

# Vejledning om lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri

## Forord

Denne vejledning fra Erhvervs- og Boligstyrelsen indeholder en række anbefalinger og vejledende projekteringsværdier for lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri.

Vejledningen skal ses som et supplement til lydbestemmelserne i Bygningsreglement 1995, Kap. 9. Ved at følge vejledningens værdier kan der i forhold til de i Bygningsreglement 1995 angivne minimumskrav opnås bedre og mere tidssvarende lydforhold i skoler og institutioner. Specielt vil de kortere efterklangstider i klasserum i skoler kunne bidrage til bedre læringsvilkår og bedre arbejdsmiljø for undervisere og elever. Tilsvarende vil reduktionen af efterklangstiderne i opholdsrum i daginstitutioner kunne medvirke til et generelt lavere støjniveau og derved forbedret arbejdsmiljø for voksne og børn.

Vejledningen er baseret på det udredningsarbejde om lydforhold, der har været igangsat af styrelsen i de senere år. Arbejdet er beskrevet i en række projektrapporter, der kan findes på Erhvervs- og Boligstyrelsens hjemmeside: [www.ebst.dk](http://www.ebst.dk). Det drejer sig om: Lydforhold i [undervisnings- og daginstitutionsbyggeri](#), januar 1999, [Lydforhold i heldagsklasser](#), december 2000, [Ajourføring af kravniveauet for lydforhold](#) i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri, februar 2003.

Vejledningen er afgrænset til primært at omfatte almindelige klasselokaler i skoler og almindelige opholdsrum i daginstitutioner, men vil samtidig kunne tjene til inspiration for lydforholdene i andre typer og anvendelser af rum i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri. De vejledende projekteringsværdier kan – i det omfang bygherrer og projekterende ønsker at gøre brug af dem – anvendes både ved nybyggeri, ombygning og nyindretning af undervisnings- og daginstitutionsbyggeri. Vejledningen indeholder supplerende et afsnit om akustik i store rum i skoler, idet der aktuelt er fornyet interesse for åbenplanindretninger.

Vejledningen er udarbejdet af Dan Hoffmeyer, DELTA, afsnittet om åbenplanindretninger af Claus Møller Petersen, Acoustica – Carl Bro as.

Erhvervs- og Boligstyrelsen

Maj 2004

## Baggrund

I forbindelse med den generelle indsats med henblik på frembringelse af næste generation lydbestemmelser i bygningsreglementerne samt ud fra ønsket om en styrkelse af børnenes miljø – herunder det akustiske – i skoler og institutioner blev der under det tidligere By- og Boligministerium igangsat en analyse af behov og muligheder for forbedringer med hensyn til lydforhold i skoler og institutioner både ved nybyggeri og i eksisterende bygninger.

Baggrunden var blandt andet debatten om støjniveauet i skoler og daginstitutioner samt en række sager med tinnitus hos undervisere og institutionspersonale. Herudover var flere kommuner – under begrebet heldagsklasser, indskolingshuse mv. – begyndt at benytte de samme lokaler til undervisning og fritidsaktiviteter.

Lyd- og støjforholdene i skoler og institutioner er påvirket af en række parametre som f.eks. antallet af børn i et lokale, deres adfærd og aktiviteter, undervisningsformer og pædagogik mv., men også af lokalernes bygningsmæssige indretning. Sidstnævnte er med hensyn til lydforhold for undervisningslokaler og – i mere begrænset omfang – daginstitutioners opholdsrum reguleret af bygningsreglementets bestemmelser (BR 95, Kap 9.) vedrørende lydisolering (luftlydisolation og trinlydniveau), efterklangstid og støj fra installationer.

Lydforholdene i skoler og daginstitutioner har betydning både for voksnes og børns miljø, og bygningsreglementets lydbestemmelser omfatter begge parter (brugerne). For alle ansatte og børn i skoler og institutioner vil utilfredsstillende lydforhold betyde en ekstra belastning af hørelse, stemme og velbefindende i dagligdagen, for eleverne herudover en risiko for en forringet indlæring og for daginstitutionsbørnenes vedkommende en række risici med hensyn til udvikling, herunder sproglig udvikling.

