



### Schallschutzanforderungen an Gebäude und Aufzug

(Von der VDI 2566 zur DIN 8989)

Der Aufzug als Überträger von Luft- und Körperschall gerät immer öfter in den Blickpunkt, wenn die Wohnqualität bewertet wird. Für viele Menschen ist die Wohnung ein Rückzugsraum, um sich den vielfältigen Umwelteinflüssen zu entziehen. Die Überarbeitung der VDI 2566 Blatt 1 *Schallschutz bei Aufzugsanlagen mit Triebwerksraum* und Blatt 2 *Schallschutz bei Aufzugsanlagen ohne Triebwerksraum* zur DIN 8989 *Schallschutz in Gebäuden – Aufzüge* ist ein notwendiger Schritt, um die Leistungsverteilung in Bezug auf den Schallschutz zwischen Gebäude und Aufzug zu klären.

Erschütterungsimmissionen sind schädliche Umwelteinwirkungen im Sinne von § 3 Abs. 1 Bundes-Immissionsschutzgesetz, wenn sie nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen. Die immissionsschutzrechtlichen Normen enthalten Beurteilungsmaßstäbe für die Schädlichkeit von Erschütterungsimmissionen, die auf Gebäude und auf Menschen in Gebäuden bei üblicher Nutzung einwirken. Werden diese Beurteilungsmaßstäbe eingehalten, ist immer auch der Gefahrenschutz, insbesondere der Gesundheitsschutz von Menschen, sichergestellt. In der DIN 4109-1, VDI 4100 und dem § 633 BGB werden Anforderungen an den Schallschutz im Hochbau definiert.

A) DIN 4109-1 Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen: Januar 2018

In der Tabelle 9 – Maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel in fremden schutzbedürftigen Räumen, erzeugt von gebäudetechnischen Anlagen und baulich mit dem Gebäude verbundenen Betrieben, gibt es folgende Anforderungen:

Zeile 2

*Sonstige hausinterne, fest installierte technische Schallquellen der technischen Ausrüstung, Ver- und Entsorgung sowie Garagenanlagen*

Spalte 3 und 4

*Maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel dB*

*Wohn- und Schlafräume  $L_{AF,max,n} \leq 30 \text{ dB(A)}$*

*Unterrichts- und Arbeitsräume  $L_{AF,max,n} \leq 35 \text{ dB(A)}$*

B) VDI 4100 Schallschutz im Hochbau – Wohnungen – Beurteilung und Vorschläge für erhöhten Schallschutz: Oktober 2012

*Tabelle 2. Empfohlene Schallschutzwerte der Schallschutzstufen (SSt) in Mehrfamilienhäusern Gebäudetechnische Anlagen (einschließlich Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam)*

Zeile 3 / Spalte 5 SSt I  $L_{AF,max,nT} \leq 30 \text{ dB(A)}$

Zeile 3 / Spalte 6 SSt II  $L_{AF,max,nT} \leq 27 \text{ dB(A)}$

Zeile 3 / Spalte 7 SSt III  $L_{AF,max,nT} \leq 24 \text{ dB(A)}$

C) § 633 BGB regelt den Anspruch auf die Ablieferung eines mangelfreien Gewerks. Dies gilt, wie für alle anderen Eigenschaften eines Bauwerkes, selbstverständlich auch für den Schallschutz. Daraus kann abgeleitet werden, dass ein Unternehmer auch dann, wenn vertraglich prinzipiell nur Mindestanforderungen an den Schallschutz eingehalten werden müssten, einen höheren Schallschutz schulden kann.

Dies ist immer dann der Fall, wenn die verwendeten Baustoffe und Konstruktionen bei mangelfreier Ausführung erwarten lassen, dass mit ihnen regelmäßig ein besserer



Schallschutz erreicht wird, als es die \*DIN 4109-1 in den Tabellen 2 bis 6 und 8 bis 10 vorgibt. Es ist hier nicht möglich, sich auf den Standpunkt der lediglich erforderlichen Erbringung des Mindestschallschutzes zurückzuziehen.

\*Hinweis: In der Aktualen DIN 4109-1 ist Tabelle 9 zu beachten

Im Urteil aus dem Jahr 2007 führt das BGH aus (AZ VII ZR 45/06):

*„Können durch die vereinbarte Bauweise bei einwandfreier, den anerkannten Regeln der Technik entsprechende Bauausführung höhere Schallschutzwerte erreicht werden als sie sich aus den Anforderungen der DIN 4109 ergeben, sind diese Werte unabhängig davon geschuldet, welche Bedeutung den Schalldämmmaßen der DIN 4109 sonst zukommt“.*

Die in der Position A und C beschriebenen Mindestanforderungen müssen alle haustechnischen Anlagen erfüllen. In der Pos. B (VDI 4100) werden u.a. erhöhte Schallschutzmaßnahmen beschrieben, die vertraglich zwischen den Vertragspartnern festgelegt werden sollten. Für Aufzüge, deren Komponenten und / oder Subsysteme gibt es keine Sonderregelungen.

Das o.g. Urteil des BGH impliziert, dass in schutzbedürftigen Räumen der max. Luftschalldruck  $L_{AF,max,n} < 30$  dB(A) sein muss. Um die Anforderungen aus dem Urteil umzusetzen, besteht die Möglichkeit, in Ausschreibungen / Pflichtenheften die SSt II gem. VDI 4100 mit  $\leq 27$  dB(A) zu fordern bzw. vertraglich zu vereinbaren.

Im DIN-Arbeitskreis NA 001-02-03-05 AK werden die VDI Richtlinien 2566 Blatt 1 und Blatt 2 in die DIN 8989 überführt. Bei dieser Überführung von einer VDI in eine DIN, werden die aktuellen Normen, Richtlinien und Urteile aufgenommen und in entsprechende Vorgaben umgesetzt. Die Vorgaben bestehen darin, dass an die Gebäudeausführung (flächenbezogene Massen (Wanddicken) und Lage der schutzbedürftigen Räume) eindeutige und nachprüfbar Mindestanforderungen gestellt werden.

Die DIN 8989 fordert von der Gebäudeausführung und vom Aufzugbau (Aufzug) zum Erreichen der Schutzziele entsprechende technische und bauliche Maßnahmen. Die Anforderungen in der DIN 8989 zum Erreichen der  $\leq 30$  dB(A) [SSt I], sind identisch mit der noch aktuellen VDI 2566 Blatt 2. Für den erhöhten Schallschutz gem. SSt II und SSt III wird der technische bzw. bauliche Mehraufwand (in der zukünftigen DIN 8989) zum Erreichen der erhöhten Schallschutzziele gleichmäßig verteilt.

