

Vibroakustische Messtechnik im Aufzugbau

Die vibroakustische Messtechnik findet im Aufzugbau bisher eine geringe Akzeptanz. Im Fahrzeugbau, Maschinenbau usw. hat sich die Vibroakustik etabliert. Die Vielkanaltechnik etablierte sich zunächst an Prüfständen und erlaubte dort die parallele Verarbeitung zahlreicher Messgrößen, wie z.B. Schalldrücke, Beschleunigungen, Schwingungen, Kräfte, Energiebedarf oder Drehzahländerungen. In den letzten Jahren haben sich kleine transportable Messsysteme am Markt etabliert. Die Abgrenzung zwischen stationären und mobilen Systemen ist mittlerweile kaum noch vorhanden. Die Hersteller bieten vielmehr modulare Hardware-Plattformen an, die auch bei vielkanaligen Konfigurationen noch transportabel sind. Bei der Erfassung der Quellsignale mit diversen Sensoren werden üblicherweise die Übertragungswege vom Antrieb über den Antriebsrahmen / Schienenbügel in die Schachtwand und in schutzbedürftige Räume messtechnisch erfasst. Die Vielfalt an Messgrößen wird unter dem Oberbegriff „dynamische Daten“ zusammengefasst. Durch eine gleichzeitige Erfassung digitaler Daten, z.B. aus der Aufzugsteuerung, können die dynamischen Messdaten ergänzt werden. Das Aufgabengebiet der Vibroakustik muss in der Versuchspraxis eng mit den technischen Daten der Aufzugkomponenten und der Konstruktion der Aufzuganlage verknüpft werden. Die Konstruktion, die Komponenten, die Subsysteme und der Einsatz einer Aufzuganlage sind maßgeblich für die Bestimmung der Messpunkte / Messorte.

Messpunkte zur Qualitätsfeststellung:

1. Messung der Fahrqualität

- 1.1 Fahrt durch den Aufzugschacht über komplette Förderhöhe [m/s, m/s², m/s³]
- 1.2 Fahrt von Haltestelle zu Haltestelle mit Öffnen und Schließen der Türen [m/s, m/s², m/s³]

2. Messung Luftschall an Aufzuganlage und schutzbedürftigem Raum

- 2.1 Messung auf dem Fahrkorbdach [dB(A)]
- 2.2 Messung am Antrieb [dB(A)]
- 2.3 Messung vor einer Schachttür [dB(A)]
- 2.4 Messung vor der Schachttür Nähe Antrieb [dB(A)]
- 2.5 Messung beim Öffnen und Schließen der Schacht- / Fahrkorbtür [dB(A)]
- 2.6 Messung im Triebwerksraum (wenn vorhanden) [dB(A)]
- 2.7 Messung im schutzbedürftigen Raum bei abgeschalteter und fahrender Aufzuganlage [dB(A)]

3. Messungen mit Dodekaeder-Lautsprecher

- 3.1 Position Dodekaeder-Lautsprecher auf dem Fahrkorbdach [rosa Rauschen]
- 3.2 Luftschallmessung auf dem Fahrkorbdach [dB(A)]
- 3.3 Luftschallmessung im schutzbedürftigen Raum / angrenzenden Raum [dB(A)]
- 3.4 Messung vor der Schachttür [dB(A)]

4. Messung von Schwingungen bzw. Körperschall

- 4.1 Messung von Schwinggeschwindigkeit / Körperschall im schutzbedürftigen Raum bei abgeschalteten Aufzuganlagen [mm/s und dB]
- 4.2 Messung von Schwinggeschwindigkeit / Körperschall im schutzbedürftigen Raum bei fahrender Aufzuganlage [mm/s und dB]
- 4.3 Messung von Schwinggeschwindigkeit / Körperschall im schutzbedürftigen Raum, bei Beschleunigung der Führungsschiene mit einem Kleinhammerwerk System Gösele [mm/s und dB]
- 4.4 Messung von Schwinggeschwindigkeit / Körperschall auf dem Schienenbügel, bei Beschleunigung der Führungsschiene mit einem Kleinhammerwerk System Gösele [mm/s und dB]

4.4 Messung von Schwinggeschwindigkeit / Körperschall an der Schachtwand bei einer Aufzugsfahrt und Beschleunigung der Führungsschiene mit einem Kleinhammerwerk System Gösele [mm/s und dB]

5. Messung von Schwingungen am Antrieb und Antriebsrahmen

5.1 Messung der Schwinggeschwindigkeit auf dem Antrieb [mm/s]

5.2 Messung der Schwinggeschwindigkeit am Lager (Treibscheibe) [mm/s]

5.3 Messung der Schwinggeschwindigkeit auf dem Triebwerksrahmen [mm/s]

5.4 Messung der Schwinggeschwindigkeits- und des Körperschallübertragung in die Schachtwand [mm/s und dB]

Die Messwertgrößen (Sensoren) und Messpunkte an Aufzugsanlagen werden unter Berücksichtigung möglicher Wechselwirkungen, bedingt durch die Konstruktion und eingesetzten Komponenten, ausgewählt. Mit den beschriebenen vibroakustischen Messungen / Messpunkten wird ermittelt, welcher Luft- und Körperschall / welche Schwingungen die Aufzugsanlage emittiert. Werden bei den Messungen die geforderten Maximalwerte (VDI 2566, DIN 4109, VDI 4100 usw.) überschritten, kann die Quelle der Ursache über die dynamischen Messwerte ermittelt werden. Datensammlungen aus vibroakustischen Messungen an Aufzugsanlagen, Komponenten und Subsystemen ermöglichen u.a. Prognosen über die Emissionen von neu konstruierten Aufzugsanlagen und die Veränderung des Abnutzungsvorrates über die Zeit und Betriebsart. Mit den dynamischen Daten kann der Aufzugsbauer / Montagetrieb seinem Kunden genaue Angaben über die Emissionen der Aufzugsanlage geben.