Den ovenfor beskrevne analyse fandt, at der i forbindelse med de nye undervisnings- og indretningsformer, der fulgte af folkeskoleloven fra 1993, var behov for en række ændringer i lydbestemmelserne for undervisningslokaler. Der ville således i højere grad blive tale om gruppe- og projektarbejde samt fleksible indretninger af undervisningsarealerne. Samtidigt var der også opmærksomhed omkring betydningen af gode akustiske forhold i relation til indlæring, sprogfærdigheder og uddannelsesniveau. Også for daginstitutioner var der behov for ændring og udbygning af lydbestemmelserne; her primært for at kunne bidrage til en reduktion af de til tider høje støjniveauer i daginstitutionerne. Yderligere blev der for lokaler, der benyttes til både undervisning og fritidsaktiviteter, påpeget særlige behov.

Med baggrund i den gennemførte analyse blev der formuleret et forslag til fremtidens kravniveau for lydbestemmelser. Efterfølgende blev der foretaget en teknisk og økonomisk konsekvensvurdering af dels at tilpasse lydforholdene til både undervisnings- og fritidsaktiviteter ved indretning af heldagsklasser, dels at kravniveauet for lydforhold generelt i undervisnings- og daginstitutioner ajourføres i overensstemmelse med det fremsatte forslag til fremtidens kravniveau.

## Vejledende projekteringsværdier for lydforhold i undervisnings- og institutionsbyggeri

De vejledende projekteringsværdier angivet i de efterfølgende skemaer svarer stort set til det forslag til fremtidens kravniveau for lydbestemmelser, som tidligere er givet som oplæg til kravfastsættelse i et kommende bygningsreglement.

Skemaerne indeholder vejledende projekteringsværdier med hensyn til lydisolation, efterklangstid og støj fra installationer og trafik for udvalgte lokaletyper i henholdsvis skoler og daginstitutioner. Værdierne kan anvendes både ved nybyggeri, ombygning og nyindretning af lokaler. Vejledningens tekst supplerer skemaernes vejledende projekteringsværdier med uddybende anvisninger og anbefalinger. Herudover er der et afsnit om heldagsklasser, hvor det er nødvendigt at kombinere de to skemaers vejledende projekteringsværdier.

I forhold til BR 95 introducerer de vejledende projekteringsværdier en generel ændring af lydbestemmelserne, idet efterklangstider og absorptionsarealer angives som henholdsvis maksimums- og minimumsværdier, der i princippet gælder for alle 1/1-oktaver i det aktuelle frekvensområde og ikke som tidligere for en gennemsnitsværdi for et større frekvensområde. Der bør tilstræbes en jævn frekvensfordeling med kun mindre afvigelser mellem de enkelte 1/1-oktavværdier. Ved 125 Hz vil det være acceptabelt med afvigelser fra projekteringsværdierne på omkring 30%. De vejledende projekteringsværdier for lydregulering gælder for møblerede rum uden personer, ligesom lydbestemmelserne i BR 95.

De vejledende projekteringsværdier for efterklangstider og absorptionsarealer i rum i skoler og daginstitutioner bør opfyldes ved brug af akustiklofter i kombination med lydabsorberende vægbeklædninger. Generelt må det for at opnå en ønsket fordeling af absorptionen i et rum anbefales at placere mindst 10-15% af det samlede absorptionsareal på vægge eller andre lodrette flader. For også at sikre en jævn frekvensfordeling vil det ofte i forbindelse med den akustiske projektering være nødvendigt at kombinere flere typer af lydabsorberende materialer på rummets overflader, dvs. materialer der har forskellige lydabsorberende egenskaber inden for det aktuelle frekvensområde.

## Undervisningsbyggeri

Skemaet angiver vejledende projekteringsværdier for lydforhold i udvalgte lokaletyper i undervisningsbyggeri. Værdierne kan anvendes ved nybyggeri og i eksisterende byggeri. Skemaet kan også benyttes for heldagsklasser med hensyn til lydisolations og støjniveau.