In der Praxis bedeutet das:

Wenn das Schutzziel von SSt I auf SSt II erhöht wird, muss der Aufzug die Schalleistung um 1,5 dB(A) reduzieren. Bauseitig muss die Wand des Aufzugschachtes eine höhere flächenbezogene Masse (Wanddicke) erhalten, um das Schalldämm-Maß um 1,5 dB(A) zu erhöhen. Um SSt III gem. VDI 4100 zu erreichen, muss der Aufzug den max. Schalldruckpegel um weitere 1,5 dB(A) reduzieren und das Schalldämm-Maß der Aufzugschachtwand muss um weitere 1,5 dB(A) bauseitig erhöht werden.

Bauseitig erfolgt die Erhöhung des Schalldämm-Maßes durch eine höhere flächenbezogene Masse, was sich z.B. in den Wanddicken zwischen Aufzugschacht und schutzbedürftigem Raum widerspiegeln kann.

In der DIN 8989 gibt es entsprechende Tabellen aus denen hervorgeht, welche Leistungen die Bauseite und der Aufzugbau zu erfüllen haben. Die Lage der schutzbedürftigen Räume und die daraus resultierenden Schallschutzmaßnahmen werden explizit beschrieben.



Die DIN 8989 gibt beiden Gewerken mehr Sicherheit bei der Projektierung des Aufzugschachtes und der Aufzuges.

Wenn mit bestimmten Aufzugstypen gewünschte Schallschutzziele in schutzbedürftigen Räumen nicht zu erreichen sind, müssen Absprachen getroffen werden.

Wenn z.B. SSt III gefordert wird, kann dies zur Folge haben, dass A) der schutzbedürftige Raum nicht neben dem Aufzugschacht angeordnet wird, B) ein Aufzug ohne Triebwerksraum zum Erreichen der Schallschutzziele nicht möglich ist oder C) die flächenbezogene Masse der Wand entsprechend verändert werden muss.

Technische Anlagen erzeugen Luft- und Körperschall. Kritisch wird es im Besonderen, wenn z.B. der Antrieb oder andere Aufzugkomponenten direkt an einer Wand zum schutzbedürftigen Raum befestigt werden.

### Messungen

Wenn Mieter oder Wohnungseigentümer den Eindruck gewinnen, dass der gesetzliche oder die zugesicherten Schallschutzziele in schutzbedürftigen Räumen nicht erreicht werden, ist nicht zwingend der Aufzug die Ursache.

Es ist notwendig, dass Messungen gem. *DIN EN ISO 10052 Akustik – Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden – Kurzverfahren* (Oktober 2010) in den schutzbedürftigen Räumen durchgeführt werden. Bei diesen Messungen ist zu beachten, dass zwei Messungen im Hallraum (~Raummitte) erfolgen. Die Messung in der Raumecke, wie in der DIN EN ISO 10052 beschrieben, wird in der DIN 4109-1 explizit ausgeschlossen.

Als weiteres muss geprüft werden, ob  $L_{AF,max,n}$  oder  $L_{AF,max,nT}$  zur Bewertung des Schalldruckes im schutzbedürftigen Raum heranzuziehen ist.

$L_{AF,max,n}$ : mit der Frequenzbewertung „A“ und der Zeitbewertung „Fast“ gemessener maximaler Schalldruckpegel, bezogen auf die Bezugsabsorptionsfläche  $A_0 = 10 \text{ m}^2$ , der das Fließgeräusch der Armatur, das Einlaufgeräusch in den Sanitärgegenstand und das Ablaufgeräusch sowie ggf. das Eigengeräusch der Wasserversorgungsanlage gemeinsam erfasst.

Die messtechnische Ermittlung erfolgt gemäß DIN EN ISO 10052 in Verbindung mit DIN 4109-1:2018-01, Abschnitt 9, Tabelle 9, Fußnote c ohne Berücksichtigung einer Eckposition.

$L_{AF,max,nT}$ : Standard-Maximalpegel. Ein in Wohngebäuden auf eine Nachhallzeit von  $T_0 = 0,5 \text{ s}$  normierter mittlerer Maximalpegel; ermittelt als Mittelwert, bei dem die durch Einzelereignisse (kurzzeitige Geräuschspitzen) hervorgerufenen Maximalwerte des Schalldruckpegels, die im bestimmungsgemäßen Betriebsablauf auftreten, gemittelt werden. Es gibt noch weitere Gesichtspunkte wie Fremd- / Umgebungsgeräusche usw., die entsprechend berücksichtigt werden müssen.

Die Anforderungen für  $L_{AF,max,n}$  bzw.  $L_{AF,max,nT}$  werden 1:1 auf den Aufzug übertragen.

- A)  $L_{AF,max,n}$  ist im Gegensatz zu  $L_{AF,max,nT}$  stark raumgrößenabhängig. Bei der Gebäudeplanung ist aber die endgültige Raumgröße in der Regel nicht (immer) bekannt.
- B) Bei großen Räumen führt die Verwendung von  $L_{AF,max,n}$  zu unnötig teuren Baumaßnahmen, um die Anforderungen einzuhalten.
- C) Bei großen, stark bedämpften (z. B. stark möblierten) Räumen entspricht  $L_{AF,max,n}$  nicht der Wahrnehmung im Raum.
- D) Die Verwendung von  $L_{AF,max,n}$  führt zu Verständnisproblemen bei den betroffenen Parteien, wie Nutzern, Architekten, Planern und Aufzugherstellern.



E) Die Verwendung von  $L_{AF,max,nT}$  führt zu praxisgerechten, der Wahrnehmung entsprechenden Ergebnissen.

Beispiel zum Unterschied zw.  $L_{AF,max,n}$  und  $L_{AF,max,nT}$ :

Für ein großes möbliertes Wohnzimmer mit 170 m<sup>3</sup> und einer Nachhallzeit von 0,6 s.

Die Geräusche des Aufzuges wurden in diesem Raum mit einem A-bewerteten Schalldruckpegel von 24 dB gemessen.

