

evaluar el impacto sonido correcto

Andreas Rabold
ift Rosenheim
DE-Rosenheim



evaluar el impacto sonido correcto

primero introducción

Para proteger contra el acoso indebida de serán proporcionados otras áreas residenciales en la norma DIN 4109 [1], entre otros requisitos para el aislamiento acústico de los techos de partición. Estos requisitos pueden cumplirse hoy estructura del techo separación habitual para la ejecución impecable tanto en problemas de la madera y de la construcción masiva. Esto también se refleja en las pruebas de calidad en la construcción. Sin embargo, la transmisión del sonido de impacto en las encuestas entre los residentes de edificios de apartamentos [2], [16] se suele denominar como la fuente de ruido más molesto.

Desde la detección metrológica de los requisitos según DIN 4109 se realiza con una máquina de impactos como una fuente de excitación, primero, el partido entre el resultado de esta medición (el sonido de impacto estándar puntuación $L'_{n,w}$

o $L_{n,w}$) y cuestionar la sensación subjetiva del ocupante en la excitación convencional comprometiéndose el techo. En la sección 2 es la siguiente se dirigió a la correlación entre la percepción subjetiva del residente y una clasificación de acuerdo con la norma DIN EN ISO 717-2 sonido de impacto estándar [3]. métodos alternativos de valoración que se han desarrollado con el objetivo de una mejor correspondencia entre la medición martillo y sentimientos subjetivos se comparan en la tercera sección de del objetivo valores se derivan para la optimización de los componentes en la sección. 4 Una posible aplicación de diseño se propone en la sección 5.

segundo La correlación de $L_{n,w}$ y la percepción subjetiva

La correlación entre la percepción subjetiva del residente y clasificar de acuerdo con DIN EN ISO 717-2 [3] sonido de impacto estándar se ha investigado ya en varios proyectos [9] - [16]. Los resultados de estos estudios muestran relativamente uniforme que no existe una correlación útil entre los dos tamaños. Para ilustrar este resultado en la Figura 2 Resultados de las mediciones molino de martillos convencionales de acuerdo con DIN EN ISO 140-6 y DIN EN ISO 10140-2 [4] se comparan con la transmisión del sonido de impacto en la comisión del techo (la disposición de medición se muestra en la Figura 1). Para la evaluación acústica correcta del límite ha sido con ponderación A de la transmisión del sonido de impacto al caminar y reverberante corregido sonido de impacto $L_{AFmax,n}$

formado. Los puntos individuales en la Figura 2 a la izquierda, cada uno de los cuales representa el resultado de una estructura de cubierta, muestran una correlación muy débil. Las mediciones para esta comparación se realizaron como parte de un proyecto de investigación de estudiantes de la Universidad de Rosenheim [6] y un proyecto de investigación de la IFT Rosenheim [5]. Mediciones adicionales estaban en la prueba corporativo Knauf, Iphofen [7] lleva a cabo. Las mediciones así realizadas en tres bancos de diferentes tamaños y de diferentes equipos de medición, con lo que las incertidumbres que se deben a la prueba de dimensiones limitadas o la excitación especial de un andador, podrían reducirse. A la sugerencia en la comisión del techo para hacer reproducibles, los datos clave relevantes se han especificado para los caminantes. †

† Caminantes macho, 75-85 kg, caminar en calcetines con 90-100 paso / min. u en un círculo. ocho

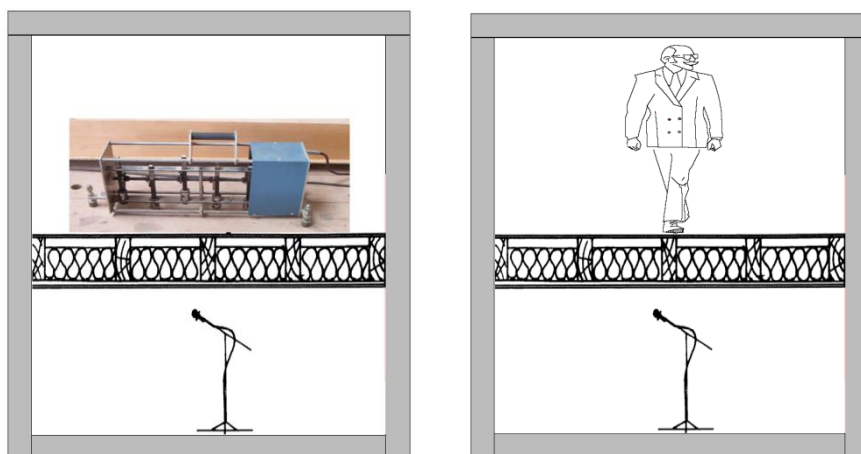


Figura 1: La medición de la transmisión de sonido efectos de las barreras. Enlaces: impacto sonoro de excitación por la máquina de impactos. A la derecha: la excitación por la comisión del techo.

