindmøllepark, den indgår i. Mulige støjgener for nærtliggende beboelse i omgivelserne er en af de mest betydningsfulde parametre for mølleparkens opsætning. Derfor skal støjbilledet på forhånd vurderes med en undersøgelse af de mulige påvirkninger, der kan ske af omgivelsernes støjmiljø (en såkaldt VVM-undersøgelse). Danmark er et foregangsland, når det kommer til vindenergi. Det gælder også på støjområdet, hvor vi var et af de første lande i verden til at have særskilte regler for støj fra vindmøller, og hvor akustikafdelingen i FORCE Technology har været med hele vejen.

Efter at en vindmølle er opsat i Danmark udføres sædvanligvis en måling til kontrol af, at støjniveauet ikke er højere end oprindeligt estimeret. Målingen foretages sædvanligvis efter den danske metode BEK 135, alternativt efter den internationale standard IEC 61400-11, begge metoder er en såkaldt kildestyrkemåling. BEK 135 bygger på IEC 61400-11, der internationalt benyttes som testgrundlag for måling på vindmøller. Målingerne udføres akkrediteret og ved nøje beskrevne driftsforhold (vindhastigheder). Derudover er det væsentligt, at testpersonalet har erfaring med at måle "i marken". Der arbejdes nemlig under de tilgængelige praktiske forhold på målestedet, herunder vind, vejr samt muligvis maskiner, trafik og andre forhold på målestedet. Ved begge metoder måles kildestyrken af vindmøllen, hvorefter en digital 3D-model anvendes til at beregne støjniveauet ved relevante naboer.

→ <https://forcetechnology.com/da/tydelser/akustik-stoej-lydkvalitet/vindmoellestoej-raadgivning-maaling-stoej-vindmoeller>

---

## 5.3 Maskinakustik

Der er udviklet standarder for, hvordan støj fra en maskine skal måles. Hvis maskinen ikke er meget stor, så kan støjen måles i et laboratorium, hvor omgivelserne kan styres bedst muligt. De grundlæggende standarder for støj fra maskiner dækker to områder: måling af lydeffekt og måling af operatørstøjniveauer. Målingerne kan benyttes fx som dokumentation iht. Maskindirektivet (2006/42/EC) og til beregninger ift. ekstern støj eller arbejdsmiljø.

Lydeffekt måles i watt og kvantificerer den samlede akustiske energi udsendt fra fx en maskine. I modsætning til lydtrykniveau, der varierer med mikrofonplacering og omgivelser, er lydeffektniveau uafhængig af disse faktorer. Lydeffekten er derfor en objektiv målestok, som kan anvendes i forbindelse med produktcertificering. Den mest anvendte analogi er en radiator, som udsender varme. Placeres radiatoren i et rum, er den udstrålede varme den samme uanset rum (tilsvarende lydeffekt), hvorimod den målte temperatur afhænger af afstanden og rummet (lydtryk).

Til måling af lydeffekt findes en række standarder, som dækker både måling i laboratorie og in-situ.

ISO 3740-serien af standarder er baseret på beregning af lydeffekt ud fra måling af lydtrykniveauer. Tilsvarende findes ISO 9614-serien om måling af lydeffekt ved brug af lydintensitet. Denne målemetode er mere robust over for baggrundsstøj, og kan derfor være specielt anvendelig til in-situ målinger, men målemetoden er også omstændelig og tidskrævende hvis der skal måles på flere kilder eller driftscenarier. Standarderne er inddelt i præcisionsgrader (1, 2 og 3) også kendt som præcisionsmetode, teknikermetode og overslagsmetode. De grundlæggende forskelle i graden af præcision skyldes usikkerheden af målingen.

Er det ikke muligt at bestemme lydeffektniveauet ved brug af ovennævnte metoder, findes der standarder, hvor lydeffekten for en maskine kan måles med vibrationsmålinger på maskinen.

Til måling af operatørstøjniveauer (det vil sige den støj som en maskinoperatør eller arbejder oplever under daglig betjening) findes ligeledes en række standarder, som dækker både måling i laboratorium og in-situ.

Det testudstyr, der benyttes til målinger, er i store træk identisk med det, der anvendes til at måle ekstern støj, dvs. en klasse 1-lydtrykmåler iht. IEC 61672-1. Det er dog i mange tilfælde fordelagtigt at benytte et multikanalsystem med flere mikrofoner, da lyden skal måles i mange punkter. Simultane målinger er her også med til at nedbringe usikkerheden af målingen.

→ <https://forcetechnology.com/da/tydelser/test-af-produkter-og-strukturer/vibrationer-maskinstoej-test-dokumentation-maaling>

---

## 5.4 Lyd og akustik i bygninger

Op imod 90 % af døgnets timer tilbringer vi indendørs. Af den grund er det akustiske indeklima en afgørende parameter for bygningers brugsværdi og komfort, uanset om det drejer sig om fx boliger, erhverv, institutioner eller kulturbygninger.

Fagområdet er typisk delt op i følgende 4 undergrupper:

### Luftlydisolation (dvs. hvor godt bygningsdele dæmper mod lyd)

Eksempler:

- Et vindue, der dæmper lyd udefra
- En væg mellem boligenheder

### Strukturbåren lyd / trinlyd (dvs. hvor godt bygningen dæmper mod fysisk påvirkning)

Eksempler:

- Et etagedæk, der dæmper lyden af en person, der går rundt
- Et træningscenter i samme bygning, hvor der fx tabes vægte

### Rumakustik (dvs. hvordan rummet er akustisk indreguleret)

Eksempler:

- En kirke, hvor man ønsker lang efterklangstid
- Et lydstudie, hvor man ønsker kort efterklangstid
- En skoleklasse, hvor man på den ene side ønsker en kort efterklangstid, da det minimerer støjen i klasseværelset, men på den anden side vil en for kort efterklangstid gøre det sværere for lærerens stemme at nå eleverne.
- Koncertsale, hvor én type musik fungerer bedst for én type rumakustik, og andre typer musik fungerer bedst for andre typer rumakustik.

For rumakustik anvendes derfor flere forskellige parametre.

