

WHITEPAPER

Martin Fankhauser

ILLUMINAZIONE ACUSTICA

Tutto sul suono, il rumore e sull'illuminazione acustica efficiente

Molto rumore per nulla?

La domanda sorge spontanea: "Illuminazione acustica" è davvero una parola? Prima di formare comitati e dar vita a discussioni su questo quesito, la risposta è: probabilmente no. Che cos'è un'illuminazione acustica? Fuoriesce un suono invece della luce? La lampada si ammutolisce seccata quando è accesa? No. L'illuminazione acustica è il tentativo di combinare l'illuminazione con l'assorbimento acustico e di creare una parola sola. In quanto produttori ci focalizziamo sul prodotto finale, un'illuminazione che ha anche un valore acustico, ovvero fonoassorbente. Chi si occupa di acustica ambientale ha un altro punto di vista sul tema, e parlerà di soffitti a vela acustici con illuminazione integrata.

Le tendenze del design e della fisica delle costruzioni nell'architettura come anche le parole chiave, come spazio di lavoro moderno, luoghi di lavoro flessibili o di co-working (l'esigenza di mettere sempre un hashtag qui non è certo da reprimere) e lo sviluppo verso il teamwork invece che verso i singoli luoghi di lavoro, tendono a contrastare il desiderio di pace e tranquillità sul posto di lavoro. Nei luoghi dove ci sono molte persone che comunicano le une con le altre aumenta il livello di rumore, cosa che limita la concentrazione, l'efficienza e nuoce addirittura alla salute. In questo caso non si tratta di danni all'udito, ma si parla degli impatti negativi sul corpo e sulla psiche anche attraverso effetti non udibili, ovvero i cosiddetti effetti sonori extra aurali. La psicoacustica, una sottodisciplina dell'acustica, si occupa di questo tema.

In questo Whitepaper vi forniremo una breve panoramica sul mondo dell'acustica, in particolare dell'acustica ambientale negli uffici. In un approccio olistico di Human Centric Lighting (HCL), la qualità della luce non è l'unico tema al centro della nostra attenzione, ma anche la qualità di vita sul posto di lavoro e l'ambiente lavorativo. Grazie ai pannelli acustici di PLANLICHT uniamo il bianco dinamico, soluzioni illuminotecniche comandabili in base al decorso della luce diurna, con le esigenze dell'acustica ambientale per un ambiente ideale - la fusione, per così dire, di alta efficienza melanopica e acustica. Così come per la pianificazione luminosa anche una buona pianificazione acustica è la chiave per il successo. Non solo la singola lampada, il singolo prodotto portano ai risultati desiderati, ma l'insieme di tutte le soluzioni. HCL. Appunto!

Suono e rumore

Prima di entrare in dettaglio sul vocabolario acustico, vogliamo dire chiaramente che il fastidio creato da suoni – e rumori – viene percepito in modo soggettivo. Un dipendente di un aeroporto definirà probabilmente in modo diverso l'inquinamento acustico rispetto ad un insegnante di yoga. Attraverso l'acustica ambientale soggettiva si cerca di dedurre da parametri oggettivi il grado di fastidio soggettivo. I parametri che vengono utilizzati sono composti dal livello di pressione sonora in dB(A), dalla composizione di frequenza, dalla progressione temporale e dalla durata del rumore. Generalmente, si presume che i rumori superiori a 30 dB(A) siano percepiti come fastidiosi.

Il regolamento sui luoghi di lavoro richiede di mantenere il livello di pressione sonora il più basso possibile. Le definizioni normative riguardano, come di consueto, i valori limite, siano essi valori massimi, come in quasi tutti i casi, o valori minimi, come per l'illuminamento.

Per i posti di lavoro in ufficio è stabilito un livello di valutazione di massimo 55 dB(A) per attività altamente complesse come pensiero creativo, processo decisionale, problem solving, perfetta intelligibilità del parlato. Per attività di media complessità (compiti ricorrenti simili, limiti temporali, soddisfacente intelligibilità del parlato) viene stabilito un valore limite di 70 dB(A) - tenendo conto del rumore esterno. È tuttavia discutibile se sia sempre possibile definire chiaramente le attività lavorative in modo chiaro.