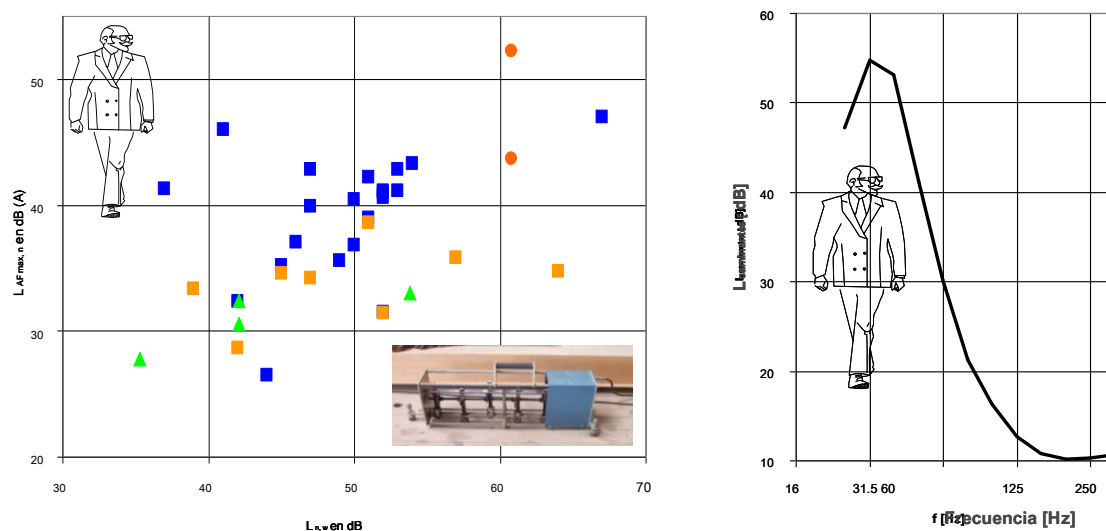


Figura 2: La correlación de $L_{n,w}$ y la sensación subjetiva. Enlaces: enlace entre el evaluado el impacto estándar de nivel de sonido $L_{n,w}$ y la A-ponderado nivel de ruido de impacto $L_{AFmax,n}$ al caminar por los techos de madera. Cuadrados azules: Las mediciones realizadas en ift Rosenheim [5], círculos de color naranja: las mediciones en el SA Rosenheim [6], triángulos verdes: las mediciones en el banco de pruebas del techo de Knauf, Iphofen [7]. Derecha: representación dependiente de la frecuencia de la transmisión del sonido de impacto al caminar sobre una manta.

La causa de la débil correlación se muestra en la Figura 2 - se muestra a la derecha en la base de la representación dependiente de la frecuencia de una transmisión de sonido de impacto típico al caminar sobre un techo de madera. A partir de los niveles se pueden ver claramente que casi toda la transmisión tiene lugar por debajo de 100 Hz al caminar sobre el techo. Por el contrario, en la evaluación del sonido de impacto estándar según la norma DIN EN ISO 717-2 con exclusión de la gama de frecuencias de **100 a 3150 Hz para el valor individual ($L_{n,w}$) utilizado. La $L_{n,w}$ no puede por lo tanto evaluar correspondiente a la gama de la percepción subjetiva por debajo de 100 Hz. Una correlación mejor es por lo tanto accesible sólo por una evaluación modificada del sonido de impacto estándar.**

tercera procedimientos de evaluación de alternativas

Para abordar el problema de la baja correlación entre goer real y el sonido de impacto estándar nominal, estaba en DIN EN ISO un término de adaptación espectro C 717-2_{yo} introducido, que también se puede aplicar para la gama de frecuencias hacia abajo **extendida hasta 50 Hz ($C_{1,50-2500}$). Al tomar en cuenta adicionalmente el valor de adaptación espectro ($L_{n,w} + C_{1,50-2500}$) la correlación se mejora significativamente, como muestra la figura 5 (sección 3).**

Además de este método estandarizado más procedimientos de evaluación de alternativas se han presentado en la literatura [17], [18], [19] cuyas curvas de valor se muestra en la Figura 3.

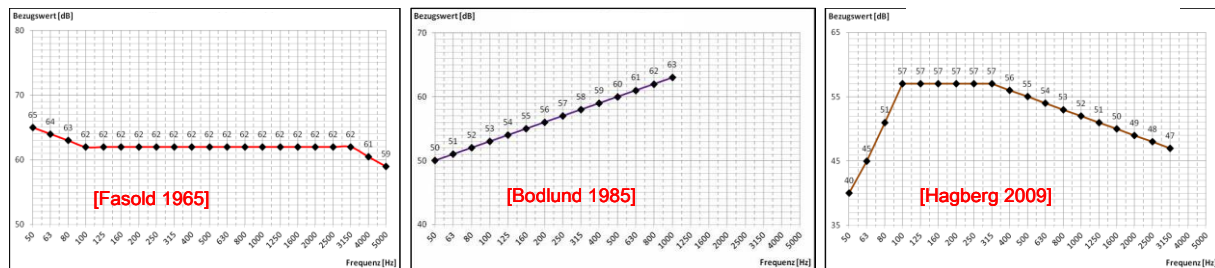


Figura 3: curvas de evaluación alternativas [17], [18], [19].