### Installationsstøj (dvs. støjniveauet af mekaniske installationer i bygningen, som ventilationssystemer, elevatorer og toiletter.)

Der er desuden forskellige krav alt efter bygningens/rummets funktion:

- Gene (støjen skal ikke kunne høres, lav efterklangstid)
- Fortrolighed (informationer skal ikke kunne overhøres)
- Performance (undervisning/scenekunst)

For bygningsdelene vil man typisk dokumentere de akustiske egenskaber i bygningsakustiske laboratorier, hvor man kan måle med høj præcision.

Denne type målinger benytter standardiserede påvirkninger med lyd eller mekanisk påvirkning (fx på den ene side af en væg eller et vindue) og samtidig måling af det transmitterede lydtryk på den anden side af vinduet eller væggen. For at undgå indflydelse fra omgivelserne, og for at lyden ikke blot transmitteres "rundt om" siderne på et vindue, indbygges vinduet i en væg med dobbeltkonstruktion, der er forberedt til formålet. Transmissionsmålerummene består derfor af mindst 2 sammenhørende laboratorier (rum) med en dobbelt væg, hvor testemnet kan monteres. FORCE Technology råder over flere sådanne faciliteter og har yderligere samarbejde om adgang til laboratorier hos kunder og hos universiteterne.

Et andet eksempel er måling af lydabsorption (hvor meget lyd fx et lydabsorberende loft kan absorbere). Denne måling foretages i et meget lydhardt rum, dvs. et rum med en tilsigtet meget lang efterklangstid. Her måles forskellen i absorption med og uden testemnet.

Tilsvarende målinger udføres i byggeriet, som oftest som kontrol. Metoderne er overordnet de samme, men da man ikke har samme kontrol over målebetingelserne, er resultatet sædvanligvis mere upræcist. Af samme årsager er det sædvanligvis bygningsdele, der måles på i laboratoriet, mens der i et byggeri måles på hele byggeriet (eller fx en hel væg).

Målemetoderne for bygningsakustiske målinger er beskrevet i standarder udgivet af ISO eller CEN.

Byggemetoder og behov ændrer sig løbende, og tilsvarende er der løbende behov for opdaterede regler og målemetoder. Eksempelvis er det blevet meget populært med storrumskontorer, hvilket har skabt et behov for små mødebokse/aflukker, hvor man kan holde møder eller sidde i samtale uden at genere sine kollegaer. Producenterne har derfor brug for at kunne dokumentere, hvor godt mødebokse dæmper lyd. En standard er derfor blevet udarbejdet, hvor FORCE Technology har deltaget i både standardiseringsarbejdet og i en tilhørende sammenlignende måling.

→ <https://forcetechnology.com/da/tydelser/akustik-stoej-lydkvalitet/lyd-akustik-bygning-raadgivning>

---

## 5.5 Sammenlignende målinger

Et af kravene for at være akkrediteret er jævnligt at deltage i sammenlignende målinger, der også kaldes "round robin test", "proficiency test" eller "interlaboratory comparisons". Uanset navnet handler det grundlæggende om, at et antal laboratorier (hvor "laboratorier" i denne sammenhæng dækker over deltagerne i de sammenlignende målinger) alle udfører den samme opgave, hvorefter resultaterne sammenlignes. Hovedformålet er at sikre kvaliteten af de deltagende laboratorier, men ofte er formålet i lige så høj grad at opnå ny viden. Sammenlignende målinger anvendes hyppigt som en del af standardiseringsprocessen for at teste nye eller reviderede standarder.

For nylig har FORCE Technology deltaget i revisionsarbejdet for standarden til laboratoriemåling af absorption, ISO 354. Her var et af målene for revisionsarbejdet at opnå mindre forskelle mellem resultaterne fra laboratorierne. I den forbindelse blev forsøgsvis indført nye krav til laboratorierne, som blev afprøvet i en sammenlignende måling, hvor FORCE Technology også deltog. Trods lovende resultater var der dog for stor uenighed om revisionen, og arbejdet er nu genstartet med udgangspunkt i en revision, hvor ændringerne til standarden er mindre.

I ENBRI-regi har FORCE Technology deltaget i en sammenlignende måling, hvor lydisoleringen af en 2 mm stålplade er blevet målt i standardformatet for ruder og vinduer, dvs. et hulmål på (b x h) på 1250 og 1500 mm. Det sekundære formål med denne øvelse har været at undersøge, om stålplader kan erstatte de skrøbelige referenceruder, man jævnligt skal kvalificere transmissionsmålerummene med i laboratoriet, når man skal måle ruders lydisolering.

---

## 5.6 Laboratorier

Ved at udføre målinger i et laboratorium, kan man opnå høj præcision og reproducerbarhed, da man i et laboratorium i meget høj grad kan kontrollere omstændighederne og mindske/undgå forstyrrelser. Dette er meget vigtigt for producenter, både i forhold til produktudvikling og til akkrediterede målinger.

FORCE Technology råder over flere typer laboratorier og har samarbejde om adgang til laboratorier hos kunder og universiteterne.

→ <https://forcetechnology.com/da/alle-faciliteter/akustik-stoj-lydkvalitet-faciliteter>

---

## 5.7 Digitalt simuleringsværktøj for lydudbredelse

Både i forbindelse med VVM-undersøgelser og ved kontrol af støjforholdene simuleres støjniveauet sædvanligvis ved relevante naboer. Ved VVM-undersøgelser og projektering anvendes data for kendte lignende støjklender som input til en støjmodel, der udover støjklendens data kan tilpasses med data fra topografiske forhold på opstillingsstedet. Ved kontrolmålinger anvendes i stedet målte kildestyrker til modellerne.

Modellerne kan udføre detaljerede beregninger af støjbelastning på baggrund af modeller for støjklende, terrænforhold og vind.

Der findes flere forskellige modeller alt efter problemstillingen, og hvad der i øvrigt foreskrives af myndighederne. Nogle modeller er simple, andre er komplekse. For ekstern støj i Danmark anvendes som oftest den fællesnordiske beregningsmodel 'General Prediction Method', der ligner den internationale beregningsmodel beskrevet i standarden ISO 9613-2. For støj fra vindmøller anvendes en simpel model beskrevet i BEK 135, der er en simplificeret version af Nord2000-modellen.