Aus diesen Daten ergibt sich:

$$L_{AF,max,nT} = 24 \text{ dB} - 0,8 \text{ dB} = 23,2 \text{ dB} \approx 23 \text{ dB}$$

$$L_{AF,max,n} = 24 \text{ dB} + 6,6 \text{ dB} = 30,6 \text{ dB} \approx 31 \text{ dB}$$

In diesem Beispiel wäre die Schallschutzstufe III nach VDI 4100 ( $L_{AF,max,nT}$ ) eingehalten, aber der Mindestschallschutz nach DIN 4109-1 ( $L_{AF,max,n}$ ) überschritten.

### Empfohlene vertragliche Vereinbarung:

In Ausschreibung, Pflichtenheft, Angebot und / oder Vertrag muss festgelegt werden, dass in schutzbedürftigen Räumen die Berechnung des Schalldruckpegels auf Basis von  $L_{AF,max,nT}$  erfolgt. Wird ein erhöhter Schallschutz, z.B. SSt II oder SSt III, gefordert, ist eine vertragliche Vereinbarung empfehlenswert bzw. notwendig.

### Prüfung des Aufzuges

Eine Prüfung des Aufzuges ist erforderlich, um zu bewerten, ob der Aufzug die geforderten Grenzwerte gem. der zukünftigen DIN 8989 einhält. Aus den Erfahrungen der letzten Jahre zeigt sich, dass der Aufzug nicht zwingend die Ursache ist, wenn der Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen nicht eingehalten wird. Stattdessen kommt es vor, dass das Gebäude bzw. der Aufzugschacht nicht alle Anforderungen (flächenbezogene Masse, Schalldämm-Maß, Ausführung der Dehnfugen, Lage des schutzbedürftigen Raumes usw.) erfüllen oder in dem Lastenheft / Ausschreibung Angaben unvollständig oder fehlerhaft aufgeführt sind. Werden Privat-, Partei- oder Gerichtsgutachten vorgelegt, sollten diese sehr genau geprüft werden. Nicht selten weisen Gutachten Mängel auf oder berücksichtigen die Anforderungen aus der VDI 2566 bzw. der DIN 8989 nicht vollumfänglich.

Kommen Synchronantriebe oder Asynchronantriebe mit Getriebe im Aufzug zum Einsatz, muss geprüft werden, ob die Anforderungen aus der DIN EN 60034-1 (VDE 0530-1) *Drehende elektrische Maschinen – Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten* in Bezug auf die Einschaltdauer beachtet wurden. Bei einer Einschaltdauer von 40% ED muss der Antrieb nach 4 Minuten Fahrtzeit für 6 Minuten in den Stillstand versetzt werden. Wird die Einschaltdauer überschritten, können sich die Schwingungen (Schwingweg, Schwingbeschleunigung und Schwinggeschwindigkeit) des Antriebes erhöhen. Wird bei Prüfungen die zulässige Einschaltdauer überschritten, erhöht sich der Körperschall, was sich im schutzbedürftigen Raum negativ auf den Schalldruckpegel auswirken kann (die Schutzziele können verfehlt werden).

Bei Schalldruckmessungen in schutzbedürftigen Räumen müssen mögliche Fremdgeräusche (Kühlschrank, Lüftung, Waschmaschine, Straßenverkehr usw.) bei der Bewertung mitberücksichtigt oder entsprechend eliminiert werden. Die Aufzugfirma bzw. der Montagebetrieb sollte wissen, welchen Luft- und Körperschall der Aufzug emittiert. Ist dies nicht der Fall, ist es unumgänglich entsprechende Oktavbandmittenfrequenz-Prüfungen und -Messungen nach VDI 2566 bzw. DIN 8989 an dem Aufzug vorzunehmen. Ein kritischer Punkt ist die Emission von Körperschall in die Aufzugschachtwand.



### Körperschall

Wenn die Schallschutzziele in schutzbedürftigen Räumen nicht erreicht werden, ist in der Regel der Körperschall bei Aufzügen ohne Triebwerksraum die (Stör-) Quelle. Bei Messungen an Aufzügen ohne Triebwerksraum wurden im Besonderen drei Frequenzbereiche identifiziert: Im Infraschallbereich ca. 0,8 Hz bis 5 Hz, im Hörbereich ca. 100 Hz bis 200 Hz sowie ca. 1.000 Hz bis 1.600 Hz. Die Frequenzen im Infraschallbereich haben keine bzw. sehr geringe Auswirkungen auf den Luftschall. Der Infraschall kann von dem Nutzer des Raumes als (unangenehmen) Körperschall / Schwingung wahrgenommen werden. Um einen möglichen negativen Einfluss des Infraschall zu reduzieren oder auszuschließen, sollten der Estrich, der Bodenbelag oder die Möbel im schutzbedürftigen Raum keinen direkten Kontakt zur Schachtwand haben.

Der Frequenzbereich von ca. 100 Hz bis 200 Hz ist ein kritischer Bereich. Diese Frequenzen liegen im Hörbereich des Menschen und werden im Besonderen bei dem Beschleunigen des Fahrkorbes bzw. Gegengewichtes erreicht. Die Frequenz von 125 Hz ist die Frequenz mit dem höchsten Störpotential. Der emittierte Körperschallpegel [dB] bei der Frequenz von 125 Hz muss durch konstruktive Maßnahmen soweit als möglich reduziert werden. Eine Reduzierung des Körperschallpegels bei 125 Hz ist durch konstruktive Maßnahmen möglich. Dabei ist zu beachten, dass Maßnahmen zur Körperschallreduzierung (Veränderung von Masse / Widerstandsmomenten, Schienenhalterungen, Antriebsrahmen, Gegengewichtsschienen usw.) langfristig die Körperschallemissionen eliminieren müssen. Schwingungsisolierungen aus Kunststoffen und Kunststoffgemischen haben je nach Belastung nur einen begrenzten Abnutzungsvorrat. Schwingungsisolierungen für den Antrieb müssen unter dem Gesichtspunkt der wirkenden Kräfte, Frequenzen, dem Schwingweg, der Schwinggeschwindigkeit und der Schwingbeschleunigung ausgelegt werden. Je weiter die Schwingungsisolierungen von der Quelle entfernt sind, umso besser wirkt die Körperschallisolierung.

Die (Körperschall-) Frequenzen im Bereich von ca. 1.000 Hz bis 1.600 Hz sind nicht zu vernachlässigen, bereiten bei dem Erreichen der geforderten Schallschutzziele in schutzbedürftigen Räumen jedoch einen vergleichsweise geringen Konstruktionsaufwand. Das Schalldämm-Maß einer Wand steht in einem kausalen Zusammenhang zu der emittierten Frequenz. Je, höher die emittierte Frequenz umso besser ist das Schalldämm-Maß der Wand.