Para comparar los procedimientos de evaluación, en primera fue la correlación entre la $L_{n,w} + C_{1,50-2500}$ y los resultados de los métodos de valoración alternativa investigados [8]. Este tema 356 pruebas estándar se utilizan para techos de madera a partir de la base de datos de la ift Rosenheim. Como muestra la Figura 3, para los dos procesos de revisión reciente de acuerdo con Bodlund [18] y Hagberg [19], la correlación es sorprendentemente buena. Por lo tanto, 717-2 esperar ninguna diferencia sustancial con el procedimiento estándar de acuerdo con DIN EN ISO es.

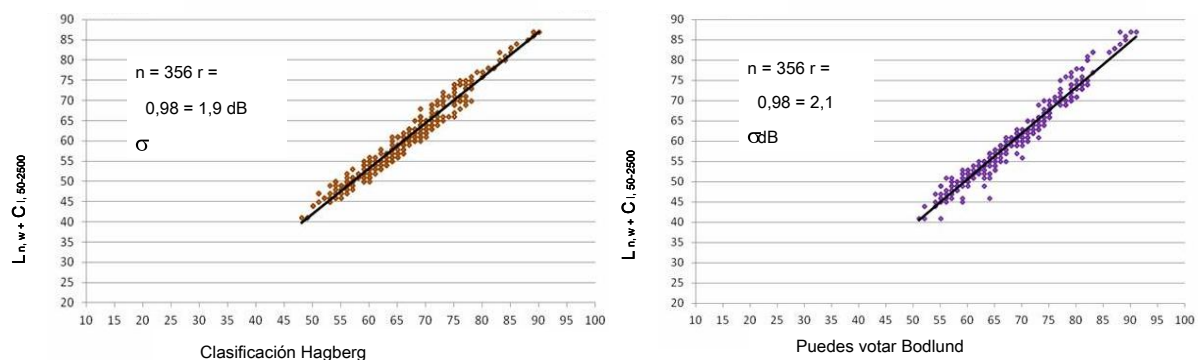


Figura 4: Correlación entre $L_{n,w} + C_{1,50-2500}$ y las evaluaciones como Bodlund [18] y Hagberg [19] Número de $n = 356$, el coeficiente de correlación $r = 0,98$, desviación estándar = 1,9 y 2,1 dB

cuarto Valores objetivo de desarrollo de componentes

Antes de la correlación entre $L_{AFmax,n}$ y $L_{n,w} + C_{1,50-2500}$ puede ser utilizado para establecer los valores de destino es cuestión de si la evaluación del ruido de impactos al caminar sobre el techo es en realidad auditivamente por la A-calificación común. Para este propósito, en la figura 5 - mucho más grande salió de la Revisión del sonido de impacto y más precisa la tasa de Zwicker [20] comparación. Se ha encontrado que un buen partido se puede lograr, al menos para este tipo de excitación y en el intervalo correspondiente de valores entre 25 y 45 dB (A).

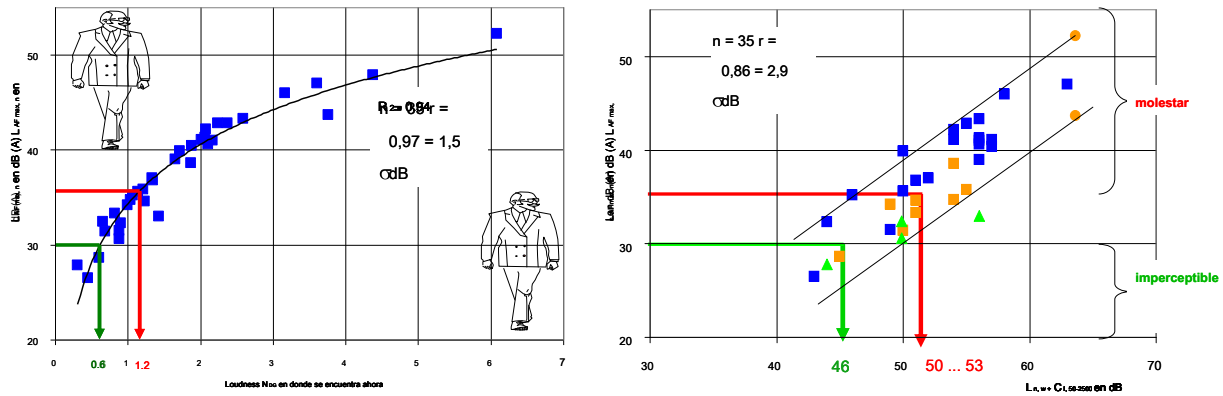


Figura 5: Valores objetivo para el desarrollo de componentes. Enlaces: relación entre la $L_{AFmax, n}$ y sonoridad de acuerdo con Zwicker [20]. Derecha: correlación entre la $L_{AFmax, n}$ y $L_{n, w} + C_{i, 50-2500}$

Figura 5 muestra los ahora claramente mejor enlace entre las sanguijuelas sonido de impacto A-ponderado al caminar sobre el techo y DIN EN ISO 717-2 con $L_{n, w} + C_{i, 50-2500}$ rated mediciones de plantas Hammer. Esto también se verá que en la Figura 2 - Correlación izquierda muestra, débil menos por el tipo de excitación con el mecanismo de martillo estándar que por la evaluación incorrecta en la $L_{n, w}$ fue causado.