Nord2000-modellen er baseret på ray-tracing og er udviklet i et nordisk samarbejde mellem Danmark (FORCE Technology), Sverige og Norge frem til år 2001. Modellen benyttes specielt ved støj fra infrastruktur, men i større og større grad også ved støj fra vindmøller.

For trafikstøj giver modellen generelt mere nøjagtige resultater end målinger, da der er store variationer i støjklendernes styrke og støjens udbredelse. Dette gælder specielt for "Lden", som er årsmiddelværdien af støjniveauet under hensyntagen til meteorologiske variationer, og som benyttes til at karakterisere trafikstøj.

Nord2000-modellen er generelt accepteret og valideret over en årrække for både lavt og højt placerede kilder og for korte og lange afstande.

→ [Link til info om Nord2000: https://forcetechnology.com/da/innovation/afsluttede-projekter/nord2000-stoejberegningsmetode-auralisering](https://forcetechnology.com/da/innovation/afsluttede-projekter/nord2000-stoejberegningsmetode-auralisering)

---

## 5.8 Auralisering som værktøj

Talmæssig karakterisering af støj baseret på beregninger og simuleringer kan være vanskelig at forholde sig til for ikke-fagfolk. En auralisering gør det muligt at høre, hvordan planlagte udendørs lydklender som fx veje eller vindmøller vil komme til at lyde eller støje i forskellige landskaber - inden de er bygget. Auralisering kan således opfattes som en lydmæssig pendant til visualisering. FORCE Technology anvender en metode, der er udviklet til, at fx beboere og beslutningstagere kan få illustreret, hvordan støjniveauet vil være i en ikke-eksisterende situation.

Det foregår ved simpelthen at høre og opleve en simuleret gengivelse af støjen på den påtænkte position. Beregninger af støjen og den udbredelse, som ligger til grund for de auraliserede lyde, udføres med Nord2000. Den simulerede støj kan høres hvor som helst via en computer og i hovedtelefoner eller eller højttalere og hvor lydstyrken er kalibreret for at give den mest korrekte oplevelse.

→ [Link til info om auralisering: https://forcetechnology.com/da/artikler/auralisering-trafikstoej](https://forcetechnology.com/da/artikler/auralisering-trafikstoej)

---

## 5.9 Miljøstyrelsens referencelaboratorium

FORCE Technology har siden 1977 håndteret denne aktivitet, der opererer under Miljøstyrelsen, men er betjent af specialister fra FORCE Technology. Laboratoriefaciliteten har til opgave at være den højeste måletekniske sagkundskab indenfor akustisk måling, og udgiver orienteringer om måletekniske emner samt ændringer i retningslinjer.

Standarder for laboratorieaktivitet, måleudstyr og måleprocedurer udgør sammen med Miljøstyrelsens bekendtgørelser grundlaget for referencelaboratoriets aktiviteter.

Laboratoriet godkender derudover virksomheder, der kan udføre miljøvurderinger/VVM, ligesom det er ansvarligt for, at der afholdes sammenlignende støjmålinger.

→ [Referencelaboratoriet har sin egen hjemmeside: www.referencelaboratoriet.dk](http://www.referencelaboratoriet.dk)

---

## 5.10 Personcertificering af testpersonale

Enkeltpersoner kan som specialister i akustiske målinger blive certificeret til at udføre støjmålinger i feltet (on-site målinger) af samme type som FORCE Technology selv udfører. Certificeringsordningen er akkrediteret af DANAK (akkrediteringsnummer 3003) i henhold til ISO 17024. FORCE Technology udfører uddannelsen af specialisterne, og ved godkendelse fungerer certifikatet i op til 3 år ad gangen.

Der kan personcertificeres i henhold til:

- Bekendtgørelse nr. 2362 af 26/11/2021 ("Analysekvalitetsbekendtgørelsen")
- Udførelse af "Miljømåling - ekstern støj" og "Miljømåling - trafikstøj" inden for:
  - Ekstern industristøj
  - Trafikstøj (vej & jernbane)
  - Eksterne vibrationer
  - Kildestyrke af håndvåben (måling fra skydevåben, hvor støjen fra skud er underlagt begrænsninger).

→ [Retningslinje RL20/96: Kvalitetskrav til "Miljømåling - ekstern støj"/"Miljømåling - trafikstøj" kan downloades på www.referencelaboratoriet.dk.](http://www.referencelaboratoriet.dk)

---

## 5.11 Forskning og udviklingsprojekter

FORCE Technology deltager i en række forsknings- og udviklingsprojekter (FoU). Dermed kan vi fortsat stille den nyeste viden og de nyeste teknologier til rådighed for vores kunder og samfund.

For nyligt blev det tre-årige forskningsprojekt DecoWind afsluttet. Det forsker i at opnå størst mulig produceret elektrisk effekt fra en vindmølle indenfor de eksisterende støjgrænser for møllerne.

Projektet blev gennemført af et konsortium bestående af DTU Vindenergi, Siemens-Gamesa Renewable Energy, EMD International og FORCE Technology. Formålet var at udvikle et nyt værktøj til smart regulering af vindmøllestøj. Et stort fokus i projektet var lydudbredelse fra højtplacerede lydskilder (vindmøller) over både land og vand. Det har dels handlet om udvikling/videreudvikling af metoder, dels om validering af disse over store afstande. Desuden er genevirkningen som funktion af bl.a. støjniveau, vindretning og tidspunkt på dagen blevet undersøgt.

→ [Link til info: https://forcetechnology.com/da/innovation/afsluttede-projekter/decowind-smart-regulering-vindmoellestoej-vindenergi](https://forcetechnology.com/da/innovation/afsluttede-projekter/decowind-smart-regulering-vindmoellestoej-vindenergi)



To andre sammenhængende projekter, MetÅV og MetÅV2, undersøger, hvordan lydisoleringen af delvist åbne vinduer måles og dokumenteres mest korrekt. Nuværende standarder på området er nemlig formentlig primært tiltænkt lukkede vinduer. Projekterne har titlen "Optimeret målemetode for lydreduktion for delvist åbne vinduer". De er medfinansieret af Danish Sound Cluster og har 4 industripartnere: Outline Vinduer, Krone Vinduer, Living Better og Unik Funkis.