Die v.g. Frequenzen und die daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen können nicht zwingend auf jeden Aufzug übertragen werden. Um wirkungsvolle Maßnahmen / Konzepte für unterschiedliche Aufzüge zur Körperschallreduzierung zu erarbeiten, müssen auf den Einzelfall abgestimmte Messungen durchgeführt werden. Mit den gewonnen Messwerten können Konstruktionen und Komponenten angepasst werden.

### Prüfung wenn Schutzziele nicht erreicht werden

Erfüllt der Aufzug die Anforderungen aus der VDI 2566 bzw. der DIN 8989 aber die Schutzziele im schutzbedürftigen Raum werden nicht eingehalten, sind folgende Punkte zu prüfen:

- Entspricht die Wanddicke der Planung bzw. den bauseitigen Vorgaben?
- Entspricht die flächenbezogene Masse (die nicht zwingend von der Dicke der Wand abhängig ist) den bauseitigen Vorgaben?



- Wie sind die flankierenden Bauteile ausgelegt (flächenbezogene Masse)?
- Wie ist die Funktionalität von Dehnfugen zwischen Aufzugschacht und schutzbedürftigen Räumen, Treppenhaus usw.?
- Entspricht die Lage des schutzbedürftigen Raumes der Planung bzw. der Information an die Aufzugfirma / den Montagebetrieb?
- Welche Frequenzen werden durch den Aufzug in die Aufzugschachtwand emittiert?

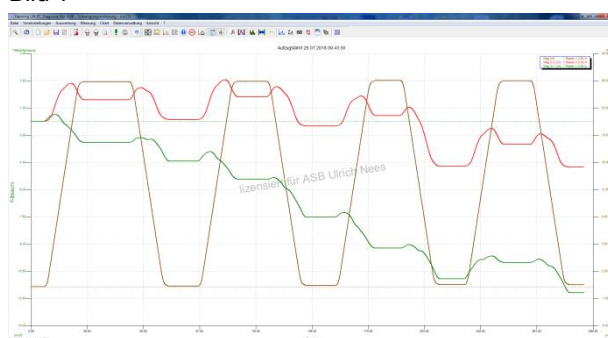
Die Nachprüfung der bauseitig zugesagten Qualitäten (flächenbezogene Masse, Schalldämm-Maß der Wand bezogen auf die emittierte Frequenz des Aufzuges, Wanddicke usw.) ist aufwendig. Evtl. müssen mittels Kernlochbohrungen die flächenbezogene Masse der Wand und die Wanddicke ermittelt werden. Die Prüfung von flankierenden Bauteilen ist nicht weniger aufwendig und entsprechend kostenintensiv. Alternativ zu dem „mechanischen Verfahren“ gibt es die Möglichkeit der Ultraschall-Laufzeitenmessung.

Als kostengünstige Alternative bietet sich die Messung der tatsächlich emittierten Frequenzen und Körperschallpegel des Aufzuges in die Schachtwand an. Durch eine Reihe von Körperschallmessungen an Aufzugschachtwänden kann nicht ausgeschlossen werden, dass die durch den Aufzug emittierten Frequenzen unterhalb der Prüffrequenzen (Oktavbandmittenfrequenz) 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz und 500 Hz liegen.

### Körperschall- / Schwingungsisolierungen

Bei Aufzügen ohne Triebwerksraum spielt der Luftschall eine untergeordnete Rolle. Der Körperschall bzw. die Schwingungen, erzeugt durch den Aufzug, ist der kritische Punkt. Der Aufzug emittiert über die Kontaktpunkte (Profilschiene, Dübel, Wandanker usw.) Körperschall / Schwingungen in die Aufzugschachtwand. Es gibt unterschiedliche technische Möglichkeiten, die Einleitung von Körperschall / Schwingungen in die Schachtwand zu reduzieren. Schwingungsisolatoren sind eine Variante. Dabei muss beachtet werden, dass die Schwingungsisolatoren die Anforderungen aus der DIN EN 1299:2009-02 *Mechanische Schwingungen und Stöße – Schwingungsisolierung von Maschinen – Angaben für den Einsatz von Quellenisolierungen* vollumfänglich erfüllen. Ein Nachweis, dass die eingesetzten Schwingungsisolierungen der DIN EN 1299 entsprechen, gehört zum Lieferumfang der Anlagendokumentation.

Bild 1



Wenn Schwingungsisolierungen nicht sach- und fachgerecht ausgelegt bzw. berechnet werden, kann es zu unkontrollierten Fahrbewegungen des Fahrkorbes kommen. Bild 1 zeigt ein Beispiel, für eine mangelnde Auslegung / Berechnung der Schwingungsisolierungen. Die rote und grüne Messkurve zeigt, wie der Fahrkorb sich bei jeder Fahrt mehr aus der Lotrechten entfernt.

Messungen der Fahrqualität im Fahrkorb, Schwingungsmessungen auf dem Antriebsrahmen, dem Rollenträger, der Schienenhalterung usw. geben Aufschluss ob die eingesetzten Schwingungs-isolierungen die wirkenden Kräfte, translatorische und rotatorische Bewegungen aufnehmen können. Schwingungsisolierungen haben je nach Anzahl der Motorstarts, Umwelt-bedingungen, Temperaturen, statischen und dynamischen Belastungen, einen begrenzten Abnutzungsvorrat.



Zu beachten sind u.a. folgende VDI Richtlinien:

VDI 2064:2010-11 Aktive Schwingungsisolierung

VDI 2062 Blatt 1:2011-05 Schwingungsisolierung – Begriffe und Methoden

VDI 2062 Blatt 2:2007-11 Schwingungsisolierung – Schwingungsisolierelemente

Fehlen die entsprechenden Nachweise gem. DIN EN 1299, kann bzw. muss der Auftraggeber / Betreiber (Gefährdungsbeurteilung) die entsprechenden Unterlagen nachfordern oder den Rückbau anstreben.

Auszug aus der DIN EN 1299:

*Der Lieferant hat das translatorische und rotatorische dynamische Verhalten der Isolierung in Form der dynamischen Steifigkeiten zu beschreiben. Die Umgebungsbedingungen und die Laständerungsrate, mit der die Federkennlinien gewonnen wurden, sind zu beschreiben und die Grenzabweichungen anzugeben. Über die Lebensdauer bzw. über die Änderung der physikalischen Eigenschaften hat der Lieferant Angaben zu machen.*

Die Lebensdauer von Schwingungsisolierungen ist u.a. abhängig von der Anzahl der Lastwechsel, der Schubbelastung, den statischen und dynamischen Belastungen und den Umweltbedingungen.

