



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Simon Gramens

Entwurf einer Halterungskonstruktion für einen Lüftungskanal

*Fakultät Technik und Informatik
Department Maschinenbau und Produktion*

*Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Mechanical Engineering and
Production Management*

Simon Gramens

**Entwurf einer Halterungskonstruktion für
einen Lüftungskanal**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

im Studiengang Maschinenbau und Produktion
am Department Maschinenbau und Produktion
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

in Zusammenarbeit mit:
Firma Knaack & Jahn GmbH
Abteilung Lüftung
Usedomstraße 16
22047 Hamburg

Erstprüfer/in: Prof. Dr.-Ing. habil. Frank Helmut Schäfer
Zweitprüfer/in : Dipl.-Ing. Gerhard Küther

Abgabedatum: 05.02.2019

Zusammenfassung

Name des Studierenden

Simon Gramens

Thema der Bachelorarbeit

Entwurf einer Halterungskonstruktion für einen Lüftungskanal

Stichworte:

Halterungskonstruktion, Schwingungsentkopplung, methodisches Konstruieren, Lüftungskanal

Kurzzusammenfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Entwurf einer Halterungskonstruktion für einen Lüftungskanal. Ein passender Entwurf wird ausgewählt, ausgelegt und zeichnerisch dargestellt bevor die Halterungskonstruktion errichtet wird.

Name of Student

Simon Gramens

Bachelor Thesis title

Design of a holder construction for a ventilation duct

Keywords

holder construction, vibration decoupling, methodical construction, ventilation duct

Abstract

This thesis deals with the design of a holder structure for a ventilation duct. An appropriate design is selected, designed and illustrated in the drawing before the holder structure is build up.

Aufgabenstellung

Eingangs soll kurz auf die Motivation und die Aufgabenstellung dieser Bachelorthesis eingegangen werden.

Motivation

Bei der Errichtung von Mediumsversorgungsnetzen ist es notwendig eine geeignete Werks- und Montageplanung für die Gegebenheiten vor Ort durchzuführen. Im Zuge dieser Planung und der späteren Ausführung müssen oftmals die Verläufe der Versorgungsnetze an die örtlichen Gegebenheiten angepasst werden. Dabei stellt sich oft die Frage nach einer geeigneten und tragfähigen Halterungskonstruktion für den vorgesehenen Montageort. Das Vorgehen, welches notwendig ist, um eine geeignete Halterungskonstruktion zu bestimmen, soll Gegenstand dieser Bachelorthesis sein.

Aufgabe

Diese Bachelorarbeit soll den Entwurf einer Lüftungskanalhalterung untersuchen. Die zu gestaltende Halterungskonstruktion soll die auftretende Belastung aufnehmen können und eine Entkopplung des Lüftungskanals zum Baukörper gewährleisten. Zunächst sollen die theoretischen Grundlagen aus der Konstruktionsmethodik kurz angeführt und in ein Lösungskonzept überführt werden. Der geeignetste Lösungsansatz soll anschließend ausgearbeitet werden.

Vorgehensweise

Durch Betrachtung gängiger Halterungskonstruktionen und Präzisierung der Aufgabenstellung soll eine Anforderungsliste erstellt werden. Es sollen mehrere Lösungsansätze gefunden werden und diese mit den ermittelten Anforderungen verglichen und mit geeigneten Bewertungskriterien bewertet werden. Der am besten bewertete Lösungsansatz soll anschließend ausgelegt werden und mit einem CAD-Programm in einer Montagezeichnung dargestellt werden. Die Montage der Halterungskonstruktion soll letztendlich auf der Baustelle erfolgen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	i
Aufgabenstellung	ii
Inhaltsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis	vi
Abbildungsverzeichnis	vii
Formelverzeichnis.....	ix
1 Theoretische Grundlagen	1
1.1 Historische Entwicklung der Konstruktionsmethodik	1
1.2 Konstruktionsmethodik nach VDI 2221	1
1.3 Vorgehensweise in der Konstruktionsmethodik.....	2
2 Entwurf und Konstruktion des Lüftungskanalhalters	4
2.1 Klären und präzisieren der Aufgabenstellung.....	4
2.1.1 Beschreibung Halterungen	4
2.1.2 Beschreibung des zu halternden Lüftungskanals	5
2.1.3 Beschreibung der örtlichen Gegebenheiten.....	6
2.1.4 Schwingungstechnische Entkopplung	8
2.1.5 Anforderungsliste	9
2.2 Konzipieren.....	10
2.2.1 Funktionsanalyse	11
2.2.2 Morphologischer Kasten	12
2.2.3 Beschreibung der Lösungen	15