→ <https://danishsoundcluster.dk/optimeret-maalemetode-for-lydreduktion-for-delvist-aabne-vinduer-del-2>

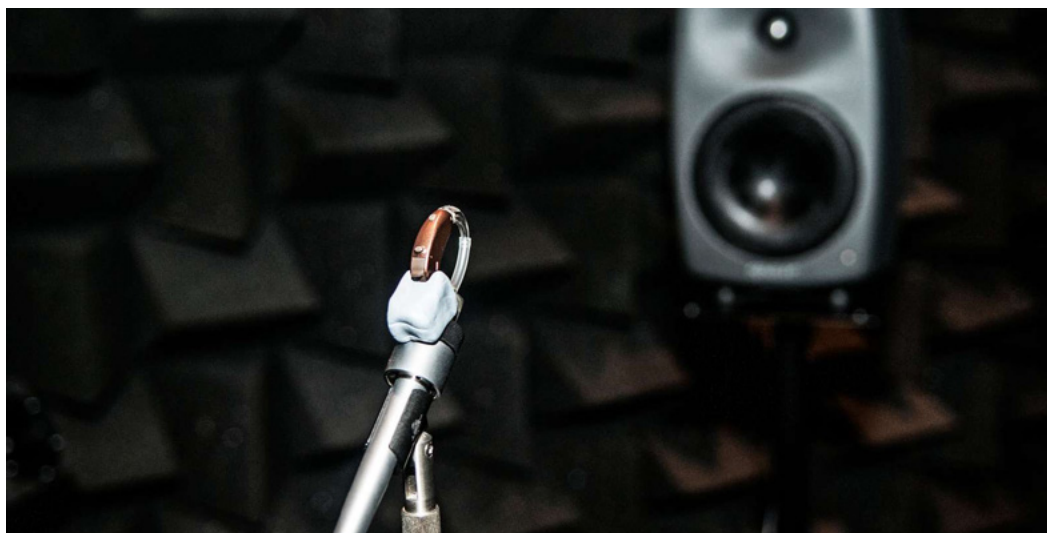
Støj- og luftforurening er af WHO udpeget som de miljøbelastninger, der er årsag til flest helbredsproblemer i form af nedsat livskvalitet, sygdom og for tidlig død.

I projektet "Industriens nationale lyd og luft LAB" understøttes de stigende behov for gode lyd- og luftmiljøer ved at udvikle og udbrede løsninger, der nedbringer sundhedsgener og fremmer livskvaliteten i:

- **boligmiljøer**, hvor op imod 90 % af døgnets timer tilbringes, og støj- og luftgener i bygningerne har betydning for trivsel og sundhed
- **arbejds miljøer**, hvor eksponering for sundhedsskadelig støj og luftforurening kan reduceres via smarte løsninger til monitorering, styring af processer og personlige værnemidler
- **det eksterne miljø**, hvor både design af løsninger som støjskærme og grøn by- og trafikplanlægning kan bidrage til at reducere gener forbundet med luft- og støjforurening.

→ <https://forcetechnology.com/da/innovation/projekter/10-lyd-stoej-luft-lab>

# 6 Høreapparater og hørehjælpemidler



---

## 6.1 Høj prioritet i sundhedsvæsenet

Danmark har stort fokus på afhjælpning af hørenedsættelse. I 1960'erne var Danmark foregangsland med hørerehabilitering i det offentlige sygehusvæsen, og siden år 2000 har det desuden været muligt at opnå offentlig støtte til anskaffelse af høreapparater ved private høreklinikker. Sundhedssystemets håndtering af behandling med høreapparater foregår under retningslinjer fra Sundhedsstyrelsen.

Danmark huser også nogle af verdens førende producenter af høreapparater, og det tekniske niveau af apparaterne er meget højt, også set i internationalt perspektiv.

Den høje prioritet har også haft indflydelse på standardisering, hvor Danmark gennem FORCE Technology i mere end 10 år har besiddet formandskabet i den tekniske komité IEC TC29. Dette gælder også for IEC TC29/WG13, hvor Danmark har beklædt Convenor-posten (formandsposten) gennem en årrække. De danske producenter af høreapparater deltager i standardiseringen, og har gennem egne produktudviklingsprogrammer været med til at drive udviklingen af nye og stadig mere omfattende standarder.

---

## 6.2 Danske laboratorieaktiviteter

Test og prøvning af høreapparater er i FORCE Technology samlet i laboratoriet i Odense. I moderne omgivelser midt i Odense Centrum er der indrettet test- og kontorfaciliteter til at håndtere de specialiserede test, der både omfatter lyd-mæssige karakteriseringer af høreapparaterne, elektromagnetiske påvirkninger og test af batterilevetid. Samtidig er kontoret centrum for en omfattende tilsynsvirksomhed med danske høreklinikker (se senere).

De lyddøde rum er centrum for de funktionelle afprøvninger af høreapparater. Apparaterne skal overholde en række akustiske krav, der udmåles i henhold til internationale standarder fra IEC. Her er det især serien af produktfamiliestandarder IEC 60118-x, der benyttes. Målingerne i forbindelse med test er blevet stadig mere omfattende, efterhånden som apparaterne nu indeholder den

”almindelige” akustisk forstærkende funktion men også induktive modtagefunktioner fra teleslynger og trådløs radiobaseret lydoverførsel fra telefoner, radiomodtagere og andre elektroniske kilder for lyd. Aktiviteterne er underlagt akkreditering og auditeres af DANAK.

Samme akkrediteringsomfang gælder test med elektromagnetiske forstyrrelser fra omgivelserne.