Sorgenti di rumore

CONVERSAZIONI DEI COLLEGHI

Il livello di pressione sonora di una persona che parla ammonta a circa 63 dB(A). Negli uffici dove si parla in continuazione è quindi praticamente impossibile rispettare il valore normativo di 55 dB(A). Oltre a questo, si aggiunge il fatto che le persone parlano ancora più forte in ambienti rumorosi. Il fastidio soggettivo dipende dall'interesse dell'ascoltatore per il contenuto della conversazione e se questo sia per lui rilevante, o se a causa della telefonata del collega vicino si compromette la concentrazione necessaria per svolgere i propri compiti. Non solo le telefonate dei colleghi sono fastidiose, bensì anche le suonerie.

COMPUTER, STAMPANTE, FOTOCOPIATRICE

I rumori di funzionamento così come l'uso continuo di stampanti e fotocopiatrici possono causare inquinamento acustico.

ARIA CONDIZIONATA

Rumori continui di apparecchi possono portare al cosiddetto Sound Masking, cioè un mascheramento sonoro, per esempio di conversazioni.

Akustica **ambientale** Akustica **strutturale**

La disciplina dell'acustica ambientale è rilevante quando si parla degli effetti acustici ambientali sul posto di lavoro o in ambito domestico. Bisogna fare una distinzione tra l'acustica ambientale e l'acustica strutturale.

L'acustica strutturale si occupa di isolamento acustico di elementi costruttivi e si preoccupa di capire quanto sia alta la percentuale del rumore che giunge all'altro lato degli elementi costruttivi.

L'acustica ambientale si occupa inoltre dell'attenuazione del suono, dunque di migliorare l'udibilità all'interno di una stanza. Proprio questo è il tema che ci interessa.

Suono e la propagazione del suono

Il suono descrive generalmente le oscillazioni meccaniche in un mezzo elastico (gas, liquido, solido).

Queste oscillazioni si propagano sotto forma di onde sonore. A seconda del tipo di mezzo, si distingue tra suono aereo, suono acquatico e suono strutturale.

Nelle stanze, il suono aereo percepito direttamente dall'orecchio è rilevante.

Nell'aria, le onde sonore sono fluttuazioni di pressione e densità.

In linea di massima, il suono si propaga in tutte le direzioni nello spazio, anche se alcune sorgenti sonore mostrano una maggiore radiazione sonora a seconda del loro orientamento nelle singole direzioni. La progettazione di solito presuppone una radiazione sonora sferica approssimativa. Il livello di pressione sonora delle sorgenti sonore diminuisce di 6 dB per ogni raddoppio della distanza.

Impatto dell'acustica ambientale

SOFFITTO

Solitamente il soffitto è l'area libera più grande di una stanza. Grazie ad un soffitto acustico o anche grazie ad una illuminazione acustica (ed è qui che entriamo in gioco noi) si possono ottenere effetti significativi.

PARETE

Le pareti sono tendenzialmente fonoassorbenti, cioè riflettono il suono e, a seconda della geometria della stanza, possono anche aumentare di intensità il suono. Elementi a parete fonoassorbenti come quadri o assorbitori a quadro diminuiscono il problema.

PAVIMENTO

A differenza dei pavimenti in parquet, i tappeti assorbono il rumore d'impatto (rumore strutturale) e riducono la propagazione di rumori fastidiosi. I tappeti assorbono il suono ad alte frequenze e quindi hanno un effetto soggettivamente piacevole sull'acustica ambientale.

MOBILI

Le superfici di armadi e altri mobili senza tuning acustico riflettono il suono. Superfici di mobile efficaci dal punto di vista acustico, come le ante dei mobili, hanno un impatto positivo sull'acustica ambientale.

FINESTRE

Le superfici delle finestre riflettono molto il suono. Grazie a lamelle o tende fonoassorbenti si raggiunge un assorbimento del suono.

ESSERI UMANI

Il corpo umano ha un effetto assorbente e assorbe tanta energia acustica quanto 0,5 m² di materiale altamente assorbente.

PIANTE

Contrariamente a ciò che comunemente si crede, le piante non contribuiscono a migliorare l'acustica ambientale, ma sono belle da vedere.

Frequenza e lunghezza d'onda

L'intervallo percepibile dall'uomo è tra 16 e 20'000 Hertz (Hz). La sensibilità dell'udito dipende fortemente dalla frequenza. Siamo al massimo della sensibilità nell'intervallo di frequenza del parlato umano, tra 250 e 2.000 Hz. Questo aiuta nell'ascolto, ma è anche in questo intervallo che siamo più sensibili all'inquinamento acustico.