2.2.4	Bewertung der Lösungen.....	18
2.3	Entwurf eines Konzepts für den Lüftungskanalhalter	21
2.3.1	Ermittlung der maßgebenden Belastungen für die Halterungskonstruktion.....	21
2.3.2	Bemessung und Auswahl des Biegebalkens	26
2.3.3	Bemessung bzw. Auswahl der Stützen.....	32
2.3.4	Auswahl der schwingungstechnischen Entkopplung	33
2.3.5	Auswahl der Verbindungsmittel	36
2.4	Realisierung des Lüftungskanalhalters.....	37
2.4.1	Visualisierung mit CAD	38
2.4.2	Montageanleitung für die Halterungskonstruktion.....	39
2.4.3	Baustellenmontage	41
3	Fazit.....	42
	Literaturverzeichnis.....	44
	Anhang.....	I
	Technische Daten System MQ - Hilti	II
	Technische Daten für Schienenfuß MQP – Hilti.....	VI
	Montage MQN-C – Hilti	VII
	Technische Daten für Winkel MQW 90° - Hilti	VIII
	Masse der Bauteile - Firma Knaack & Jahn GmbH	IX
	Datenblatt Schmelztauchveredeltes Feinblech – thyssenkrupp AG	X
	Schwingungsdämpfung - BSW Berleburger Schaumstoffwerke GmbH.....	XVII
	Montagezeichnung Halterungskonstruktion	XXIII
	Erklärung zur selbständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit.....	XXIV

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Berücksichtigung der Bauteilmasse für Halterungskonstruktion.....	8
Tabelle 2 Anforderungsliste Halterungskonstruktion für Lüftungskanal.....	10
Tabelle 3 Herleitung der Bewertungskriterien.....	18
Tabelle 4 Gewichtungsmatrix	19
Tabelle 5 Bewertungsmatrix der Lösungen	20
Tabelle 6 Stückliste aus Montagezeichnung	40

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren (VDI-Richtlinie 2221, 1993-05 S. 9)	3
Abb. 2 Foto von Lüftungskanal in Sandwichbauweise	5
Abb. 3 3D-Model Lüftungskanal Sicht von oben mit Bereichsmarkierung.....	6
Abb. 4 3D-Model isoliert Lüftungskanal seitliche Sicht.....	7
Abb. 5 Black Box Darstellung	11
Abb. 6 Black Box Hauptfunktion	11
Abb. 7 Black Box Nebenfunktion	12
Abb. 8 morphologischer Kasten für Halterungskonstruktion.....	13
Abb. 9 morphologischer Kasten für Halterungskonstruktion mit Lösungsvarianten ..	14
Abb. 10 Skizze zur Lösungsvariante grün	15
Abb. 11 Skizze zur Lösungsvariante orange	16
Abb. 12 Skizze zur Lösungsvariante blau.....	17
Abb. 13 Skizze Belastungsmodell Biegeträger beidseitig gestützt.....	22
Abb. 14 Biegebalken auf zwei Stützen	23
Abb. 15 qualitativer Querkraft-, Momenten- und Biegelinienverlauf	24
Abb. 16 Ausschnitt Technische Daten für Schienen-Profile MQ – Teil1 (Hilti Deutschland AG, 2016-08)	27
Abb. 17 Skizze für angepasstes Belastungs- und Ersatzmodell für Biegeträger.....	28
Abb. 18 Ausschnitt Technische Daten für Schienen-Profile MQ – Teil2 (Hilti Deutschland AG, 2016-08)	28
Abb. 19 Skizze Biegeträger mit mittiger Einzelkraft.....	29
Abb. 20 Ausschnitt Technische Daten für Schienen-Profile MQ – Knickbelastung (Hilti Deutschland AG, 2016-08)	32
Abb. 21 Eigenfrequenz der Regupol PUR-Streifen in Abhängigkeit der Flächenpressung (BSW Berleburger Schaumstoffwerke GmbH, 2011-03).....	34

Abb. 22 Bestimmung der Breite für die elastische Entkopplung (Hilti Deutschland AG, 2016-08).....	35
Abb. 23 Abbildung Technische Daten für Schienenfuß MQP - Schienenfuß MQP-21-72 (Hilti Deutschland AG, 2016-08)	36
Abb. 24 Verbindungsknopf MQN-C (Hilti Deutschland AG).....	36
Abb. 25 Abbildung Technische Daten für Winkel MQW 90° (Hilti Deutschland AG, 2016-08).....	37
Abb. 26 Ausschnitt aus Montagezeichnung der Halterungskonstruktion.....	38
Abb. 27 Detail A aus Montagezeichnung.....	39
Abb. 28 Detail B aus Montagezeichnung.....	39
Abb. 29 Aufnahme der montierten Halterungskonstruktion vor Ort	41