Danmark var meget tidligt ude med krav om, at høreapparater skal fungere uforstyrret, selv når en mobiltelefon holdes mod øret, og feltstyrken fra telefonen kan nå i nærheden af 100 V/m. Høreapparatet skal stadig kunne udføre sin funktion og være til hjælp for brugeren. Test i specialudformet GTEM-testcelle sikrer, at dette er muligt. Igen er det især standarder fra IEC 60118-x-familien, der benyttes, men også amerikanske ANSI-standarder anvendes af og til.

Testrapporter fra laboratoriet udgives elektronisk, er internationalt anerkendt på grund af DANAK/ILAC-akkrediteringen og overføres til kunder overalt i verden.

Høreapparaternes beskedne størrelse betyder, at det er muligt at huse også det elektromagnetiske testlaboratorium i små lokaler. Når der skal testes større produkter end bag-øret og i-øret-apparater, kan der trækkes på 10 m EMC-testkamre i Hørsholm og Aarhus.

---

## 6.3 Tilsynsaktiviteter

Den akustiske faglighed benyttes ikke alene i laboratoriet. Fagligheden kommer også i spil i form af formidling mod en stor brugergruppe: offentlige høreklivker. FORCE Technology er fagligt ansvarlig for korrekt uddannelse af personale, og har teknisk tilsyn med de mange klinikker, der formidler høreapparater til borgerne.

Aktiviteten er ikke udelukkende laboratorie- eller skrivebordsarbejde, men foregår i klinikkerne sammen med de enkelte klinikkers personale. En faglig FORCE Technology-medarbejder er til stede på klinikens adresse og udfører tilsyn og instruktion. Formålet er at sikre, at Danske Regioner benytter de økonomiske tilskudsmidler til høreomsorg for borgerne på et hørefagligt forsvarligt grundlag. Klinikernes støjforhold, procedurer, udstyr og uddannelse skal være velfungerende og opfylde visse fastlagte kvalitetskrav.

---

## 6.4 Standardisering

Standardiseringsaktiviteterne knyttet til høreapparater og elektroakustik omfatter blandt andet instrumentering til optagelse og gengivelse af lyd, dvs. mikrofoner, filtre, simulatorer for menneskelig mund, ører og torso, testsignaler og kalibreringsmetoder samt meget mere. Også audiometre (instrumenter der benyttes af audiologer til karakterisering af patienters høreevne/-tab) behandles af dedikerede og stærkt specialiserede tekniske standarder.

Et indtryk af aktiviteterne kan findes på websiderne nedenfor.

Udviklingen i de digitale funktioner i høreapparater foregår så hurtigt, at det er en udfordring at få standarderne til at passe til den nye funktionalitet. Høreapparater er i dag spækket med funktioner, der varetager lydopfattelse bedst muligt, men fx også sikrer trådløs kommunikation mellem apparaterne på begge sider af brugerens hoved. Det er vigtigt for optimal lydopfattelse af omgivelserne, og sikrer samtidig bedst mulig lyd fra elektroniske kilder som telefon, musik-/podcastafspiller og trådløse tjenester, der er på vej ind som afløser for de helt analoge teleslynger, der traditionelt har været installeret i kirker og i visse offentlige og private bygninger. Teleslyngernes signal er ofte forstyrret af mange andre magnetiske signaler fra lys, ventilation og andet elektrisk og elektronisk udstyr. Dette undgås med radiobaserede trådløse services, der til gengæld må deles om begrænset tilgængelig radio-båndbredde.

- Dansk standard S-529 Elektroakustik: [www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/maskiner-og-mekanik/elektroakustik](http://www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/maskiner-og-mekanik/elektroakustik)
- Dansk standard S-115 Akustik: [www.ds.dk/S-115](http://www.ds.dk/S-115)
- CEN/TC126 Road equipment:  
[https://standards.cencenelec.eu/dyn/www/f?p=205:7:0:::FSP\\_ORG\\_ID:6207&cs=124A9BE-E92C906ABC673BDC11003E215D](https://standards.cencenelec.eu/dyn/www/f?p=205:7:0:::FSP_ORG_ID:6207&cs=124A9BE-E92C906ABC673BDC11003E215D)
- CEN/TC126 Acoustic properties of building elements and of buildings:  
[https://standards.cencenelec.eu/dyn/www/f?p=205:7:0:::FSP\\_ORG\\_ID:6108&cs=1B7544D-491D93C3697D803000FBC8C8A1](https://standards.cencenelec.eu/dyn/www/f?p=205:7:0:::FSP_ORG_ID:6108&cs=1B7544D-491D93C3697D803000FBC8C8A1)
- IEC: TC88 Wind Energy Generation Systems:  
[www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:7:0:::FSP\\_ORG\\_ID:1282](http://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:7:0:::FSP_ORG_ID:1282)
- IEC: TC29: Electroacoustics: <https://tc29.iec.ch/>
- ISO: General website: [www.iso.org/home.html](http://www.iso.org/home.html)  
Acoustics: [www.iso.org/committee/48458.html](http://www.iso.org/committee/48458.html)
- Eksempel på sensoriske test: [www.iso.org/standard/76666.html](http://www.iso.org/standard/76666.html)
- ITU/R (Radiokommunikation): [www.itu.int/en/ITU-R/information/Pages/default.aspx](http://www.itu.int/en/ITU-R/information/Pages/default.aspx)
- ITU/T (Telekommunikation): [www.itu.int/en/ITU-T/Pages/default.aspx](http://www.itu.int/en/ITU-T/Pages/default.aspx)

---

## 6.5 Forskning og nye standarder

Forsknings Samarbejdet BEAR mellem FORCE Technology, danske universiteter, universitetshospitaler og danske producenter af høreapparater har som vision at forbedre hørerehabiliteringen, både i Danmark og resten af verden. Det skal ske gennem evidensbaseret forbedring og tilpasning af klinisk praksis for hørerehabilitering og behandling af nedsat hørelse.