I cosiddetti isofoni vengono utilizzati per rappresentare curve della stessa percezione sonora. Così un suono a 100 Hz per essere sentito deve essere forte 25 dB. A 1'000 Hz sono già sufficienti 5 dB.

LE BANDE DI FREQUENZA RILEVANTI NELLA PIANIFICAZIONE AMBIENTALE

Nella pianificazione acustica ambientale, i metodi di prova standardizzati a livello internazionale per l'assorbimento acustico dei materiali (DIN EN ISO 11654) si riferiscono alla banda di frequenza tra 100 e 5'000 Hz.

LUNGHEZZA D'ONDA λ

Ad ogni frequenza corrisponde una lunghezza d'onda λ adatta. Nella nostra banda di frequenza, questa ammonta tra 7 centimetri a 5'000 Hz e 3,4 metri a 100 Hz.

TERZE E OTTAVE

È la frequenza che è importante. Siamo già arrivati a questo punto. Poiché molti parametri acustici ambientali (tempo di riverbero, assorbimento acustico, livello di pressione sonora, ecc.) dipendono dalla frequenza, questi valori cambiano a seconda della frequenza. Secondo la norma DIN 18041, la pianificazione deve essere effettuata in larghezze di banda di un'ottava ciascuna. In aggiunta ci sono le frequenze medie di terza e ottava. Il passaggio da un'ottava all'ottava successiva risulta da un raddoppio di frequenza. Un'ottava ha di nuovo tre terzi. Nella nostra banda di frequenze acustiche della stanza questo si traduce in sei ottave o 18 terzi passi.

Terze

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
125			250			500			1000			2000			4000		

Ottave

PER I PATITI DELLA MATEMATICA

Per la propagazione delle onde sonore nell'aria vale quanto segue: Il prodotto della lunghezza d'onda λ e la frequenza f danno come risultato la velocità del suono c .

$$\lambda \cdot f = c$$

La lunghezza d'onda λ è espressa in metri (m), la frequenza f , il numero di oscillazioni al secondo, in Hertz (Hz).

La velocità del suono dipende dalla temperatura e dalla pressione atmosferica.

BANDA DI FREQUENZA

Campo di udibilità	16 Hz	20.000 Hz
Musica	16 Hz	16.000 Hz
Discorso	63 Hz	8.000 Hz
Comunicazione	200 Hz	2.000 Hz
Infrasuono	< 16 Hz	
Ultrasuono		> 20.000 Hz

Pressione sonora, livello di pressione sonora e di valutazione

La **pressione sonora p** descrive l'impatto del rumore sulle persone. Come già imparato, il suono d'aria deriva dall'oscillazione nell'aria, causato da variazioni di pressione dell'aria. Più forte è il suono, più forte sono le variazioni di pressione. La pressione sonora viene espressa in Pascal (Pa) o Micropascal (μPa).

Il **livello di pressione sonora L_p** descrive il rapporto logaritmico del valore effettivo della pressione sonora di suono rispetto al valore di riferimento p_0 (soglia di udibilità). Il risultato viene espresso nell'unità di misura decibel (dB).

Soglia di udibilità

(Volume di suono p_0)
 $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$
 (= 20 μPa)

Soglia del dolore

(Pressione sonora p_s)
 $p_s = 20 \text{ Pa}$
 (= 20.000.000 μPa)

Per rappresentare questo ampio intervallo (la soglia di udibilità fino alla soglia del dolore aumenta di 10 milioni di più), viene utilizzata una grandezza logaritmica - il decibel (dB).

PER I PATITI DELLA MATEMATICA

Il **livello di pressione sonora L_p** viene calcolato come segue e viene espresso in decibel (dB):

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{p^2}{p_0^2} \right) \text{ dB}$$

Livello di pressione sonora L_p

p = pressione sonora misurata (Pa)

p_0 = Punto sonoro di riferimento (soglia di udibilità)

Di conseguenza, il livello di pressione sonora alla soglia di udibilità è pari a 0 dB, alla soglia del dolore 120 dB.