### Maßnahmen zur Reduzierung von Körperschall / Schwingungen

Der Einsatz von Antrieben ist stets mit Antriebsschwingungen (Körperschall) und Lärm (Luftschall) verbunden, beides sind in der Regel unerwünschte Effekte. Schwingungen entstehen innen in Antrieben, werden über Lager zum Maschinengehäuse übertragen und von dort als Luftschall weiter an die Umgebung abgegeben. Das Verhältnis zwischen Gehäusemasse und bewegter Masse im Antrieb sind wichtige Kriterien zur Bewertung eines Antriebes.

Auszug aus DIN EN 60034-14 (VDE 0530-14) *Drehende elektrische Maschinen – Teil 14:*

*Mechanische Schwingungen von bestimmten Maschinen mit einer Achshöhe von 56 mm und höher – Messung, Bewertung und Grenzwerte der Schwingstärke*

**Tabelle 1 – Grenzwerte (Effektivwert) der max. Schwinggröße für Schwingweg ( $s$ ), Schwinggeschwindigkeit ( $v$ ) und Beschleunigung ( $a$ ) für die Achshöhe  $H$**

Schwinggrößenstufe	Achshöhe $H$ mm	$56 \leq H \leq 132$			$132 < H \leq 280$			$H > 280$		
		Maschinen- aufstellung	$s_{\text{eff}}$ $\mu\text{m}$	$v_{\text{eff}}$ mm/s	$a_{\text{eff}}$ m/s <sup>2</sup>	$s_{\text{eff}}$ $\mu\text{m}$	$v_{\text{eff}}$ mm/s	$a_{\text{eff}}$ m/s <sup>2</sup>	$s_{\text{eff}}$ $\mu\text{m}$	$v_{\text{eff}}$ mm/s
A	freie Aufhängung	25	1,6	2,5	35	2,2	3,5	45	2,8	4,4
	starre Aufspannung	21	1,3	2,0	29	1,8	2,8	37	2,3	3,6
B	freie Aufhängung	11	0,7	1,1	18	1,1	1,7	29	1,8	2,8
	starre Aufspannung	–	–	–	14	0,9	1,4	24	1,5	2,4

Stufe „A“ ist auf Maschinen ohne besondere Schwingungsanforderungen anzuwenden.

Stufe „B“ ist auf Maschinen mit besonderen Schwingungsanforderungen anzuwenden. Die starre Aufspannung wird für Maschinen mit Achshöhen kleiner als 132 mm als nicht sinnvoll angesehen.

Die Eckfrequenzen für Schwingweg/-geschwindigkeit und Schwinggeschwindigkeit/-beschleunigung sind 10 Hz bzw. 250 Hz.



Die Werte der Lagergehäuseschwingungen ( $m/s^2$ ,  $mm/s$ ,  $\mu m$ ) von Antrieben sind wichtige Werte. Je geringer die Lagergehäuseschwingungen von Antrieben sind, umso geringer wird der technische Aufwand für Maßnahmen zur Körperschall- / Schwingungsisolierung.

In den einschlägigen Normen für drehende elektrische Maschinen, Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen und Drehschwingungen im Antriebsstrang gibt es entsprechende Grenzwerte. Bei der Auswahl eines Antriebes, Asynchronantrieb mit Getriebe oder Synchronantriebe mit fliegender Treibscheibe, sind die Werte für die Lagergehäuseschwingungen, die Betriebsart und die Einschaltdauer wichtige Qualitätsmerkmale.

In einer qualifizierten Ausschreibung / Pflichtenheft müssen die Lagergehäuseschwingungen, die Betriebsart und die Einschaltdauer konkret benannt bzw. beschrieben werden.

Fehlen diese Angaben, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Körperschallpegel wie in der VDI 2566 und in der kommenden DIN 8989 beschrieben nicht erreicht werden.

Die ausschreibende Stelle (Fachplaner, Ing-Büro usw.) muss eindeutige Qualitätsanforderungen beschreiben, wenn geforderte Schutzziele erreicht werden sollen bzw. müssen.

Die Gestaltung und Auslegung des Antriebsrahmens ist maßgeblich, welche Körperschallpegel / Schwingungen und Frequenzen über die Befestigungen (Kontaktpunkte) in die Schachtwand emittiert werden. Die Frequenz ist ein entscheidender Faktor. Je geringer die emittierte Frequenz in die Wand ist, umso geringer wird das Schalldämm-Maß der Wand.

In einigen Normen, z.B. Erschütterungen im Bauwesen (nur bedingt anwendbar im Aufzugbau), wird u.a. dieser Fakt beschrieben. Je geringer die emittierte Frequenz ist, umso geringer sind die zulässigen Schwinggrößen. Bei den Oktavbandmittenfrequenzen zur Körperschallbewertung in der VDI 2566 und zukünftigen DIN 8989 wird diesem Umstand in einem eingeschränkten Maße Rechnung getragen.

In der VDI 2566 und der zukünftigen DIN 8989 werden nur die Oktavbandmittenfrequenzen von 63 Hz bis 500 Hz betrachtet. In den Normen für Anforderungen an Antriebe werden Frequenzen im Bereich 1 Hz bis 1.000 Hz zur Bewertung herangezogen. Synchronantriebe im Aufzugbau arbeiten in einem Drehzahlbereich von ca.  $100 \text{ min}^{-1}$  bis  $300 \text{ min}^{-1}$ . Entsprechend geringe Frequenzen werden über den Antriebsrahmen in die Schachtwand emittiert.

Um eine effektive Schwingungsisolierung des Antriebes zu erreichen sollte A) die Schwingungsisolierung so weit als möglich von der Schwingungsquelle entfernt angebracht werden und B) die Schwingungsisolierung auf die Frequenz, die statischen und dynamischen Kräfte und unter Berücksichtigung der Querschleunigungen / Schubkräfte ausgelegt werden (s. DIN EN 1299). Wenn in einer Ausschreibung / Pflichtenheft eine Art der Schwingungsisolierung, z.B. EL 3, vorgeschrieben wird, folgt daraus: Die ausschreibende Stelle kennt alle v.g. Faktoren (u.a. DIN EN 1299) und die Konstruktion des Aufzuges. Dann muss die Ausschreibende Stelle auch die Nachweise nach DIN EN 1299 erbringen. Das Gegengewicht, in Kombination mit den Führungen und Führungsschienen, ist nicht selten die Hauptübertragungsquelle für Körperschall in die Aufzugschachtwand. Ursache sind in erster Linie die Gegengewichtsführungsschienen, die in der Regel einen wesentlich geringeren Widerstandsmoment aufweisen als die Fahrkorbführungsschienen.