Que se establecen los objetivos para un buen aislamiento acústico ahora se puede considerar la percepción subjetiva. En algunos países europeos ya implementado solicitud a la $L_{n, w} + C_{i, 50-2500} \leq 53$ dB [16] corresponde a en la figura 5 - a la derecha en aproximadamente un $L_{AFmax, n} \leq 35-37$ dB (A). De acuerdo a la experiencia, se espera que por encima de este límite de perturbar las transmisiones de sonido de impacto [13]. Para una $L_{n, w} + C_{i, 50-2500} \leq 46$ dB es el nivel de sonido de impacto A-ponderado en aproximadamente $L_{AFmax, n} \leq 30$ dB (A) y, en función del ruido ambiente, apenas perceptible. El estos valores objetivo ($L_{n, w} + C_{i, 50-2500} \leq 53$ dB o ≤ 46 dB) asociado con el nivel de sonido de impacto A-ponderada ($L_{AFmax, n} \leq 35$ dB (A) o ≤ 30 dB (A)) resultado en la Figura 5 - el reducir a la mitad izquierda de la sonoridad, que está también en la sensación subjetiva de reducción a la mitad.

quinto implementación del diseño

Para la implementación del diseño en el desarrollo de componentes representar a la optimización acústica esencialmente dos opciones. El aumento de la masa y mejorar el desacoplamiento. Mediante el aumento de la masa en forma de un Rohdeckenbeschwerung o una ponderación del techo suspendido la excitabilidad (admitancia) se reduce y por lo tanto una emisión de ruido más bajo. El desacoplamiento por un pavimento flotante o un techo suspendido por encima de la frecuencia de resonancia sintonizado suficientemente profundo reducida de la transmisión de las vibraciones de componentes dentro de la estructura.

El desarrollo de herramientas de diseño para estructuras de techo acústicamente optimizado sobre la base de estos enfoques se hizo mediante cálculos numéricos de la transmisión del sonido de impacto [5]. Para ello, un modelo de cálculo basado en lo finito se desarrolló el Método de Elementos (FEM) en la Universidad Técnica de Munich y la base de los resultados de medición a partir de la base de datos del centro de IFT insonorización validado. Sobre la base de los cálculos numéricos del modelo validado las interacciones de los componentes del techo se investigaron con poco esfuerzo y se desarrollan diseños optimizados. Después de la medición de prueba de las estructuras optimizadas, los resultados fueron apoyadas por una evaluación sistemática de la base de datos de techo en iftSchallschutzzentrum, recogido en forma de ayudas de construcción (véase el Apéndice) como un ejemplo de las estructuras de techo optimizadas, la Figura 6 muestra la comparación de los resultados de medición de un techo de madera sólida y un techo de vigas con los niveles de sonido de impacto estándar de convencional losas de hormigón armado. Como un enfoque de optimización, el nivel de sonido (elemento madera sólida o sublímite) se quejaba aquí.

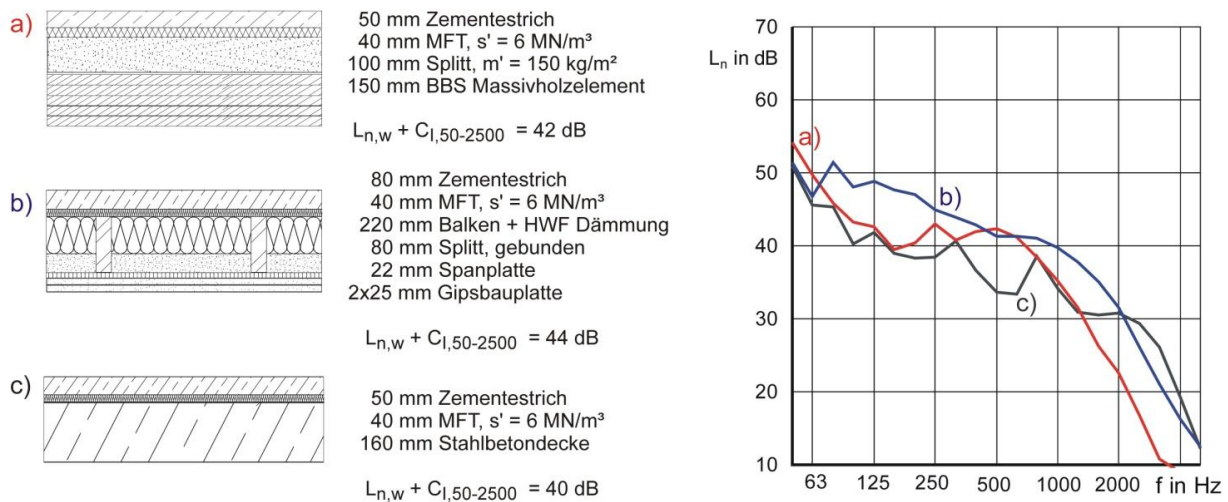


Figura 6: Observaciones optimizado techos de madera mediante el aumento de la masa en comparación con losas de hormigón armado [5]

Un ejemplo de techo optimizado por eficazmente desacoplamiento muestra en la Figura 7. puede ser la muestra de comparación que con un diseño apropiado, el aislamiento buen sonido de un techo de hormigón reforzado con techo mucho más ligero alcanzado.