PONDERAZIONE DI FREQUENZA

Poiché l'orecchio umano a diverse altezze sonore percepisce i suoni con la stessa pressione sonora a diverse intensità, vengono utilizzate le cosiddette curve di ponderazione di frequenza. A questo scopo, vengono utilizzati filtri con funzioni di propagazione adattati empiricamente (ora solo per gli appassionati di matematica). La **ponderazione A dB(A)**, per noi rilevante, corrisponde alle curve di uguali livelli di volume a circa 20-40 phon.

LIVELLO DI PRESSIONE SONORA DEL PARLATO

Prevedere i livelli sonori in stanze che pullulano di persone è spesso rilevante, ma difficile. I volumi del parlato sono diversi e spesso si adattano al volume dell'ambiente circostante. Il livello di pressione del parlato è un livello di pressione sonora del parlato ponderato A, che viene misurato ad una distanza di 1 m dalla bocca.

LIVELLO DI PRESSIONE DEL PARLATO

MODO DI PARLARE	LIVELLO
rilassato	54 dB(A)
normale	60 dB(A)
aumentato	66 dB(A)
forte	72 dB(A)
molto forte	78 dB(A)

PER I PATITI DELLA MATEMATICA

Il **livello di ponderazione** L_r viene calcolato conformemente a DIN 45645-2 come segue:

$$L_r = L_{pAeq} + K_1 + K_T$$

Livello di ponderazione L_r
 L_{pAeq} = ponderazione-A
 equivalente livello di pressione sonora continua

K_1 = aumento dell'impulso
 K_T = aumento delle informazioni contenute nei suoni e la potenza del suono

La maggiorazione dell'impulso K_1 può essere determinata dalla misurazione, ma non dalla maggiorazione K_T , che viene assegnata sulla base di valori empirici. I suoni che contengono informazioni sono quelli che attirano particolarmente l'attenzione o stimolano l'ascolto di informazioni indesiderate. La maggiorazione K_1 può essere 0 o 3-6 dB, la maggiorazione K_T 0, 3 o 6 dB.

LIVELLO DI PONDERAZIONE

Il livello di ponderazione L_r serve alla valutazione dell'inquinamento ambientale in un ambiente. Si tratta di un valore medio temporale (circa una giornata lavorativa) del livello di pressione sonora ponderato A di un'attività, compresi eventuali supplementi per i toni ricorrenti, brevi e forti.

I valori massimi sono:

$L_r \leq 55$ dB(A) per attività intellettuali

$L_r \leq 70$ dB(A) per attività semplici o prevalentemente ripetitive

LIVELLO DI RUMORE DI FONDO

L'equipaggiamento acustico di ambienti, le condizioni strutturali dell'edificio e i rumori provenienti dall'esterno, come ad esempio il rumore del traffico, determinano il livello di rumore di fondo che, se troppo elevato, influisce negativamente sul rendimento dell'ufficio.

LIVELLO DI RUMORE DI FONDO

TIPO DI AMBIENTE	LIVELLO max.
Sala conferenze	30-35 dB(A)
ufficio singolo	30-40 dB(A)
ufficio open-space	35-45 dB(A)
luoghi di lavoro industriali	65-70 dB(A)

Valori massimi raccomandati per il livello di rumore di fondo conformemente a DIN EN ISO 11690-1

Tempo di riverbero

Jubilate deo! Quando l'organista esperto colpisce le chiavi e l'opera divina risuona nella volta gotica, l'ascoltatore curioso viene elettrizzato dal suono incredibile. Il riverbero percepibile in una chiesa è tuttavia meno desiderabile in un ufficio a pianta aperta.

Il tempo di riverbero è l'ultimo criterio per la qualità acustica di un ambiente. Inoltre, il tempo di riverbero ha un'influenza significativa sul suono del parlato.

Come in molti altri casi, il tempo di riverbero dipende dalla frequenza, motivo per cui viene spesso visualizzato in forma tabellare o come curva funzionale.

È inoltre comune specificare un solo valore del tempo di riverbero per la banda di frequenze medie di 500 - 1.000 Hz.

Il tempo di riverbero è essenzialmente influenzato da:

- il volume della stanza
- le superfici nella stanza
- l'arredamento esistente

Come regola generale si può dire quanto segue:

- Più grande è l'ambiente, più lungo è il tempo di riverbero. Con l'aumentare dell'altezza della stanza, aumenta anche il riverbero.
- Più superfici assorbenti ci sono nella stanza, più breve è il tempo di riverbero (tappeti, tende, persone, materiali assorbenti, ...).