Beispiel (s. ISO 7465:2007-11 *Aufzüge – Führungsschienen für Fahrkorb und Gegengewicht – T-Profile*):

T50/A -  $W_{xx} = 3,15 \text{ cm}^3 // W_{yy} = 2,1 \text{ cm}^3$

T90/A -  $W_{xx} = 20,87 \text{ cm}^3 // W_{yy} = 11,8 \text{ cm}^3$

Schwingungs- / Beschleunigungsmessungen auf dem Gegengewicht zeigen, dass über die Schienenhalterungen ein bis zu 6-fach höherer Körperschallpegel in die Aufzugschachtwand emittiert wird, als über Schienenhalterungen von Fahrkörben.

Wenn der Triebwerksrahmen bei Aufzügen ohne Triebwerksraum über die Führungsschienen abgestützt, wird durch die Schienenhalterungen über die Schachthöhe Körperschall / Schwingungen in die Aufzugschachtwand emittiert. Bei Schwingungsisolierungen für Führungsschienen und / oder Schienenhalterungen muss gewährleistet sein, dass alle Anforderungen aus der DIN EN 1299 erfüllt werden.

Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten – je nach Aufzugtyp und Konstruktionsart des Aufzuges – Luft- und Körperschallemissionen zu reduzieren: Ausführung der Fahrkorb- und Gegengewichtsführungen, ob der Fahrkorb in der Rollen steht oder hängt, Spannungsdifferenz zwischen den Tragmitteln, Beschleunigung und Verzögerung des Fahrkorbes, Widerstandmoment und Masse des Antriebsrahmens, Ausführung des Schienenbügels, lotrechter Einbau der Führungsschienen usw. Die Komponentenlieferanten sollten Daten offenlegen, damit jeder Marktteilnehmer Luft- und Körperschallemissionen von Komponenten bewerten und ggf. nachprüfen kann. Nicht zu unterschätzen sind auch Informationen darüber, welche Schallreduzierung (Luft- und Körperschall) bestimmte Komponenten ermöglichen.

### Anforderung an den Aufzug

Für den Schallschutz nach DIN 4109-1 gibt es zwischen der VDI 2566 Blatt 1 und Blatt 2 und der DIN 8989 keine signifikanten Änderungen. In der DIN 8989 werden die Anforderungen an den Aufzugschacht und an den Aufzug für den erhöhten Schallschutz beschrieben.

Die Aufzugfirma / Montagebetrieb muss wissen, welche Luft- und Körperschallemission der Aufzug emittiert. Wenn die Werte bekannt sind, kann im Umkehrschluss je nach Anlagenkonstruktion in Zusammenarbeit mit dem Kunden / Betreiber eine Lösung zielgerichtet erarbeitet werden.

### Mängel an dem Aufzug, die Luft- und Körperschall negativ beeinflussen

Die Konstruktion, das Zusammenspiel der Aufzugkomponenten und die Qualität der Montage sind entscheidend für die Luft- und Körperschallemissionen.

Synchronantriebe reagieren auf EMV-Störungen, Änderungen der Pulsweitenmodulation, Unebenheiten auf den Führungsschienen, verschlissene oder verschmutzte Führungen usw. mit einer Erhöhung der Schwingungen / des Körperschalls. In den Abbildungen Beispiel (Bild 2 und 3) gibt es (EMV) elektrische Störungen, die dazu führen, dass in der Z-Achse (vertikal) hohe Schwingungen / Beschleunigungen in die Schachtwand übertragen werden. Die Schwingungen in der Z-Achse erhöhen in diesem Beispiel die Körperschallpegel auf der Schachtwand um 3,6 dB. In Bild 4 und 5 sind die Beschleunigungen in der Z-Achse so gering, dass nur geringe Schwingungen / Körperschallpegel in die Schachtwand übertragen werden. Je geringer die Schwingungen / Körperschallpegel, erzeugt durch die Aufzuganlage, in Schachtwand emittiert werden umso geringer ist der Schalldruck in den schutzbedürftigen Räumen.