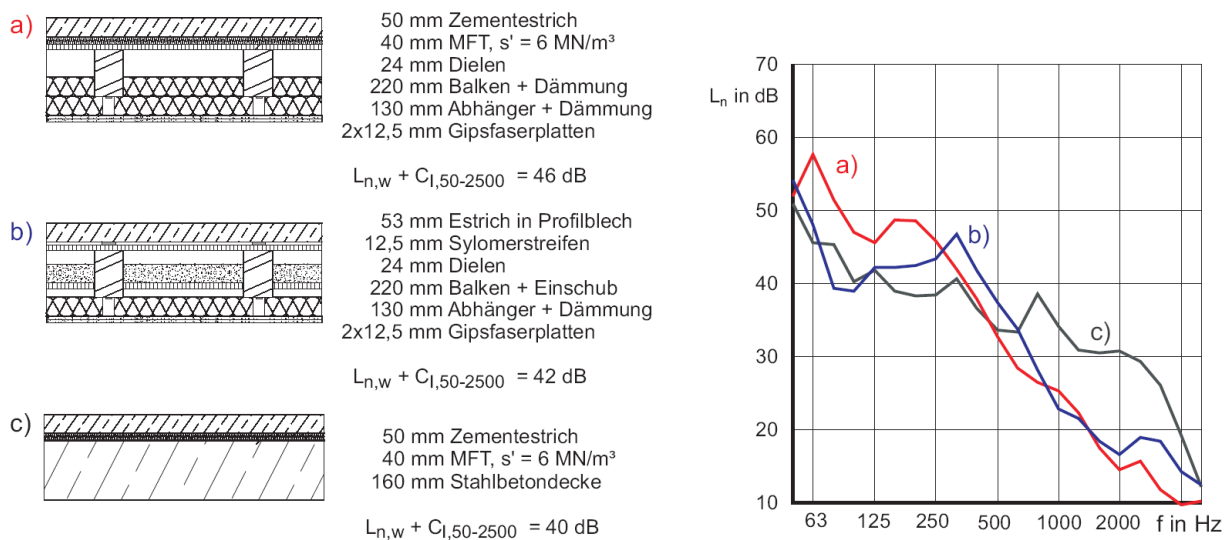


Figura 7: Los valores medidos optimizados por techos de madera techos suspendidos - nueva construcción y renovación contratos - En comparación con losas de hormigón armado [21]

sexto resumen

Para la satisfacción de los residentes con el aislamiento acústico del techo prevalecerá la percepción subjetiva de la transmisión del sonido de impacto. Como una medida de la sensación subjetiva del nivel de ruido de impacto ponderado puede ser utilizado en la comisión del techo. Dado que entre el nivel de ruido de impacto ponderado y la $L_{n,w}$ como Einzahlbewertung según la norma DIN EN ISO 717-2, existe una conexión suficiente, era para el establecimiento de los valores objetivo a alcanzar, la evaluación adicional por la adaptación espectro $C_{l,50-2500}$ utilizado. Basado en la correlación ahora suficiente podría apuntar a los valores ($L_{n,w} + C_{l,50-2500}$ ajustar $\leq 53 \text{ dB}$ o $\leq 46 \text{ dB}$), y desarrollado estructuras de techo diseñadas apropiadamente como "manifestantes". En el siguiente paso, estos manifestantes están implementando diseños optimizados en cooperación con los fabricantes de beneficios de costo y para comprobar el estado ejecutado en la construcción.

7º acción de gracias

El autor desea agradecer útil para los debates y la cooperación sobre todo con el Prof. Schanda (SA Rosenheim), el Dr. Rumler y el Sr. Seidel (Knauf Gips KG). Y por el apoyo financiero de la FIA y los HAF en los proyectos citados.