Il tempo di riverbero T

È il tempo in secondi in cui il livello di pressione sonora diminuisce di 60 dB dopo un evento sonoro.

Significa che: Se in una stanza si genera uno schiocco di 110 dB, il tempo di riverbero dura fino a quando il livello di pressione sonora non è sceso a 50 dB.

IL TEMPO DI RIVERBERO

TIPO DI STANZA	TEMPO DI R. (s)
Ufficio	0,5 - 0,8 s
Sala delle conf.	0,8 - 1,2 s
Aula	0,6 s
Auditorio	1,5 s
Piscina	≤ 1,7 s
Chiesa	4 - 8 s

TIPO DI STANZA secondo DIN 18041

Per distinguere l'udibilità a diverse distanze, la norma DIN 18041 suddivide le stanze in diversi gruppi. Le stanze del gruppo A dovrebbero offrire una buona udibilità a distanze medie e lunghe, le stanze del gruppo B a distanze brevi. L'inclusione delle persone con problemi di udito è essenziale.

Nel dettaglio, questo significa che gli uffici appartengono al gruppo B4, le sale conferenze ad A3, le sale di pausa e le mense a B3.

Le raccomandazioni per uffici e call center sono trattate in dettaglio anche nella direttiva VDI 2569 „Protezione acustica e progettazione acustica in ufficio“.

TIPO DI UTILIZZO DI STANZE GRUPO A - DIN 18041

A1	Musica
A2	Parlato/Presentazione
A3	Classe/Comunicazione, parlato/presentazione inclusivo/-a
A4	Classe/comunicazione inclusiva
A5	Sport

TIPO DI UTILIZZO DI STANZE GRUPO B - DIN 18041

B1	Stanze senza qualità di soggiorno
B2	Stanze per soggiorni brevi
B3	Stanze per soggiorni lunghi
B4	Stanze con necessità di riduzione del rumore e comfort abitativo
B5	Stanze con necessità alta di riduzione del rumore e comfort abitativo

Comprensibilità del parlato

L'intelligibilità del parlato o udibilità è influenzata da vari parametri. Un punto essenziale è il tempo di riverbero. In generale, più basso è il tempo di riverbero, migliore è l'intelligibilità del parlato.

Inoltre, il volume della stanza, il livello di rumore di base e la collocazione dei materiali fonoassorbenti determinano l'intelligibilità del parlato.

I requisiti variano: mentre in aule o sale conferenze è richiesto un alto grado di intelligibilità del parlato su lunghe distanze, l'intelligibilità del parlato in ufficio dovrebbe essere elevata su brevi distanze. Ascoltare tutto in un ufficio open space è fastidioso. Qui è possibile trovare una soluzione con schermi acustici.

Un UFFICIO OPEN SPACE e la DIN EN ISO 3382-3

La norma DIN EN ISO 3382-3 regola i parametri fondamentali per una valutazione oggettiva delle condizioni acustiche negli uffici open space. Un alto tasso di decadimento spaziale riduce al minimo la propagazione del suono.

Anche il livello di pressione sonora viene misurato ad una distanza di 4 m, così come le distanze della distanza di deviazione e della distanza di riservatezza. Questo si traduce in uno spettro del parlato normalizzato da un valore medio di voci maschili e femminili con uno sforzo normale del parlato e un livello di somma di 57.4 dB(A).

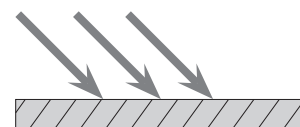
Assorbimento acustico

L'assorbimento acustico è la rimozione dell'energia sonora. Questa energia sonora viene convertita in altre forme di energia (calore o energia cinetica) quando colpisce le superfici di confine, oppure può fuoriuscire dalla stanza attraverso componenti permeabili al suono.

Il **coefficiente di assorbimento acustico α** viene utilizzato per determinare le proprietà dei materiali fonoassorbenti. È definito come il rapporto tra l'energia sonora inghiottita (cioè assorbita) dal materiale e l'energia sonora incidente. Il valore α è compreso tra 0 (nessun assorbimento) e 1 (assorbimento completo). Un esempio: con un coefficiente di assorbimento acustico di $\alpha = 0,85$, viene assorbito l'85% dell'energia sonora.