Bild 2

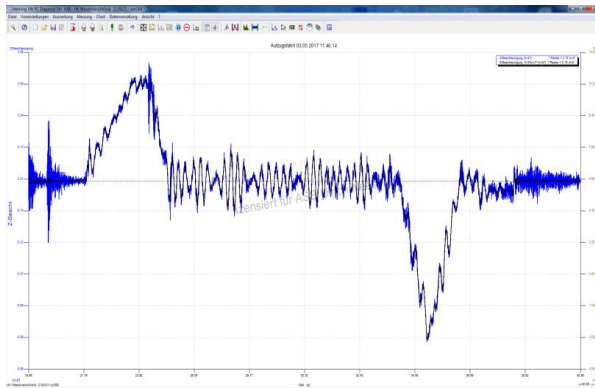


Bild 3

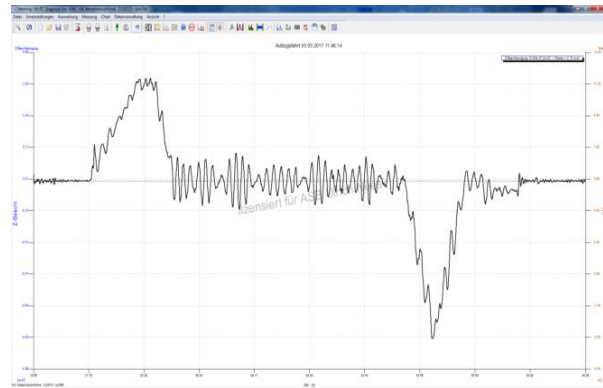


Bild 4

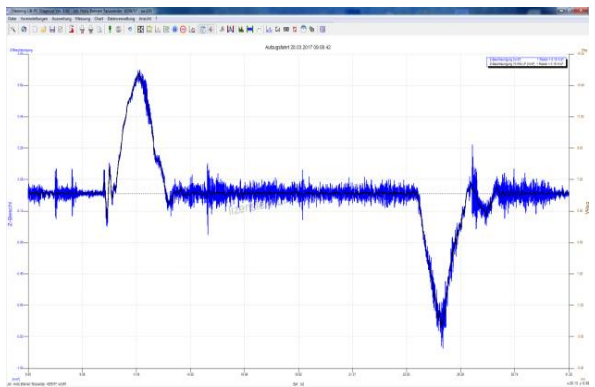
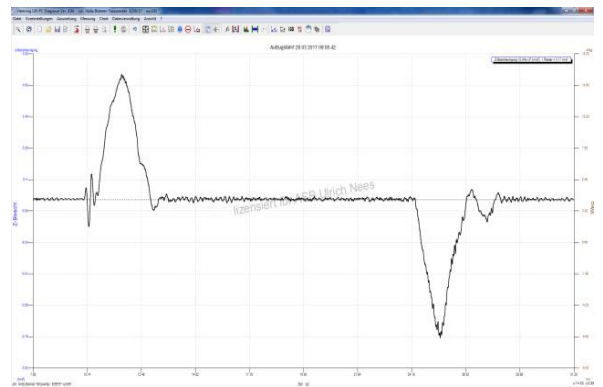


Bild 5



Wenn die Tragmittelspannung im Tragmittelset (Bild 6 und 7) unterschiedlich ist, schwingen die Tragmittel auf und erzeugen Luft- und Körperschall. Die Schwingungen der Tragmittel übertragen sich auf den Antrieb, auf den Fahrkorb, auf das Gegengewicht, auf die Führungen, auf die Führungsschienen und dann über die Schienenhalterungen in die Schachtwand. Wenn die Tragmittel aufschwingen, wird der Frequenzumrichter versuchen, die Schwingungen auszuregeln, was in der Regel nicht zu dem gewünschten Ergebnis führt. Wenn der Fahrkorb in den Tragmitteln steht, übertragen sich die Vibrationen in den Fahrkorb. Das kann wiederum dazu führen, dass der Schalldruckpegel im Fahrkorb höher ist als im Aufzugschacht bei der Konstantfahrt.

Bild 6

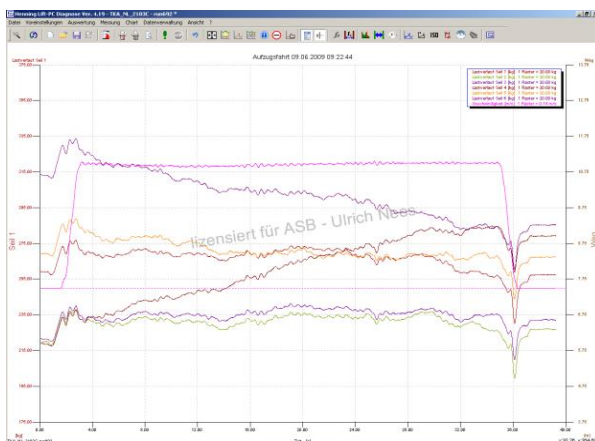
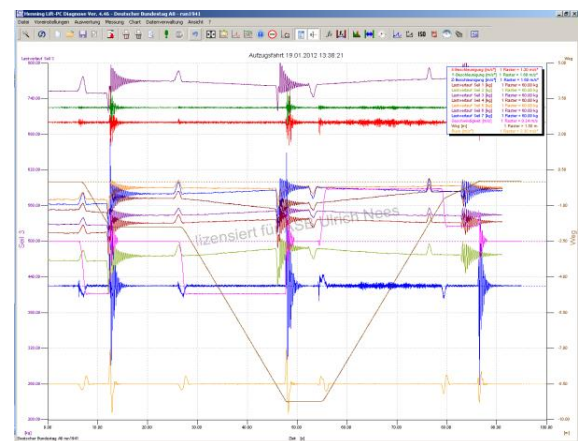
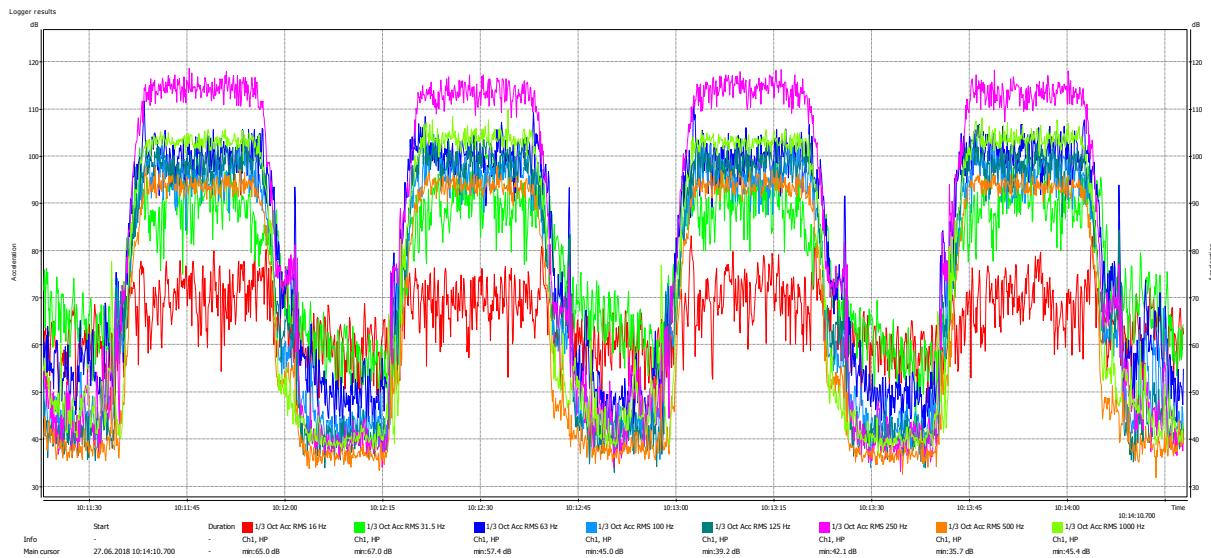


Bild 7



Weisen die Konstruktion, das Zusammenspiel der Komponenten oder die Schwingungsisolierung Mängel auf, erhöhen sich die Luft- und Körperschallpegel (Bild 6). Bei Mängeln oder geringem Abnutzungsvorrat der Komponenten verändern sich die Frequenzen. Verändern sich die Frequenzen durch Mängel, reduzieren sich die Schwingungsisolierungseigenschaften, was zu einer erhöhten Luft- und Körperschallemission führt.