octavo literatura

- [1] DIN 4109, aislamiento acústico en edificios, requisitos y pruebas de noviembre de 1989 y el suplemento 1 de la norma DIN 4109 Aislamiento acústico en edificios, los ejemplos de construcción y los métodos de cálculo, noviembre de 1989
- [2] Reichelt, H., sonido y vibración soluciones en la construcción en madera, trabajo del proyecto, la Universidad de Rosenheim, 2008
- [3] DIN EN ISO 717-2, Acústica - Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción - Parte 2: el aislamiento acústico de impacto (ISO 717-2: 1996 + AM1: 2006); versión alemana EN ISO 717-2: 1996 + A1: 2006. 2006
- [4] EN ISO 140-6: 1998-8 Acoustics; Medición del aislamiento acústico en los edificios y de elementos de construcción - Parte 6: Medición de impacto sonido aislamiento de suelos en bancos de pruebas o DIN EN ISO 10140-3: 2010-12 Acoustics - Medición de aislamiento acústico de los componentes en la prueba - Parte 3: Medición del aislamiento del sonido de impacto
- [5] Rabold, A., Rango, E., la aplicación del método de los elementos finitos para el sonido del impacto de cálculo informe parte del proyecto de cooperación: investigación de las interacciones acústicas del techo de madera y revestimientos del suelo para desarrollar nuevas medidas de protección contra el ruido, IBP Stuttgart, Universidad Técnica de Múnich, ift Rosenheim, dgfh 2009 [6]
- Erhardt, D., Morkötter, D., pasos tentativos en los techos de madera para la comparación con los niveles de ruido de impacto estándar evaluados de acuerdo a la norma DIN EN ISO 717, Tesis de Estudiantes de la Universidad de Rosenheim, en 2010 [7]
- Seidel, J., mediciones de ruido de impacto y caminar en el banco de pruebas del techo de la empresa. Knauf Gips KG, Iphofen, 2010
- [8] Mueller, D., Schmitz, S., Weber, M., la comparación de diferentes curvas de gasto para el sonido del impacto de mantas, trabajo de estudio de la Universidad de Rosenheim, 2010
- [9] Hveem, S., HOMB, A., La Haya Berg, K., Rindel, JH, "el ruido de pisadas de baja frecuencia en edificios de varios pisos de estructura de madera", informe de NKB 1996: 12 E
- [10] Jeon, J., Y., Jeong, JH, "Evaluación objetivas y subjetivas de piso Impacto Ruido", Journal of Temporal Diseño en Arquitectura y Medio Ambiente, 2002, 2, 20-28
- [11] Warnock, ACC, "la transmisión del sonido de impacto de baja frecuencia a través de sis- piso TEMS "Internoise, 2000
- [12] Scholl, W., "La máquina de impactos debe aprender a caminar", Actas DAGA, 2001
- [13] Burkhart, C., de baja frecuencia Rumble - resultados de la medición, las posibles causas, Actas DAGA 2002
- [14] B. Rasmussen, JH Rindel: El aislamiento acústico de las viviendas - requisitos legales en Europa y la evaluación subjetiva de confort acústico. Actas de DAGA, 2003, 118-121
- [15] Kuhn, B., R. Blicke, "de aislamiento de sonido y para caminar ruidos inmisión de general tapa tiro hecho de madera ", WKSB, 2004, 52
- [16] Lang, J., aislamiento acústico en las viviendas, informe de investigación IFIP Universidad Tecnológica de Viena de 2006
- [17] W. Fasold, investigaciones a lo largo de la curva objetivo para el sonido de impacto protección en edificios residenciales, Acustica, 1965, 15, 271-284

[18] Bodlund, K., "curvas de referencia alternativos para la evaluación del sonido de impacto insulation entre viviendas", Journal of Sound and Vibration, 1985, v. 102 (3), 381-402

[19] K. Hagberg, "Evaluación de aislamiento de sonido en el campo," Ingeniería Acústica, LTH, TVBA-3127 (2009)

[20] Zwicker, E., Fasti, H. Widmann, U., Kurakata, K., Kuwano, S. Namba, S., pro-Gramo para el cálculo de sonoridad gemäß la norma DIN 45631 (ISO 532B), Revista de la Sociedad Acústica de Japón, 12, 39-42, 1991

[21] Rabold, A., Hess Ingersoll, J., Bacher, S., aislamiento acústico, vigas de madera en el alto La renovación de edificios, Mikado más 3, 2008