Zur Bewertung werden u.a. die Normen DIN EN 60034-1 *Drehende elektrische Maschinen Teil1: Bemessung und Betriebsverhalten*, DIN EN 60034-14 *Drehende elektrische Maschinen Teil 14: Mechanische Schwingungen von Maschinen*, DIN EN 1299:2009-02 *Mechanische Schwingungen und Stöße – Schwingungsisolierung von Maschinen – Angaben für den Einsatz von Quellenisolierungen*, DIN ISO 20816-1; März 2017 *Mechanische*

Bild 1: Tabelle C.1 DIN ISO 20816-1:03-2017

Bereich typischer Werte für die Zonengrenzen an nicht-rotierenden Bauteilen				
Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit				
mm/s				
0,28				0,28
0,45				0,45
0,71				0,71
1,12				1,12
1,8	Zonengrenze A/B 0,71 bis 4,5			1,8
2,8				2,8
4,5		Zonengrenze B/C 1,8 bis 9,3		4,5
7,1				7,1
9,3			Zonengrenze C/D 4,5 bis 14,7	9,3
11,2				11,2
14,7				14,7
18				18
28				28
45				45

Schwingungen – Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anleitungen usw. zur Bewertung der Aufzugsanlage und deren Komponenten / Subsysteme herangezogen. Die dynamischen Daten werden so ausgewählt, dass eine Beziehung zwischen den Anforderungen aus den Normen und Richtlinien erfüllt werden und evtl. notwendige konstruktive Änderungen durch entsprechende Berechnungen vorgenommen werden können. Die Übertragung von Körperschall / Schwingungen in die Schachtwand kann in dB und / oder mm/s, mm/s² oder µm ermittelt werden.

Der Vorteil dieser dynamischen Daten ist es, „dass die Grenzwerte aus der VDI 2566 *Schallschutz im Aufzugbau* ermittelt werden und Werte die zur Berechnung bzw. Optimierung von Schwingungsisolierungen (DIN 1299) und Sperrmassen notwendig sind. In der Tabelle C.1 aus der DIN ISO 20816 -1:03-2017 *Mechanische Schwingungen - Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen–Teil 1: Allgemeine Anleitungen*, werden run-out Werte in mm/s für unterschiedliche Zonengrenzen für Antriebe vorgegeben. Je geringer die run-out Werte, gemessen am Abtrieb, sind, umso geringer sind die Körperschall- / Schwingungsübertragungen die der Antriebsrahmen in Form von Biegewellen kompensieren muss. Der Antriebsrahmen sollte > 60% Körperschall- / Schwingungsemissionen, erzeugt durch den Antrieb und die Schwingungen der Tragmittel, kompensieren. Durch geeignete Sperrmassen und Schwingungsisolierungen am Antrieb und Antriebsrahmen (s. Anforderungen aus der DIN 1299) sind die Vorgaben bzw. die maximalen Grenzwerte aus der VDI 2566, DIN 4109, VDI 4100, DIN 4150 usw. bei entsprechender Ausführung der Schachtwände zu erreichen.

Die Vibroakustische Messtechnik ermöglicht „Grenzwerte“ aus der DIN 4150-3 *Erschütterungen im Bauwesen–Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen* und DIN 4150-2 *Erschütterungen im Bauwesen–Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden* in Bezug auf die Emissionen der Aufzuganlage zu bewerten.

Bild 2: Werte auf Grundlage der DIN 4150

Messort	Fundament Frequenz der maßgeblichen Schwingung			Oberste Decke	
	1-10 Hz	10-50 Hz	50-100 Hz	Alle Frequenzen	
Richtung	X / Y / Z	X / Y / Z	X / Y / Z	X / Y	Z
Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20 mm/s	20-40 mm/s	40-50 mm/s	40 mm/s	20 mm/s
Wohngebäude und in Konstruk- tion / Nutzung ähnliche Gebäude	5 mm/s	5-15 mm/s	15-20 mm/s	15 mm/s	20 mm/s
Empfindliche, besonders erhal- tenswerte Bauten, z.B. Bau- denkmale	3 mm/s	3-8 mm/s	8-10 mm/s	8 mm/s	20 mm/s

Nach § 3 Abs.1 BImSchG (Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge) sind schädliche Umwelteinwirkungen Immissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen. Bei der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen in Wohnungen bzw. auf den Menschen, die durch haustechnische Anlagen oder Anlagen in einem benachbarten Bereich hervorgerufen werden, sind somit die Anforderungen des Immissionsschutzrechts heranzuziehen. Soweit Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden einwirken, sind diese Anforderungen in DIN 4150 Teil 2 *Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden* zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungseinwirkungen konkretisiert.

Vibroakustische Messtechnik mit dynamischen Daten gewährleistet im Aufzugbau eine objektive Bewertung der Aufzuganlage und darüber in wie weit der Baukörper die Anforderung in Bezug auf die flächenbezogene Masse und Körperschallbrücken erfüllt.

Aufzug – Systeme + Beratung
Ulrich Nees