In pratica, i coefficienti di assorbimento acustico sono determinati con un metodo di misurazione standardizzato. Sebbene matematicamente assurdo, si possono determinare anche coefficienti di assorbimento acustico superiori a 1. Il massimo è di circa 1,2.

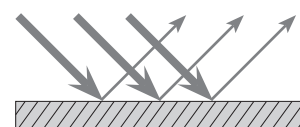
Ed eccoci di nuovo qui: Non a caso, i coefficienti di assorbimento acustico dipendono anche dalla frequenza.



Coefficiente di assorbimento acustico $\alpha = 1$
Assorbimento acustico completo 100%



Coefficiente di assorbimento acustico $\alpha = 0$
Nessun assorbimento acustico 0%



Coefficiente di assorbimento acustico $0 < \alpha < 1$
Assorbimento acustico parziale

CLASSE DI FONOASSORBIMENTO

Classe	α_w -valore
A	0,90 - 1,00
B	0,80 - 0,85
C	0,60 - 0,75
D	0,30 - 0,55
E	0,15 - 0,25
Non classificato	0,00 - 0,10

INDICAZIONE NUMERO SINGOLARE DIN ESN ISO 11654

Per determinare il coefficiente di **assorbimento acustico ponderato α_w** si determina in primo luogo un valore medio di tre valori di un terzo di ottava (α_s) per le frequenze medie di ottava (100 - 4.000 Hz). I valori medi delle ottave (α_p) vengono confrontati con la curva di riferimento della norma DIN EN ISO 11654 e quindi il coefficiente di assorbimento acustico ponderato α_w viene letto come un unico valore.

Con questa singola figura, gli assorbitori acustici possono essere classificati e confrontati in modo approssimativo. Lo svantaggio in questo caso è che lo spettro di assorbimento fortemente semplificato non può essere letto.

SUPERFICIE EQUIVALENTE DI ASSORBIMENTO ACUSTICO

L'area del materiale fonoassorbente è decisiva e viene confrontata con l'equivalente area di assorbimento acustico A_{eq} (in m^2) come prodotto dell'area S di un oggetto fonoassorbente e del suo grado di assorbimento. α definisce, quindi $A_{eq} = S \cdot \alpha$. Ciò significa che, ad esempio, $10 m^2$ di un assorbitore con $\alpha = 0,80$ ha una superficie equivalente di assorbimento acustico di $8 m^2$ e quindi ha lo stesso effetto nell'ambiente di $20 m^2$ di un assorbitore con $\alpha = 0,40$ o $40 m^2$ di un assorbitore con $\alpha = 0,20$.

Esempio: Coefficiente di assorbimento acustico PLANLICHT p.quiet con l'assorbitore Organoid® in valori di terza ottava e frequenze centrali di ottava.



Assorbitore sonoro

Ci aspettiamo solo una cosa dagli assorbitori acustici: dovrebbero assorbire il suono. La sfida è quella di servire frequenze diverse. Le basse frequenze con grandi lunghezze d'onda richiedono oggetti fonoassorbenti voluminosi realizzati con materiali porosi o meccanismi di risonanza (ad es. volumi d'aria chiusa o superfici vibranti). L'obiettivo è quello di estendere la capacità di assorbimento ad un'ampia banda di frequenze e quindi di essere efficaci su un'ampia larghezza di banda. Questo è il motivo per cui i tipi di assorbitori sono spesso utilizzati in combinazione l'uno con l'altro.

ASSORBITORE SONORO POROSO

Quando il suono colpisce il materiale poroso, le particelle d'aria in movimento sfregano nei pori dell'assorbitore e convertono così l'energia sonora in energia termica. I pori pieni d'aria devono essere aperti all'aria circostante, interconnessi e sufficientemente profondi in modo che il suono penetri e attui efficacemente la sua azione d'attrito. Materiali adatti sono le fibre minerali o le schiume a pori aperti. I materiali isolanti a pori chiusi come il polistirolo non sono adatti. Anche la chiusura dei pori, ad es. con la pittura, impedisce questo effetto.

Gli assorbitori porosi sono caratterizzati dal fatto che il loro coefficiente di assorbimento acustico aumenta verso le alte frequenze e la loro capacità di assorbimento alle basse e medie frequenze dipende fortemente dallo spessore del materiale.