noveno apéndice

Konstruktionshilfen	Zielwert:			
	$L_{nw} + C_{1,50-2500} \leq 53 \text{ dB}$		$L_{nw} + C_{1,50-2500} \leq 46 \text{ dB}$	
	Verkehrslast		Verkehrslast	
	$p < 2,5 \text{ kN/m}^2$	$p < 5 \text{ kN/m}^2$	$p < 2,5 \text{ kN/m}^2$	$p < 5 \text{ kN/m}^2$
	$\geq 50 \text{ mm ZE, } m' \geq 120$ $\geq 40 \text{ mm TSD, } s' \leq 7$ $\geq 60 \text{ mm Splitt, } m' \geq 90 \text{ oder}$ $\geq 40 \text{ mm Betonpl., } m' \geq 100$ $\geq 13 \text{ mm V20, } m' \geq 7$ $\geq 24 \text{ mm Dielen, } m' \geq 11$ $\geq 200 \text{ mm Balken}$	$\geq 25 \text{ mm TE, } m' \geq 25$ $\geq 12 \text{ mm TSD, } s' \leq 40$ $\geq 120 \text{ mm Splitt, } m' \geq 180$ $\geq 13 \text{ mm V20, } m' \geq 7$ $\geq 24 \text{ mm Dielen, } m' \geq 11$ $\geq 200 \text{ mm Balken}$	$\geq 80 \text{ mm ZE, } m' \geq 190$ $\geq 20 \text{ mm TSD, } s' \leq 20$ $\geq 100 \text{ mm Splitt, } m' \geq 150$ $\geq 13 \text{ mm V20, } m' \geq 7$ $\geq 24 \text{ mm Dielen, } m' \geq 11$ $\geq 200 \text{ mm Balken}$	$\geq 80 \text{ mm ZE, } m' \geq 190$ $\geq 40 \text{ mm TSD, } s' \leq 7$ $\geq 100 \text{ mm Splitt, } m' \geq 150$ $\geq 13 \text{ mm V20, } m' \geq 7$ $\geq 24 \text{ mm Dielen, } m' \geq 11$ $\geq 200 \text{ mm Balken}$
	$\geq 50 \text{ mm ZE, } m' \geq 120$ $\geq 40 \text{ mm TSD, } s' \leq 7$ $\geq 60 \text{ mm Splitt, } m' \geq 90 \text{ oder}$ $\geq 50 \text{ mm Betonpl., } m' \geq 120$ $\geq 22 \text{ mm V20, } m' \geq 14$ $\geq 220 \text{ mm Balken + Däm.}$ $\geq 24 \text{ mm Lattung}$ $\geq 12,5 \text{ mm GKB, } m' \geq 10$ $\geq 12,5 \text{ mm GKB, } m' \geq 10$	$\geq 25 \text{ mm TE, } m' \geq 25$ $\geq 12 \text{ mm TSD, } s' \leq 40$ $\geq 30 \text{ mm Splitt, } m' \geq 45 \text{ oder}$ $\geq 50 \text{ mm Betonpl., } m' \geq 120$ $\geq 22 \text{ mm V20, } m' \geq 14$ $\geq 220 \text{ mm Balken + Däm.}$ $\geq 100 \text{ mm Abh. + Däm.}$ $\geq 12,5 \text{ mm GF, } m' \geq 13$ $\geq 12,5 \text{ mm GF, } m' \geq 13$	$\geq 50 \text{ mm ZE, } m' \geq 120$ $\geq 20 \text{ mm TSD, } s' \leq 20$ $\geq 60 \text{ mm Splitt, } m' \geq 90$ $\geq 22 \text{ mm V20, } m' \geq 14$ $\geq 220 \text{ mm Balken + Däm.}$ $\geq 100 \text{ mm Abh. + Däm.}$ $\geq 12,5 \text{ mm GF, } m' \geq 13$ $\geq 12,5 \text{ mm GF, } m' \geq 13$	$\geq 50 \text{ mm ZE, } m' \geq 120$ $\geq 40 \text{ mm TSD, } s' \leq 7$ $\geq 22 \text{ mm V20, } m' \geq 14$ $\geq 220 \text{ mm Balken + Däm.}$ $\geq 100 \text{ mm Abh. + Däm.}$ $\geq 12,5 \text{ mm GF, } m' \geq 13$ $\geq 25 \text{ mm GKB, } m' \geq 20$ $\geq 25 \text{ mm GKB, } m' \geq 20$
	$\geq 50 \text{ mm ZE, } m' \geq 120$ $\geq 40 \text{ mm TSD, } s' \leq 7$ $\geq 220 \text{ mm Balken mit}$ $\geq 220 \text{ mm HWF, druckfest}$ $\geq 22 \text{ mm V20, } m' \geq 14$ $\geq 25 \text{ mm GKB, } m' \geq 20$ $\geq 25 \text{ mm GKB, } m' \geq 20$			$\geq 80 \text{ mm ZE, } m' \geq 120$ $\geq 40 \text{ mm TSD, } s' \leq 7$ $\geq 220 \text{ mm Balken mit}$ $\geq 140 \text{ mm HWF, druckfest}$ $\geq 80 \text{ mm Splitt, geb.}$ $\geq 22 \text{ mm V20, } m' \geq 14$ $\geq 25 \text{ mm GKB, } m' \geq 20$ $\geq 25 \text{ mm GKB, } m' \geq 20$

ZE: Zement-, Anhydrit-, oder Flieseestrich mit der angegebenen flächenbezogenen Masse m' in kg/m^2
TE: Gipsfaser Trockenestrichelemente, mit der angegebenen flächenbezogenen Masse m' in kg/m^2
V20, Dielen: Verlegespanplatten und Massivholzdielen mit der angegebenen flächenbezogenen Masse m' in kg/m^2
TSD: Mineralfaser- oder Holzweichfaser Trittschalldämmplatte mit der angegebenen dynamischen Steifigkeit s' in MN/m^3
Splitt: Kalksplitt in Pappwaben, oder gebundener Splitt mit Latexmilch oder Zementemulsion, mit der angegebenen flächenbezogenen Masse m' in kg/m^2
Betonpl.: Betonplatten, auf der Rohdecke verklebt oder im Sandbett verlegt, Kantenlänge $\leq 0,30 \text{ m}$, mit der angegebenen flächenbezogenen Masse m' in kg/m^2
Balken, Däm.: Balkenlage nach Statik mit Hohlraumdämmung aus Faserdämmstoff, $d \geq 100 \text{ mm}$
HWF: Druckfeste Holzweichfaser Dämmplatte, Rohdichte $\rho \approx 140 \text{ kg/m}^3$
Lattung: Massivholzlatten, $24 \times 48 \text{ mm}$, geschraubt, geklammert oder genagelt, Achsabstand 417 mm
Abh.: Federschienen und Abhänger mit Entkopplung durch Sylomer und Hohlraumdämmung aus Faserdämmstoff, $d \geq 100 \text{ mm}$
GF, GKB: Gipsfaserplatten und Gipskartonplatten mit der angegebenen flächenbezogenen Masse m' in kg/m^2