Gennem 8 delaktiviteter har projektet siden 2016 arbejdet med at opbygge en centraliseret database, der indeholder data for en række tilfælde af høretabslidelser, dokumentationen for disse samt erfaringerne fra kliniske undersøgelser gennem en række behandlingstiltag. Dette skal danne grundlag for analyse af de behandlingstiltag, der udføres som forskningsarbejde. Forskningsarbejdet arbejder med at frembringe nye tilpasningsstrategier for hørehjælpemidler, så audiogrammet ikke er det eneste strukturerede værktøj for tilpasningen af hjælpemidler til den enkeltes hørehandicap. Evalueringen af nye og bedre værktøjer for tilpasning beskrives i projektet og munder ud i forslag til nye standarder på det høretekniske område.

Der er mere information om BEAR-projektet på linket nedenfor.

- BEAR project: [www.bear-hearing.dk](http://www.bear-hearing.dk)

# 7 Lydopfattelse, SenseLab



---

## 7.1 Opfattelse af lyden

Målinger af lyd udgøres i meget stort omfang af teknisk baserede målinger af lydtryk, spektralanalyse, tidsmæssig karakterisering af lyd, frekvensindhold og vægtede udtryk for genevirkning af lyden.

Især genevirkningerne er baseret på efterligninger af høresansen og forsøg på matematisk at karakterisere, hvordan lyden vil blive opfattet. Høresansen er dog unik med hensyn til, hvordan lyden opfattes, og ultimativt er det den sensoriske opfattelse hos mennesker, der afgør, om lyden opfattes tydelig, forvrænget, forstyrrende eller behagelig. Både ørets opbygning og hjernens behandling af lydsignalerne medvirker til opfattelsen af lyden.

Elektronisk overførsel af lyd kan ske med bedst muligt optage-, transmissions- og afspilningsudstyr, men skal stadig opfanges af øret og behandles, før mennesker danner deres opfattelse.

SenseLab fokuserer på netop de psykoakustiske aspekter af lydopfattelse, og arbejder både med digital signalbehandling og referencegrupper i form af lyttepaneler med virkelige mennesker trænet til at bruge deres høresans.

---

## 7.2 Codecs og digitalisering af lyd

Rå digitaliseret lyd er i princippet enkel at opsamle og behandle, men har den datamæssige ulempe, at datafiler hurtigt bliver store (GB-størrelse), og kræver en stor båndbredde at overføre digitalt.

I praksis har den digitale lydbehandling gennem årene udviklet sig voldsomt gennem især digitale lydmedier som CD-ROM og DAT-afspillere og de efterfølgende MP3-afspillere. Der findes i dag et utal af digitale formater for digitalisering af lyd. Disse er optimeret med vægt på forskellige karakteristika af den lyd, der digitaliseres, og benyttes både til lagring af data og til transmission af lyd, fx i mobiltelefoner, IP-telefoni, videomøder, radio- og TV broadcast mv. Trods genopblussen af interessen for analoge vinylplader, så er der nærmest ingen fuldt analoge services tilbage, der anvender analog

transmission af lyd. Lyd digitaliseres og pakkes i henhold til såkaldte codecs, der beskriver hvordan lydsignalet behandles ved digitaliseringen og ved udpakningen igen ved afspilning efter transmission eller lagring. Den internationale organisation ITU (se links i afsnit 7.4) er en vigtig og stor spiller i udviklingen og anvendelsen af codecs.

Til transmission gennem fx mobiltelefoni og bluetooth er det vigtigt, at der kun anvendes den nødvendige databåndbredde, og en stor del af lydsignalets indhold nedprioriteres derfor i digitaliseringen. Processen designes, så de dele af lyden, der ikke er ret vigtige for lydopfattelsen, fjernes eller nedprioriteres, og kun vigtige dele af lydsignalet transmitteres. Pakningsprocessen har den ulempe, at den er mere eller mindre hørbar for forskellige lyttere, og den afhænger også af karakteren af den lyd, der overføres. Hvis kun få procent af lydsignalet anvendes, vil mange kunne høre, at digitaliseringen har påvirket lyden. Til fx digital telefoni vil imidlertid selv en kraftig kompression af datamængden kunne accepteres. Menneskets lydopfattelse er god til at uddrage de relevante dele af den oprindelige lyd eller tale, selv om "store dele" af lyden er fjernet.

Der findes et overdådigt udvalg af paknings-/komprimeringsalgoritmer for lyd, hvor den ret gamle MP3 blot er en meget tidlig og ikke længere tidssvarende codec.

Den menneskelige opfattelse af lyden kan vurderes ved at anvende et antal virkelige mennesker til at vurdere lyden og dermed kvaliteterne af de lyd-codecs, der skal analyseres. Et lyttepanel kan anvendes til en sådan vurdering.

---

### 7.3 Lyttepanel med virkelige personer

FORCE Technology råder over lyttepaneler med flere forskellige egenskaber. Der er grupperinger af normalthørende, der kan inviteres til at udføre lytteforsøg. Forsøgene vurderes efter en lang række kriterier, og lyttepanelernes deltagere kan sammensættes således, at trænede ekspertlyttere vurderer helt specifikke egenskaber. Der kan også sammensættes paneler af "tilfældige" frivillige (et "forbrugerpanel"), der kun screenes for visse basale høretekniske egenskaber.

FORCE Technology har til specielle opgaver sammensat lyttepaneler med hørehandicap, som er relevante for målgruppen af hørehjælpemidler. Hjælpemidlerne ville vanskeligt kunne vurderes af normalthørende, der ville blive udsat for et for dem meget usædvanligt lydbillede.