ASSORBITORE DI RISONANZA

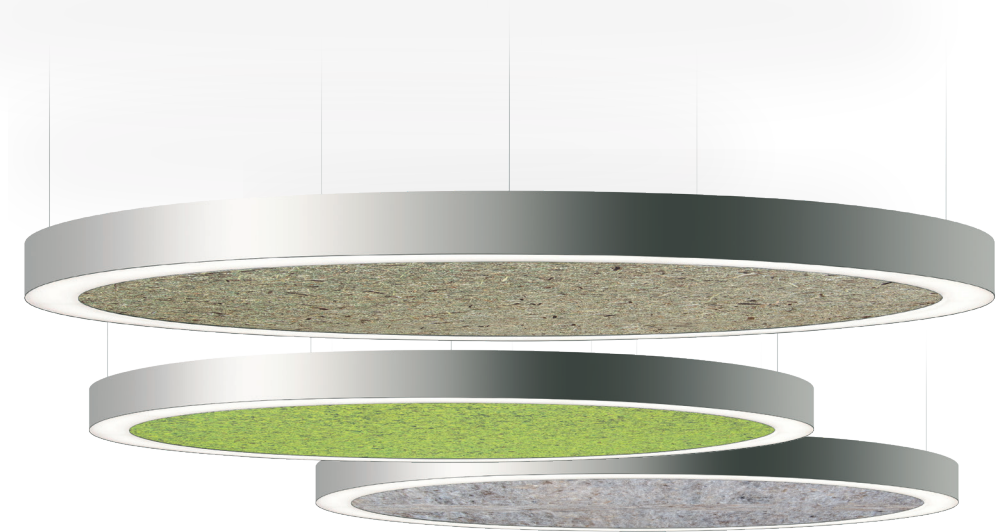
Un assorbitore di risonanza è un sistema fisico massa-molla. In questo modo, una piastra o una lamina vibra, l'aria nel mezzo agisce come una molla e l'energia sonora incidente viene convertita in energia cinetica. Questo sistema ha una frequenza di risonanza (o frequenza naturale) in prossimità della quale l'assorbimento è particolarmente buono. Si distingue tra assorbitori a foro o a fessura, secondo il principio dei risonatori di Helmholtz, e assorbitori a piastra o a lamina. Entrambi i sistemi assorbono in una stretta gamma di frequenza (la frequenza naturale). La gamma di frequenza effettiva può essere notevolmente estesa combinandola con materiale ad assorbimento poroso nelle interfacce rigide.

ASSORBITORE MICROPERFORATO

Un assorbitore di risonanza è un sistema fisico massa-molla. In questo modo, una piastra o una lamina vibra, l'aria nel mezzo agisce come una molla e l'energia sonora incidente viene convertita in energia cinetica. Questo sistema ha una frequenza di risonanza (o frequenza naturale) in prossimità della quale l'assorbimento è particolarmente buono. Si distingue tra assorbitori a foro o a fessura, secondo il principio dei risonatori di Helmholtz, e assorbitori a piastra o a lamina. Entrambi i sistemi assorbono in una stretta gamma di frequenza (la frequenza naturale). La gamma di frequenza effettiva può essere notevolmente estesa combinandola con materiale ad assorbimento poroso nelle interfacce rigide.

REGOLA GENERALE

Le alte frequenze possono essere attenuate da assorbitori acustici di bassa altezza costruttiva, alcune frequenze richiedono assorbitori di alta altezza costruttiva o di grandi dimensioni.



Assorbimento sonoro al soffitto

Poiché i soffitti rappresentano l'area libera più grande degli ambienti, svolgono un ruolo chiave per gli assorbitori.

SOFFITTO ACUSTICO

I controsoffitti acustici sono particolarmente adatti per la loro grande superficie. Il rivestimento con intonaco acustico aumenta anche l'effetto acustico, così come l'utilizzo di apparecchi da incasso fonoassorbenti.

CONTROSOFFITTO DEFLETTORE

I controsoffitti a cassettoni vengono utilizzati quando non è possibile una copertura completa dei soffitti. I moduli acustici sospesi verticalmente sono adatti anche per controsoffitti termoattivi.