<b>Vejledende projekteringsværdier for lydforhold i skoler mv.</b>	
<b>Luftlydisolation, <math>R'_w</math></b>	
Mellem undervisningsrum samt mellem undervisningsrum og fællesrum, horisontalt	$\geq 48$ dB
Mellem undervisningsrum samt mellem undervisningsrum og fællesrum, vertikalt	$\geq 51$ dB
Mellem undervisningsrum med dørforbindelse (samlet lydisolations for væg med dør, folde- og mobilvægge, glaspartier mv.)	$\geq 44$ dB
Mellem undervisningsrum og fællesrum med dørforbindelse (samlet lydisolations for væg med dør, folde- og mobilvægge, glaspartier mv.)	$\geq 36$ dB
For fleksible rumadskillelser i åbne undervisningsområder	$\geq 20$ dB
<b>Trinlydniveau, <math>L'_{n,w}</math></b>	
I undervisningsrum	$\leq 58$ dB
<b>Efterklangstid, <math>T^1</math></b>	
Klasserum	$\leq 0,6$ s
Fællesrum <sup>2)</sup>	$\leq 0,4$ s
<b>Absorptionsareal, <math>A^3</math></b>	
Åbne undervisningsområder <sup>4)</sup>	$\geq 1,3 \times$ gulvareal
Fællesrum med rumhøjde større end 4 m og rumvolumen større end 300 m <sup>3</sup>	$\geq 1,2 \times$ gulvareal
<b>Støjniveau, <math>L_{Aeq}</math></b>	
I undervisningsrum fra tekniske installationer og trafik	$\leq 30$ dB

1) Maksimumsværdierne for efterklangstiderne gælder i princippet for alle 1/1-oktaver i frekvensområdet 125-4000 Hz, se også vejledningens tekst.

2) I fællesgange, der ikke benyttes til gruppearbejde eller lignende, kan efterklangstiden være op til 1 s.

3) Minimumsværdierne for absorptionsarealerne gælder i princippet for alle 1/1-oktaver i frekvensområdet 125-4000 Hz, se også vejledningens tekst.

4) Rumhøjder over 3,5 m bør undgås.

### Lydisolation

- De vejledende projekteringsværdiers kravniveau for luftlydisolation er i princippet uændret i forhold til BR 95.
- De konkrete luftlydisolationskrav i BR 95 til døre i klasserum mv. erstattes af vejledende projekteringsværdier for den samlede adskillende konstruktions lydisolation (væg med dør, folde- og mobilvægge, glaspartier mv.). Dette giver en betydeligt større frihed med hensyn til valg af konstruktioner, uden at den samlede lydisolation forringes væsentligt. Det kan dog kræve dispensation i forhold til bygningsreglementets krav.
- For fleksible rumadskillelser (glaspartier og -døre, foldevægge mv.) i åbne undervisningsområder er der medtaget en projekteringsværdi, der sikrer et minimum af lydisolation, når der med glaspartier, foldevægge mv. skabes en let, fleksibel markering af rumgrænser i åbenplanløsninger.
- Den vejledende projekteringsværdi for trinlydniveau er en skærpelse i forhold til BR 95. Denne ændring, der skal begrænse trinlydgenerne fra stoleskramlen og færdsel i nabolokalerne, kræver ekstra opmærksomhed omkring gulvkonstruktionernes trinlyddæmpende egenskaber. I samme forbindelse skal trommelyden – dvs. den lyd, der opstår i et rum ved gang på rummets gulv – nævnes. Gulvkonstruktionernes egenskaber med hensyn til trommelyd bør således – specielt i større lokaler, mere åbne lokaler og lokaler med større cirkulation under undervisningen – indgå i den akustiske projektering.

### Efterklangstid

- Efterklangstiden i klasserum er reduceret i forhold til BR 95. Med den vejledende projekteringsværdi på maksimalt 0,6 sekund tages der hensyn til både god taleforståelighed og absorption af uvedkommende støj, hvorved der kan opnås bedre læringsvilkår og bedre arbejdsmiljø for lærere og elever.
- Alle former for klasserum, grupperum, multimedierum, fremlæggelsesrum mv. bør betragtes som undervisningsrum, men forhold omkring størrelse og anvendelse af visse lokaletyper berettiger til afvigelser fra den vejledende projekteringsværdi. Således bør den maksimale efterklangstid for små undervisningsrum som grupperum, rum til særundervisning, multimedierum mv. være 0,4 sekund.
- Klasserum af almindelig størrelse med en efterklangstid mindre end 0,4 sekund bør undgås af hensyn til lærerens mulighed for at tale rummet op. Alternativt skal der tilføres gavnlige refleksioner fra lokalets overflader. Det kan f.eks. ske med en egentlig reflektor (vinklet hård plade) over tavlevæggen, eller ved at et udsnit af akustikloftet over og foran underviseren udføres af helt eller delvist reflekterende loftmaterialer. Dette kan også være nødvendigt i rum med afstande på mere end 9-10 m mellem lærer og elev.
- Tavleundervisning fra den ene ende af et rum med dobbelt længde i forhold til et normalt klasserum – f.eks. etableret ved åbning af en foldevæg mellem to klasserum – kan selv med reflekterende flader være problematisk.