Bild 6



Die Messung und Bewertung der Fahrqualität (Bild 7 und 8) ist in der Regel das einfachste und effektivste Mittel, um Störquellen durch mögliche Mängel zu identifizieren.

Messungen nach ISO 18738-1 *Messung des Fahrkomforts – Teil 1: Aufzüge* ermöglichen nicht nur die Detektion von mechanischen Mängeln, sondern auch die Identifikation von elektrischen Störquellen (Bild 2 und 3).

Bild 7

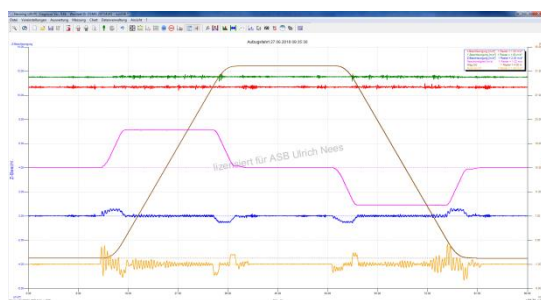


Bild 8

ISO Fahrqualität in m/s²	X	Y	Z konst.	Z n.konst.
Max Pk bis Pk	0,107	0,220	0,221	0,272
A95	0,082	0,142	0,125	0,188

Rohdaten Fahrqualität in m/s² (RAW)	X	Y	Z
Max Pk bis Pk	0,334	0,493	0,296
A95	0,084	0,160	0,140

Leistungen	Max	95	Mittelwert
Geschwindigkeit in m/s	1,63	1,62	
Ruck in m/s²	1,24		
Beschleunigung in m/s²	0,590	0,577	0,368
Verzögerung in m/s²	0,640	0,597	0,308
erreichter Weg in m	32,94		

Die ISO-Fahrqualität [m/s²] ist ein wichtiges Merkmal zur Bewertung der Fahrqualität. Zur Bestimmung möglicher Störgrößen geben die Rohdaten [m/s²] und der Ruck wichtige Hinweise.

### Ausschreibung / Pflichtenheft

Die Ausschreibung / Pflichtenheft muss in Bezug auf den Schallschutz in schutzbedürftigen Räumen der Aufzugfirma / Montagebetrieb alle relevanten Informationen zur Verfügung stellen:

A) Die max. Luft- und Körperschallpegel, die von dem Aufzug emittiert werden dürfen.



- B) Die baulichen Gegebenheiten in Bezug auf die Lage der schutzbedürftigen Räume zum Aufzugschacht, flächenbezogene Masse der Schachtwand unter Berücksichtigung der vom Aufzug emittierten Frequenzen und dem Einfluss flankierender Bauteile.
- C) Informationen darüber, wie und wo die Nachprüfungen / Messungen der vom Aufzug emittierten Luft- und Körperschallwerte erfolgt.
- D) Angabe, ob  $L_{AF,max,n}$  oder  $L_{AF,max,nT}$  zur Feststellung der Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen herangezogen wird. Bei der Überprüfung, müssen das Schalldämmmaß der Wohnungseingangstür und der Einfluss flankierender Bauteile berücksichtigt werden.

Um den geforderten Schallschutz in schutzbedürftigen Räumen zu erreichen ist es notwendig, dass an den Aufzug in der Ausschreibung / dem Pflichtenheft definierte Anforderungen gestellt werden. Die max. Lotabweichung der Führungsschienen, die Fahrqualität des Aufzuges / des Fahrkorbes, die max. Abweichung der Tragmittelspannung im Tragmittelsset über die Förderhöhe, die Beschleunigung und Verzögerung des Fahrkorbes, der Ruck, die Art der Führungen von Fahrkorb und Gegengewicht, PWM des Frequenzumrichters in Abstimmung mit dem Antrieb, kurze Leitungen zwischen Frequenzumrichter und Antrieb, Leitungsschirmabdeckung, max. Luft- und Körperschallemissionen der Aufzuganlage usw. usw.

Wird in schutzbedürftigen Räumen ein erhöhtes Schallschutzziel gefordert (SSt II oder SSt III), muss in der Ausschreibung / dem Pflichtenheft die Anforderung an den Aufzug exakt beschrieben werden. Allgemeine Angaben in einer Ausschreibung zum gewünschten Schallschutzziel, ohne die Definition von v.g. Qualitätsmerkmalen, führt nicht zwingend zu dem gewünschten Ziel.

### Fazit

Bei Betrachtung der VDI 2566 Blatt 1 und Blatt 2 ist die DIN 8989 ein notwendiger und logischer Schritt, um die Anforderungen aus den bestehenden Normen und Richtlinien (DIN 4109-1, VDI 4100, § 633 BGB) in eine für den Aufzugbau durchsetzbare Norm zu gießen.

Konkretisierungen gibt es für den erhöhten Schallschutz bzw. wenn SSt II und SSt III erforderlich sind. Der Vorteil in der DIN 8989 besteht darin, dass die Aufzugfirma und die Bauseite sich die Lasten für den Schallschutz in schutzbedürftigen Räumen teilen müssen.

Beide Gewerke müssen zusammenarbeiten, um die gewünschten Ziele zu erreichen. Beauftragt der Arbeitgeber / Betreiber eine ausschreibende Stelle (Fachplaner, Ing.-Büro usw.), dann ist es die Aufgabe der ausschreibenden Stelle in einer Ausschreibung / Pflichtenheft, alle notwendigen Informationen der Aufzugfirma / Montagebetrieb zur Verfügung zu stellen.

Die Informationen dürfen sich nicht auf den Hinweis beschränken, dass die DIN 4109-1, DIN 8989, VDI 4100 usw. erfüllt werden müssen. Die ausschreibende Stelle muss konkret beschreiben, welche max. Luft- und Körperschallpegel der Aufzug in die Aufzugschachtwand emittieren darf, um die geforderten Schallschutzziele zu erfüllen.

Die Aufzugfirma / Montagebetrieb muss belastbare und nachprüfbare Informationen über die Lage von schutzbedürftigen Räumen zum Aufzugschacht, Dicke der Wände und über die flächenbezogene-Masse der Wände erhalten. Fehlen notwendige Informationen für die Aufzugfirma / Montagebetrieb dann wird es schwierig bis unmöglich, die Schallschutzziele zu erreichen.

Aufzug – Systeme + Beratung, Ulrich Nees