Formelverzeichnis

Formelzeichen	Bezeichnung	Einheit
b	Profilbreite	$[m]$
$C_1 \dots C_4$	Integrationskonstanten	$[-]$
E	Elastizitätsmodul	$\left[\frac{N}{m^2}\right]$
f_{Euler}	Faktor für Knickbeanspruchung	$[-]$
F_{ges}	Gesamtbelastung	$[N]$
F_{krit}	kritische Knickkraft	$[N]$
F_{links}	Kraft linkes Auflager	$[N]$
F_{rechts}	Kraft rechtes Auflager	$[N]$
F_{vorh}	vorhandene Kraft	$[N]$
g	Erdbeschleunigung	$\left[\frac{m}{s^2}\right]$
g_i	Gewichtungsfaktor	$[-]$
h	Höhe	$[m]$
I	Flächenträgheitsmoment	$[m^4]$
l	Auflagerbreite	$[m]$
L_{max}	maximale Streifenlänge	$[m]$
L_{min}	minimale Streifenlänge	$[m]$
$m_{1\dots i}$	Einzelmasse	$[kg]$
m_{ges}	Gesamtmasse	$[kg]$
M_{max}	maximales Biegemoment	$[Nm]$
$M_{(x)}$	Biegemoment an der Stelle x	$[Nm]$
P_{ges}	Maximale Punktbewertung	$[-]$
P_i	Punktbewertung	$[-]$

P_{max}	maximale Flächenpressung	$\left[\frac{N}{m^2}\right]$
P_{min}	minimale Flächenpressung	$\left[\frac{N}{m^2}\right]$
q_0	verteilte Last	$\left[\frac{N}{m}\right]$
$Q_{(x)}$	Querkraft an der Stelle x	$[N]$
R_e	Streckgrenze	$\left[\frac{N}{m^2}\right]$
S_F	Sicherheit gegen Fließen	$[-]$
S_{Fmin}	Mindestsicherheit gegen Fließen	$[-]$
S_k	Sicherheit gegen Knicken	$[-]$
S_{kmin}	Mindestsicherheit gegen Knicken	$[-]$
w_{max}	maximale Durchbiegung	$[m]$
W	axiales Widerstandsmoment	$[m^3]$
x	Laufvariable x	$[m]$
σ_{bmax}	maximale Biegespannung	$\left[\frac{N}{m^2}\right]$

1 Theoretische Grundlagen

An dieser Stelle sollen zunächst die theoretischen Grundlagen und Erkenntnisse, die bei der Literaturrecherche zur Konzeption von technischen Systemen und Produkten entstanden sind, verdeutlicht und in einen Zusammenhang gebracht werden.

1.1 Historische Entwicklung der Konstruktionsmethodik

Historisch gesehen, „war die Konstruktionstätigkeit bis zum Ende des 19. Jahrhunderts eine im künstlerisch intuitiven Bereich angesiedelte Angelegenheit, die man nur durch das Aneignen langer Erfahrung gepaart mit entsprechender Veranlagung erlernen konnte“ (Naefe, 2012 S. 1). Erste diskursive Ansätze für den Konstruktionsprozess erfolgten Mitte des 19. Jahrhunderts und wurden zur Konstruktionsmethodik stetig weiterentwickelt (vgl. Naefe, 2012 S. 1 f.). Im Bereich der heute gängigen Konstruktionsmethodik lässt sich die VDI 2221 nennen, die seit 1993 in der 2. Auflage vorliegt.

1.2 Konstruktionsmethodik nach VDI 2221

Die Richtlinie VDI 2221 „Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte“ (VDI-Richtlinie 2221, 1993-05) beschreibt allgemein den Arbeitsfluss des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses in branchen- und produktunabhängiger Form.

Aufgrund dieser allgemeinen Darstellung, wird der gesamte Entwicklungs- und Konstruktionsprozess grobstrukturiert aufgezeigt. Für eine praktische Anwendung der VDI 2221, sind gemäß Anforderungen an das zu entwickelnde technische System oder Produkt, spezifische Anpassungen der aufgeführten Inhalte notwendig. Diese spezifischen Anpassungen erfolgen dann branchen- und produktabhängig unter Zuhilfenahme weiterer Normen und Richtlinien.