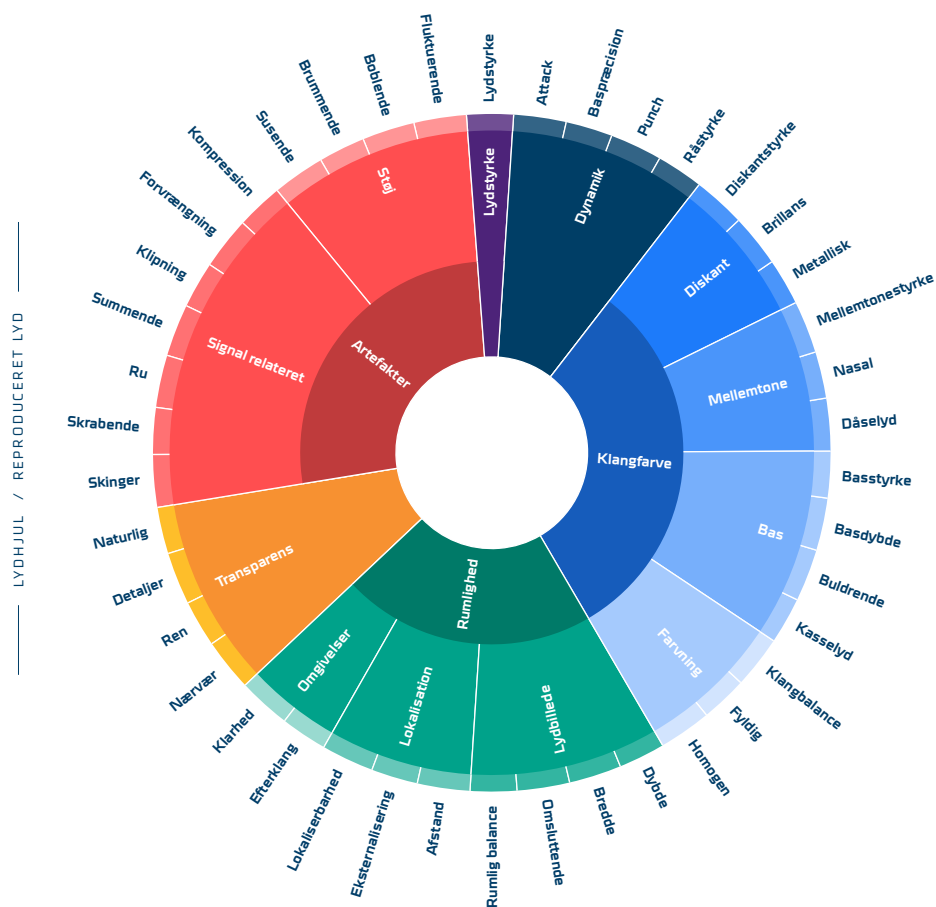
→ Lyttepaneler beskrives her: <https://forcetechnology.com/en/services/acoustics-noise-sound-quality/listening-benchmark-tests/senselab-listener-panels>

For at kunne udføre testopgaverne på reproducerbar vis, er lyttepanelerne instrueret i de termer, der benyttes for forskellige aspekter af lyden, som fx indhold af høje eller lave frekvenser, hvæsen, forvrængning eller nasal lyd. Hvis dele af panelisterne misforstår eller forveksler betegnelser for lydens aspekter, vil resultaterne vise stor spredning og ikke kunne bruges til sammenligninger.

Der benyttes blindteststrategier for at reducere usikkerheden i de udførte test, ligesom panelernes resultater vurderes statistisk, så stærkt afvigende eller usikre resultater kan identificeres og elimineres i undersøgelserne.



Lydhjulet angiver de mange aspekter der anvendes ved karakterisering af lydopfattelsen:



Copyright 2020 © FORCE Technology

## 7.4 Særlige lytterum

Deltagere i lyttepanel skal kunne arbejde på et ensartet og beskrevet grundlag, hvilket stiller krav til de omgivelser, hvor panelisterne udfører lyttetest.

Nogle test udføres i meget små akustisk dæmpede kabiner, hvor deltagerne benytter specifikke hovedtelefoner. Den akustiske dæmpning fjerner forstyrrende og distraherende lyde fra ventilation og omgivelser. Selve lyd kvaliteten afhænger dels af hovedtelefonerne og afspilningsudstyret, men naturligvis primært af de akustiske lydsekvenser, der skal lyttes på. De forskellige lydsekvenser afspilles fra en software-brugerflade, hvor de er arrangeret og afspilles i sekvens, og hvor panelisten afgiver sit vurderingsresultat.

Der udføres også test i et større særligt tilpasset rum, hvor panelisten sidder i en stol blandt et antal højttalere (fra 2 til mere end 20 stk.), og hvor panelisten benytter samme software-brugerflade til at afvikle og bedømme de forskellige lydklip. Her er det lyden opfattet uden hovedtelefoner, der bedømmes, og den lytteposition benyttes fx ved sammenligning af lyd fra forskellige højttalersystemer. For at sikre lavest mulig usikkerhed ved testene, kan højttalerne udskiftes ved hjælp af en lydløs drejeplatform bag et forhæng. Der er ingen forstyrrende mekaniske snurre- eller motorlyde mellem hvert skift, og lytteren kan ikke se, hvilke højttalere, der giver hvilket lydbillede. Ydermere forbliver højttalerpositionen korrekt og ens for alle de højttalere, der sammenlignes.

→ Lytterum beskrives bl.a. på dette link: <https://forcetechnology.com/en/all-industry-facilities/acoustics-noise-sound-quality-laboratories/senselab-sound-quality-laboratories>

---

## 7.5 Digitalt testværktøj

En stor udfordring ved lyttetest er den logistiske proces med at invitere testpersoner og fysisk afvikle tests.

Gennem langvarigt udviklingsarbejde har SenseLab opnået at kunne gennemføre lyttetest hos testpersoner, der sidder hos sig selv og afvikler tests via et internetværktøj. SenseLabOnline™ er udviklet til at kunne udføre test hos klienten selv, og kan afvikles enten fra en internetserver eller fra kundens egen interne server. Afvikling fra egen server er dyrere i brugerlicens, men giver maksimal diskretion med hensyn til de test, der gennemføres. Til gengæld behøves grundig indføring og rutine i afvikling af tests, og der opnås ikke 3. parts-testresultater, som ellers kan være attraktive i en kunderelation.

Brugen af SenseLabOnline™ som testværktøj er blevet aktualiseret under COVID-19-pandemien, hvor det har været vanskeligt eller umuligt at samle testpersoner i laboratoriet. Her er online-testværktøjet en stærk mulighed, der blot kræver, at en pakke med udstyr til lydafspilning sendes til deltageren i lyttepanelet. Instruktion kan derefter gives via videokonference.