- Den vejledende projekteringsværdi på maksimalt 0,4 sekund for fællesrum, herunder fællesgange er fastsat med henblik på, at disse arealer benyttes til gruppearbejde mv., samtidig med at de ofte i forbindelse med færdsel og leg er skolens mest støjbelastede arealer.
- For åbne undervisningsområder og større, højloftede fællesrum er projekteringsværdierne givet som absorptionsarealet udtrykt som funktion af gulvarealet. For åbne undervisningsområder svarer projekteringsværdien til en maksimal efterklangstid på omkring 0,4 sekund, idet det, blandt andet for at sikre at akustikloftet befinder sig i lav højde, anbefales at undgå loftshøjder over 3,5 m. For store fællesrum vil den maksimale efterklangstid være omkring 0,5 sekund ved en loftshøjde lige over 4 m og stige ved forøgelse af loftshøjden.

### **Støjniveau**

- Som en konsekvens af betydningen af baggrundsstøjen i undervisningsrum er den vejledende projekteringsværdi for støjniveau lavere end i BR 95 og gælder ikke kun støj fra tekniske installationer, men også fra trafik. Ekstra kanallyddæmpere i ventilationsanlæg og lydisolerende vinduer kan således blive nødvendige.

### **Heldagsklasser**

For heldagsklasser, indskolingslokaler eller andre lokalebetegnelser, der dækker over, at de samme lokaler benyttes til undervisning og fritidsaktiviteter, gælder det, at lydbestemmelserne skal svare til opfyldelse af behovene ved den akustisk mest krævende aktivitet, som lokalerne skal bruges til. Heldagsklasser skal således i relation til lydbestemmelserne i BR 95 med hensyn til lydisolation og støjniveau regnes som undervisningslokaler, mens de med hensyn til efterklangstid skal behandles som daginstitutioner.

- De vejledende projekteringsværdier for heldagsklasser findes derfor med hensyn til lydisolation og støjniveau i skemaet for skoler, mens de med hensyn til efterklangstid og absorptionsareal fremgår af skemaet for daginstitutioner.
- Den af hensyn til fritidsaktiviteterne fastsatte vejledende projekteringsværdi for efterklangstiden på maksimalt 0,4 sekund kan uden særlige foranstaltninger medføre problemer ved traditionel tavleundervisning. Lærerens muligheder for ubesværet at tale rummet op kan f.eks. understøttes ved etablering af en reflektor (vinklet hård plade) over tavlevæggen, eller ved at et udsnit af akustikloftet over og foran underviseren udføres af helt eller delvist reflekterende loftmaterialer.

## Daginstitutionerbyggeri

Skemaet angiver vejledende projekteringsværdier for lydforhold i udvalgte lokaletyper i daginstitutionerbyggeri. Værdierne kan anvendes ved nybyggeri og i eksisterende byggeri. Skemaet kan også benyttes for heldagsklasser med hensyn til efterklangstid og absorptionsareal.

<b>Vejledende projekteringsværdier for lydforhold i daginstitutioner</b>	
<b>Luftlydisolation, <math>R'_w</math></b>	
Mellem opholdsrum for stille og/eller støjende aktiviteter samt mellem disse rum og øvrige rum	$\geq 48$ dB
Mellem opholdsrum for stille og/eller støjende aktiviteter og øvrige rum med dørforbindelse (samlet lydisolation for væg med dør mv.)	$\geq 40$ dB
Mellem opholdsrum samt mellem opholdsrum og øvrige rum	$\geq 40$ dB
Mellem opholdsrum med dørforbindelse samt mellem opholdsrum og øvrige rum med dørforbindelse (samlet lydisolation for væg med dør mv.)	$\geq 30$ dB
<b>Trinlydniveau, <math>L'_{n,w}</math></b>	
I opholdsrum (fra gulve i overliggende rum) og i opholdsrum for stille aktiviteter (fra alle gulve)	$\leq 58$ dB
I opholdsrum (fra gulve i rum på samme etage)	$\leq 63$ dB
<b>Efterklangstid, <math>T^1</math></b>	
Opholdsrum	$\leq 0,4$ s
<b>Absorptionsareal, <math>A^2</math></b>	
Opholdsrum med rumhøjde større end 4 m og rumvolumen større end 300 m <sup>3</sup>	$\geq 1,2 \times$ gulvareal
<b>Støjniveau, <math>L_{Aeq}</math></b>	
I opholdsrum fra tekniske installationer og trafik	$\leq 30$ dB

1) Maksimumsværdien for efterklangstiden gælder i princippet for alle 1/1-oktaver i frekvensområdet 125-4000 Hz, se også vejledningens tekst.