Konstruktionshilfen	Zielwert:			
	$L_{nw} + C_{1,50-2500} \leq 53 \text{ dB}$		$L_{nw} + C_{1,50-2500} \leq 46 \text{ dB}$	
	Verkehrslast		Verkehrslast	
	$p < 2,5 \text{ kN/m}^2$	$p < 5 \text{ kN/m}^2$	$p < 2,5 \text{ kN/m}^2$	$p < 5 \text{ kN/m}^2$
	$\geq 50 \text{ mm ZE, } m' \geq 120$ $\geq 40 \text{ mm TSD, } s' \leq 7$ $\geq 60 \text{ mm Splitt, } m' \geq 90$ $\geq 150 \text{ mm MHD, } m' \geq 50$	$\geq 25 \text{ mm TE, } m' \geq 25$ $\geq 12 \text{ mm TSD, } s' \leq 40$ $\geq 120 \text{ mm Splitt, } m' \geq 180$ $\geq 150 \text{ mm MHD, } m' \geq 50$	$\geq 80 \text{ mm ZE, } m' \geq 190$ $\geq 20 \text{ mm TSD, } s' \leq 20$ $\geq 120 \text{ mm Splitt, } m' \geq 180$ $\geq 150 \text{ mm MHD, } m' \geq 50$	$\geq 50 \text{ mm ZE, } m' \geq 120$ $\geq 40 \text{ mm TSD, } s' \leq 7$ $\geq 120 \text{ mm Splitt, } m' \geq 180$ $\geq 150 \text{ mm MHD, } m' \geq 50$
	$\geq 50 \text{ mm ZE, } m' \geq 120$ $\geq 40 \text{ mm TSD, } s' \leq 7$ $\geq 70 \text{ mm Beton, } m' \geq 170$ $\geq 150 \text{ mm MHD, } m' \geq 50$	$\geq 12 \text{ mm TE, } m' \geq 13$ $\geq 28 \text{ mm V20, } m' \geq 16$ $\geq 30 \text{ mm TSD, } s' \leq 15$ $\geq 120 \text{ mm Beton, } m' \geq 290$ $\geq 150 \text{ mm MHD, } m' \geq 50$	$\geq 80 \text{ mm ZE, } m' \geq 190$ $\geq 30 \text{ mm TSD, } s' \leq 15$ $\geq 120 \text{ mm Beton, } m' \geq 290$ $\geq 150 \text{ mm MHD, } m' \geq 50$	$\geq 50 \text{ mm ZE, } m' \geq 120$ $\geq 40 \text{ mm TSD, } s' \leq 7$ $\geq 120 \text{ mm Beton, } m' \geq 290$ $\geq 150 \text{ mm MHD, } m' \geq 50$
	$\geq 50 \text{ mm ZE, } m' \geq 120$ $\geq 40 \text{ mm TSD, } s' \leq 7$ $\geq 70 \text{ mm Beton, } m' \geq 170$ $\geq 100 \text{ mm Splitt, } m' \geq 150$ $\geq 150 \text{ mm MHD, } m' \geq 50$	$\geq 25 \text{ mm TE, } m' \geq 25$ $\geq 12 \text{ mm TSD, } s' \leq 40$ $\geq 70 \text{ mm Beton, } m' \geq 170$ $\geq 100 \text{ mm Splitt, } m' \geq 150$ $\geq 150 \text{ mm MHD, } m' \geq 50$	$\geq 50 \text{ mm ZE, } m' \geq 120$ $\geq 20 \text{ mm TSD, } s' \leq 20$ $\geq 70 \text{ mm Beton, } m' \geq 170$ $\geq 100 \text{ mm Splitt, } m' \geq 150$ $\geq 150 \text{ mm MHD, } m' \geq 50$	$\geq 50 \text{ mm ZE, } m' \geq 120$ $\geq 40 \text{ mm TSD, } s' \leq 7$ $\geq 70 \text{ mm Beton, } m' \geq 170$ $\geq 100 \text{ mm Splitt, } m' \geq 150$ $\geq 150 \text{ mm MHD, } m' \geq 50$

ZE: Zement-, Anhydrit-, oder Flieseestrich mit der angegebenen flächenbezogenen Masse m' in kg/m^2
TE: Gipsfaser Trockenestrichelemente, mit der angegebenen flächenbezogenen Masse m' in kg/m^2
V20: Verlegespanplatten, mit der angegebenen flächenbezogenen Masse m' in kg/m^2
TSD: Mineralfaser- oder Holzweichfaser Trittschalldämmplatte mit der angegebenen dynamischen Steifigkeit s' in MN/m^3
Splitt: Kalksplitt in Pappwaben, oder gebundener Splitt mit Latexmilch, oder Zementemulsion, mit der angegebenen flächenbezogenen Masse m' in kg/m^2
Beton: Holzbetonverbund, mit der angegebenen flächenbezogenen Masse m' in kg/m^2
MHD: Brettstapel-, Brettstichholz-, Brettsperrholz-, Hohlkasten- oder Leimprofilholzdecken, mit der angegebenen flächenbezogenen Masse m' in kg/m^2 , Elementhöhe nach Statik