SOFFITTO VELICO

Le vele da soffitto sono sospese liberamente nel locale e possono quindi essere facilmente installate anche a posteriori per migliorare l'acustica ambientale. Una lampada fonoassorbente è particolarmente adatta agli uffici in cui è richiesto l'assorbimento acustico e la luce.

planlicht SERVICES



Pianificazione acustica

Nella progettazione acustica, vengono presi in considerazione per prima cosa i requisiti acustici di base dei locali. In seguito, il tempo di riverbero può essere regolato e il livello sonoro può essere ridotto con misure acustiche adeguate o con la progettazione di adeguati assorbitori.

Per una progettazione acustica concreta sono rilevanti e meritevoli di essere conosciuti alcuni parametri per ottenere i risultati ottimali:

GEOMETRIA SPAZIALE/VOLUME SPAZIALE

Lunghezza, larghezza e altezza spaziale. La geometria e il volume della stanza hanno un'influenza significativa sui tempi di riverbero.

MATERIALE

I diversi materiali hanno valori di riflessione diversi. Pareti, soffitti, pavimenti e superfici di finestre hanno un'influenza significativa sull'acustica ambientale.

USO DELLO SPAZIO

Come viene utilizzato lo spazio? Requisiti diversi si applicano a diverse applicazioni (vedi gruppi di stanze).

OCCUPAZIONE

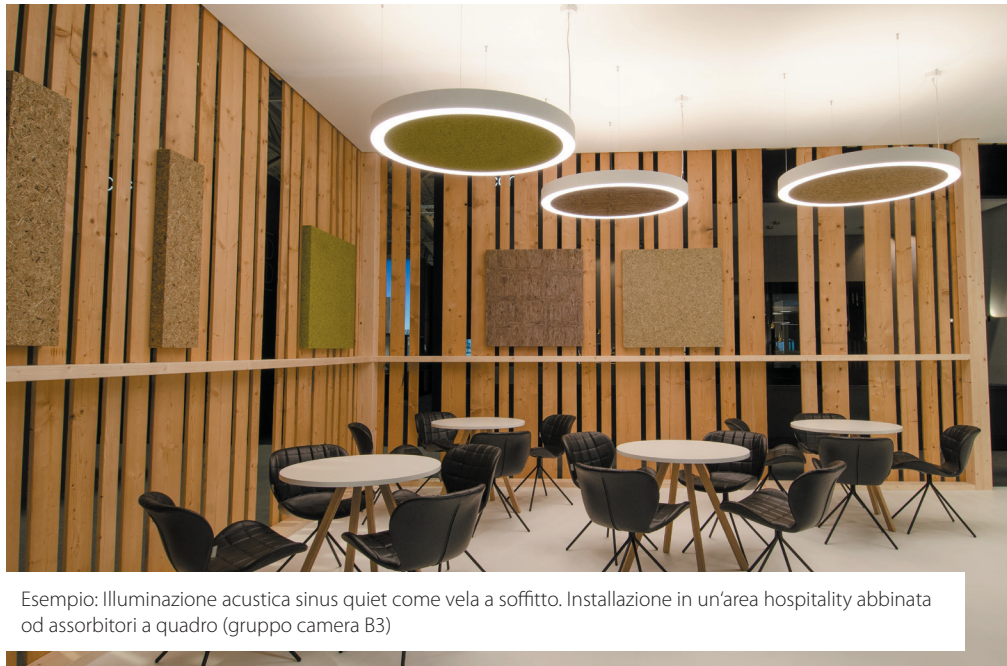
Le persone sono assorbitori. Una persona corrisponde ad una superficie altamente assorbente di 0,5 m². Pertanto, il numero di persone nella stanza deve essere incluso.



Esempio: Illuminazione acustica p.quiet come installazione a soffitto acustico in un corridoio (gruppo sala B2) e in una sala conferenze (gruppo sala A3)



Esempio: Illuminazione acustica p.quiet come vela a soffitto. Installazione in un laboratorio chimico (gruppo camera B4)



Bibliografia

Catja Hilge, Christian Nocke, Mats Exeter (2016): Raumakustik. Akustische Bedingungen am Arbeitsplatz effektiv gestalten. 3. Auflage, Industrieverband Büro und Arbeitswelt.
 VBG (2012): Akustik im Büro. Hilfen für die Akustische Gestaltung von Büros.
 DIN 18041
 DIN EN ISO 3382-3
 DIN EN ISO 11690-1
 DIN EN ISO 11654