2) Minimumsværdien for absorptionsarealet gælder i princippet for alle 1/1-oktaver i frekvensområdet 125-4000 Hz, se også vejledningens tekst.

### Lydisolation

- De vejledende projekteringsværdier for daginstitutioner omfatter som noget nyt i forhold til BR 95 også lydisolation. Der skelnes mellem almindelige opholdsrum og opholdsrum for stille og/eller støjende aktiviteter, f.eks. hvilerum eller rum til fri leg, der kræver en højere lydisolation. Værdierne for almindelige opholdsrum skal blot sikre en rimelig lydæssig adskillelse mellem aktiviteter i forskellige rum.
- For rum med dørforbindelser er der givet særlige projekteringsværdier, der angiver den samlede lydisolation for væg og dør. Mellem almindelige opholdsrum vil ikke-lydklassificerede døre i de fleste tilfælde kunne benyttes som hidtil. Ved opholdsrum for stille og/eller støjende aktiviteter vil der derimod skulle anvendes 35 dB-døre.
- Trinlydniveauet i daginstitutioner kan begrænses ved anvendelse af svømmende gulvkonstruktioner. Gulvkonstruktioner vil normalt skulle afbrydes ved skillevægge og døre.

### Efterklangstid

- Den vejledende projekteringsværdi for opholdsrum i daginstitutioner er fastsat til maksimalt 0,4 sekund med henblik på at bidrage til en reduktion af det til tider høje støjniveau fra børnenes stemmer. Det vurderes således, at der – i rum med en sådan kort, dagligstueagtig efterklangstid – normalt kommunikerer mere afdæmpet. Der skal derfor også mere til, for at niveauet for alvor stiger. Yderligere vil lydmiljøet i sådanne rum opfattes som mere tilfredsstillende
- Generelt må der for opholdsrum i daginstitutioner advares mod store rumhøjder, skrå loftflader uden tilstrækkelig absorption, buede overflader, store glasarealer og store ubeklædte vægarealer, hvor fraværet af lydabsorberende overflader tæt på børnene sammen med de geometriske refleksionsforhold kan føre til utilfredsstillende akustiske forhold.
- Som opholdsrum regnes med hensyn til den vejledende projekteringsværdi for efterklangstid også fællesrum, gangarealer, garderober, værksteder, bordtennis- og boldrum mv., idet der som udgangspunkt stort set er børn, der leger eller færdes, alle vegne i en daginstitution.
- For at sikre gode, men også opnåelige efterklangsforhold i store fælles opholdsrum, er der angivet en vejledende projekteringsværdi for absorptionsarealet som funktion af gulvarealet. For disse større, højloftede opholdsrum vil den maksimale efterklangstid være omkring 0,5 sekund ved en rumhøjde lige over 4 m og stige ved forøgelse af rumhøjden.

### Støjniveau

- Den vejledende projekteringsværdi for støjniveau, der ikke findes tilsvarende i BR 95, skal medvirke til at begrænse generne i daginstitutioner fra tekniske installationer og trafik. Dette får specielt betydning for de mekaniske ventilationsanlæg i institutionerne, idet ekstra lyddæmpere i kanalerne kan være påkrævet.

## Konsekvenser af at følge de vejledende projekteringsværdier

De økonomiske, byggetekniske og indretningsmæssige konsekvenser af at følge de vejledende projekteringsværdier er som tidligere omtalt vurderet ved sammenligning af indretning efter de gældende lydbestemmelser i Bygningsreglement 1995 med indretning efter forslag til fremtidens kravniveau. Konsekvenserne er analyseret for en række udvalgte typeeksempler med hensyn til lokaleudformning mv. i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri og heldagsklasser. Typeeksemplerne giver forslag til lydteknisk nødvendige konstruktioner og overflader, der kan anvendes for at opfylde de givne lydbestemmelser.