→ [Link til beskrivelse af SenseLabOnline™: https://forcetechnology.com/en/services/acoustics-noise-sound-quality/senselabonline](https://forcetechnology.com/en/services/acoustics-noise-sound-quality/senselabonline)

# 8 Vidensfora

---

## 8.1 Dansk Akustisk Selskab (DAS)

Dansk Akustisk Selskab blev grundlagt i 1955 af en gruppe professionelle akustikere. Akustik er et dansk speciale med stolte traditioner både på universiteter og i den danske industri indenfor lyd.

Dansk Akustisk Selskabs formål er at forøge og udbrede kendskabet til akustikken og dens praktiske anvendelse i Danmark, samt at etablere kontakt mellem akustisk interesserede i ind- og udland, herunder at samarbejde med tilsvarende nordiske og europæiske organisationer. DAS har 6 fokusområder: rum- og bygningsakustik, elektroakustik, miljøakustik, maskinakustik, bioakustik og psykoakustik. Aktiviteterne inden for områderne organiseres typisk af den relevante tekniske komité med henblik på at sikre et højt aktivitetsniveau og en bred repræsentation af selskabets medlemmer. FORCE Technology er både repræsenteret i bestyrelsen og i 3 af de tekniske komiteer.

→ [Link til info: https://d-a-s.dk/](https://d-a-s.dk/)

---

## 8.2 Danish Sound Cluster (DSC)

Danish Sound Cluster er et fagligt involverende medlemsforum for samarbejde, netværk og forretningsudvikling, der arbejder på tværs af vidensinstitutioner og erhvervsliv i lydbranchen og stimulerer vækst i denne ved at styrke samarbejdet på tværs af forskning og industri.

Danish Sound Cluster er en landsdækkende klyngeorganisation for Danmarks lydbranche, der arbejder for at forbedre menneskers livskvalitet gennem innovative lydløsninger.

Lydteknologi udgør i dag et af Danmarks stærkeste tech-områder. For at fastholde og udbygge den position skal branchens aktører arbejde endnu tættere sammen. Samarbejds- og innovationsprojekter faciliteres på tværs af lydbranchen og de tilknyttede videns- og forskningsmiljøer, samt styrker videndeling og faglige netværk. Desuden understøttes iværksætteri og internationale samarbejder.

FORCE Technology er medlem af bestyrelsen, og vi deltager aktivt i både netværksgrupper, fora og webinarer/møder.

→ <https://danishsoundcluster.dk>

---

## 8.3 Dansk Audio Klub

Klubben fungerer som vidensudveksling indenfor metoder og 'good practices', både indenfor lyttetest og elektro-akustiske målinger. Deltagerne i netværket er virksomheder og personer, som arbejder professionelt med reproduceret lyd, dvs. lyd fra højttalere, hovedtelefoner, høreapparater, telefoner m.v.

Faglige emner for klubbens møder kan være målemetoder, sensoriske evalueringsmetoder, testpersoner, træning, datakvalitet, statistik, audio-optage- og reproduktionsteknikker og akustiske rum.

Fokus er på uformel fælles erfaringsudveksling og praktiske arrangementer efter medlemmernes ønsker.

→ [Link til info: forcetechnology.com/da/netvaerk-og-klubber/dansk-audioklub](https://forcetechnology.com/da/netvaerk-og-klubber/dansk-audioklub)

# 9 FORCE Technology participation in standardisation

<b>CEN/CENELEC</b>	CEN/TC 126 Acoustic properties of building products and of buildings <a href="http://www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/maskiner-og-mekanik/akustik">www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/maskiner-og-mekanik/akustik</a>	via DS S-115
	CEN/TC 211 Acoustics <a href="http://www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/maskiner-og-mekanik/akustik">www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/maskiner-og-mekanik/akustik</a>	via DS S-115
	CEN/TC 33 Doors, windows, shutters and building hardware	via Liaison
	CENELEC TC88 Wind Turbines <a href="http://www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/elektroteknik/vindenergisystemer">www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/elektroteknik/vindenergisystemer</a>	via DS S-588
	CEN/TC 226 Road equipment <a href="http://www.ds.dk/S-349">www.ds.dk/S-349</a>	via DS S-349
<hr/>		
<b>ETSI</b>	Membership as National Committee <a href="http://www.etsi.org/">www.etsi.org/</a>	via DS-5804
<hr/>		
<b>IEC</b>	IEC TC29 Elektroakustik <a href="http://www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/maskiner-og-mekanik/elektroakustik">www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/maskiner-og-mekanik/elektroakustik</a>	via DS S-529
	IEC TC88 Wind energy generation systems <a href="http://www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/elektroteknik/vindenergisystemer">www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/elektroteknik/vindenergisystemer</a>	via DS S-588
<hr/>		
<b>IECRE</b>	Wind energy IECRE Sector <a href="http://www.iecre.org/dyn/www/f?p=110:11:::P11_SECTOR:WE">www.iecre.org/dyn/www/f?p=110:11:::P11_SECTOR:WE</a>	via DS S-498/U-07
<hr/>		
<b>ISO</b>	ISO/TC43/SC1 Noise ISO/TC43/SC2 Building Acoustics <a href="http://www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/maskiner-og-mekanik/akustik">www.ds.dk/da/udvalg/kategorier/maskiner-og-mekanik/akustik</a>	via DS S-115
<hr/>		
<b>ANSI</b>	Ikke direkte dansk medlemskab	
<hr/>		
<b>ITU</b>	Medlemskab af ITU foregår via disse danske styrelser og ministerier: SDFI - Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur samt Energistyrelsen (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet)	

**Læs mere om akustik, støj og lyd kvalitet**

→ [forcetechnology.com/da/tydelser/akustik-stoej-lydkvalitet](https://forcetechnology.com/da/tydelser/akustik-stoej-lydkvalitet)

**FORCE Technology**  
Park Allé 345  
2605 Brøndby  
Danmark  
+45 43 25 00 00  
[info@forcetechnology.com](mailto:info@forcetechnology.com)  
[forcetechnology.com](https://forcetechnology.com)