- De samlede meromkostninger ved *nybyggeri*, der følger de vejledende projekteringsværdier for lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri vurderes ud fra de valgte typeeksempler at være under ca. 4% af håndværkerudgiften pr. etagemeter. Meromkostningerne skyldes næsten udelukkende reduktionen af efterklangstiden i forhold til BR 95-kravene.
- Ud fra vurderingerne af konsekvenserne af, at lydforholdene tilpasses både undervisnings- og fritidsaktiviteter ved ombygning til heldagsklasser, ses det for de valgte typeeksempler, at meromkostningerne i forbindelse med *ombygning/renovering* af lokaler, hvor efterklangstiden samtidigt ændres fra 0,9 sekund til 0,6 sekund udgør ca. 5%, mens ændring af efterklangstiden fra 0,9 sekund til 0,4 sekund incl. etablering af reflektor udgør ca. 16% af den samlede anslåede håndværkerudgift pr. etagemeter ved mindre ombygninger/renovering af skolebyggeri.
- Det vurderes at lokaler, der akustisk indrettes efter de vejledende projekteringsværdier, giver en brugbar, tidssvarende ramme om børn og voksnes aktiviteter i skoler og daginstitutioner og udgør en del af grundlaget for den fleksible anvendelse af bygningernes arealer.
- Opfyldelse af de vejledende projekteringsværdier for efterklangstid er ensbetydende med, at der skal anvendes lydabsorbenter på vægarealerne. Dette stiller store krav til valg og udvikling af absorberstyper, der ud over de akustiske egenskaber kan honorere bruger- og myndighedskrav med hensyn til f.eks. indeklimateknik, rengøring, holdbarhed og brand.
- Betydningen af at gennemføre egentlig akustisk projektering i forbindelse med nybyggeri eller ombygning/renovering af undervisnings- og institutionsbyggeri understreges af flere forhold omkring anvendelsen af de vejledende projekteringsværdier. Dette gælder således introduktionen af nye projekteringsværdier for lydisolering og støjniveauer, den generelle ændring bort fra gennemsnitsværdier for efterklangstid, nødvendigheden af kombination af forskellige typer af absorbenter af hensyn til frekvensfordelingen og vurdering af behovet for reflekterende flader til støtte for lydudbredelsen.

## Åbenplanindretninger

### Baggrund

Skolebyggerier med helt eller delvist åbne planløsninger synes at være på vej til at få en renæssance – også i Danmark. Åbenplanskoler har tidligere været opført uden succes på det akustiske område. De akustiske problemer var så store, at man siden da stort set ikke har bygget åbenplanskoler.

Helt åbne planløsninger medfører næsten uhindret lydudbredelse mellem undervisningsgrupper og deraf følgende kolossale støjproblemer:

- Det er ofte næsten umuligt at forstå, hvad der bliver sagt inden for egen gruppe på grund af højt omgivende støjniveau i forhold til talestyrke.
- Der forekommer uafbrudt generende forstyrrelser, hvorved elever distraheres af støj fra andre grupper.
- Der kompenseres ved at tale højere – med deraf følgende øget generelt støjniveau.

Der må derfor fortsat advares mod at etablere skoler med helt åbne planløsninger.

### Lovkrav

I BR 95 findes en bestemmelse om undervisningsområder beregnet til undervisning af flere klasser/grupper. I sådanne områder skal de rumbegrænsende loft-, gulv- og vægflader udføres af materialer med et ækvivalent absorptionsareal, som mindst er  $0,9 \times$  gulvarealet. Dette krav svarer til Arbejdstilsynets krav til akustisk regulering i storrumskontorer.

De vejledende projekteringsværdier anbefaler i tilsvarende åbne rumdannelser, at det ækvivalente absorptionsareal mindst er  $1,3 \times$  gulvarealet. Dette indebærer, at en større del af rummets overflader skal være lydabsorberende end efter BR 95.

Lydkravet i BR 95 betyder – med sædvanlig byggeskik, hvor loftet er den primære lydabsorberende overflade – at loftmaterialet skal være fuldt absorberende.

For at opfylde de vejledende projekteringsværdier skal der ud over loftet suppleres med andre lydabsorberende overflader. Vægge og facader, rumdelere eller fleksible vægpartier og dele af inventaret, hvor det er praktisk muligt, skal også udføres med lydabsorberende overflader.

### Akustik i store rum – objektive karakteristika

Akustikken i rum beskrives ofte ved rummets efterklangstid og støjniveau. I rum til undervisningsbrug må de nævnte begreber suppleres med begreber, som beskriver taleforståelighed i rummet, fx STI (Speech Transmission Index). I store rum som f.eks. åbenplanskoler

bør endvidere suppleres med begreber, som beskriver graden af uforstyrrethed/privacy fx ved lydets dæmpning mellem undervisningsgrupper. I sådanne rum er der jo ingen adskillelse – og dermed ingen egentlig lydisolation – mellem undervisningsgrupperne.

### **Lydens dæmpning, privacy i undervisningsgrupper**

Objektiv måling af lydets dæmpning gennem et rum kan udføres ved at bestemme udbredelsesdæmpningen (dæmpningen mellem to undervisningsgrupper eller dæmpningen pr. afstandsfordobling). Udbredelsesdæmpningen bør være størst mulig – hvilket typisk etableres ved at opstille skærmende elementer (rumdelere, kontorskærme, flytbare vægpartier) omkring de enkelte grupper. Herved fås en delvist åben planløsning.

Høj grad af uforstyrrethed/privacy i en undervisningsgruppe fordrer lav andel af uønsket akustisk information. Dette betyder en dårlig taleforståelighed (lav STI-værdi) kombineret med stor udbredelsesdæmpning.

### **Handlemuligheder i åbenplanskoler**

Helt åbne planløsninger i skoler kan stadig ikke anbefales. Derimod tyder nyere erfaringer på, at der kan opnås acceptable lydforhold i delvis åben plan skoler. Undervisning og adfærd skal dog tilpasses for at få åben plan miljøet til at fungere.

Blandt de akustiske handlemuligheder i delvis åbenplanskoler er:

- Lydmæssig adskillelse af støjfølsomme og støjende undervisningsgrupper (visse fag fordrer lukkede rum og kan ikke undervises i åben plan: Musik, sløjde, idræt og måske også sprog).
- Indretning af både stillerum (til koncentrationskrævende formål) og støjrum.
- Graduering af åbenheden – mindst åbenhed for de mest støjende elever (typisk de yngste) og mere åbenhed for de mindst støjende elever (typisk de ældste).
- Begrænsning af rumhøjden (under ca. 3,5 m for at sikre optimal funktion af absorberende lofter).
- Meget effektive lydabsorbenter / akustisk dæmpende overflader (den akustiske absorptionskoefficient skal være høj, dvs.  $\alpha > 0,95$  eller lydabsorptionsklasse A: På lofter / på vægge, i nicher, på brystninger og balkonforkanter / på indre rumdelere / i møblering).
- Begrænsning af arealer med akustisk hårde overflader (beton, glas, glat gips og træ) og evt. anvendelse af variable lydabsorbenter fx i form af gardiner, som kan trækkes frem og virke dæmpende foran hårde overflader – fx. vinduer.
- Størst mulig afstand mellem undervisningsgrupper.
- Mobile vægelementer (evt. delvist i glas) / absorberende skærmvægge, der bør slutte tæt til gulvet og være så høje, at direkte visuel sigt ikke er mulig.

- Anvendelse af absorberende vægbeklædninger bagest i et undervisningsområde – det er mest fordelagtigt.
- Anvendelse af ikke-støjende gulvbelægninger.
- Anvendelse af computermodeller til detaljeret simulering af de fremtidige lydforhold (STI, lokale efterklangstider og udbredelsesdæmpning).

### **Akustiske designkriterier – checkliste**

For at opnå de bedst mulige akustiske forhold bør følgende designkriterier iagttages:

- Efterklangstiden bør være kort, under ca. 0,3-0,4 sekund.
- Den akustiske dæmpning mellem to undervisningsgrupper bør være 15-20 dB og ligeledes mellem undervisningsgrupper og gangzoner (anvend løse skærmvægge, mobile vægge – eller evt. faste vægge – med glaspartier).
- Udbredelsesdæmpningen skal være 5-8 dB pr. afstandsfordobling.
- I undervisningsgrupper skal  $STI > 0,6$ , mellem undervisningsgrupper bør  $STI < 0,2$ .
- Støjniveauet fra tekniske installationer og udendørs kilder bør være højst 30 dB.
- Gulvbelægninger skal vælges, så der ikke opstår generende trommelyd – lyd fra fodtrin i samme rum – eller trinlyd i underliggende rum.