Das Lösungsfindungsmodell nach VDI 2221 kann als Leitrichtlinie betrachtet werden, welches ein bestehendes komplexes Gesamtproblem in lösbare Teil- bzw. Einzelprobleme aufgliedert und anschließend zur Gesamtlösung verbindet.

1.3 Vorgehensweise in der Konstruktionsmethodik

Entsprechend der VDI 2221 (VDI-Richtlinie 2221, 1993-05 S. 9) lässt sich der Entwicklungs- und Konstruktionsprozess in die vier Phasen

- Klären und präzisieren der Aufgabenstellung
- Konzipieren
- Entwerfen
- Ausarbeiten

unterteilen.

Die nachfolgende Abbildung zeigt zum einen die einzelnen Entwicklungs- und Konstruktionsphasen und zum anderen auch, dass die einzelnen Arbeitsschritte in den Phasen nicht klar voneinander zu trennen sind, sondern durch iteratives Vor- oder Rückspringen innerhalb des Ablaufschemas miteinander verbunden sind.

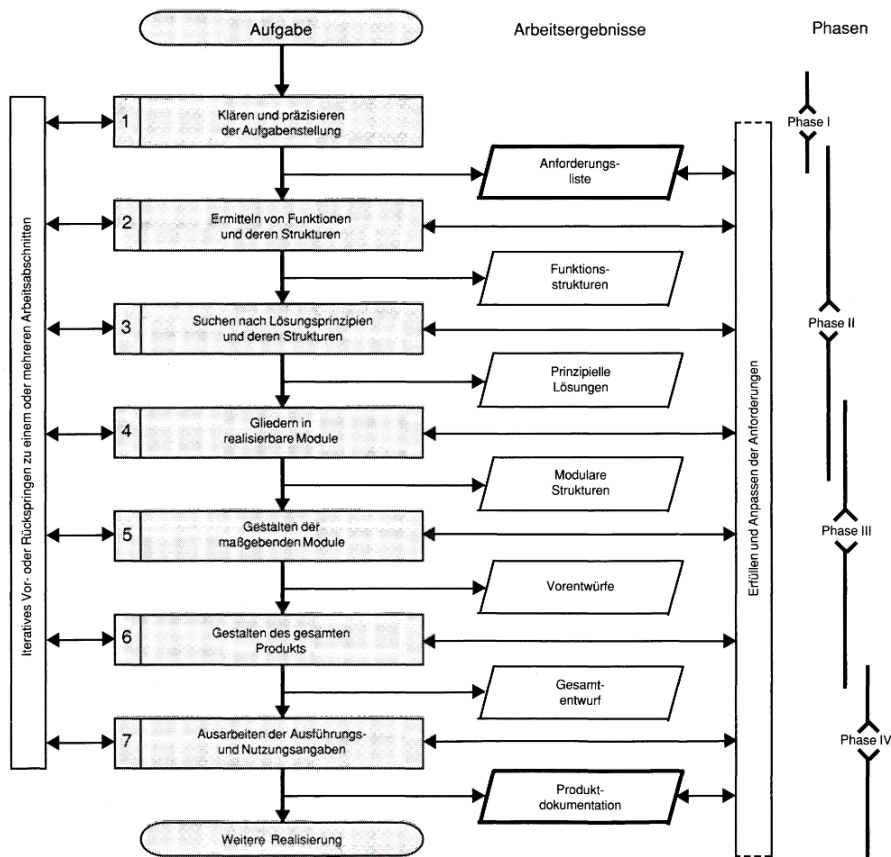


Abb. 1 Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren (VDI-Richtlinie 2221, 1993-05 S. 9)

2 Entwurf und Konstruktion des Lüftungskanalhalters

Bei dem Entwurf und der Konstruktion des Lüftungskanalhalters wird nach den, wie in Kapitel 1.3 erwähnten, vier Phasen vorgegangen. Welche nachfolgend auch nochmal kurz erläutert werden, bevor mit der vorliegenden Aufgabenstellung eine konkrete Durchführung der einzelnen Phasen erfolgt.

2.1 Klären und präzisieren der Aufgabenstellung

Das Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung lässt sich der Phase I zuordnen und dient der Analyse des Gesamtproblems.

Zunächst wird mit dem Zusammentragen aller Informationen und der Bestimmungen aller konstruktiven Randbedingungen begonnen, die sich aus den technischen Anforderungen, bzw. aus den System- oder Produkthanforderungen ergeben. Diese so gewonnenen Informationen und Anforderungen an das zu gestaltende System oder Produkt werden in einer Anforderungsliste zusammengetragen. Die Anforderungsliste sollte während der weiteren Konstruktionsphasen angepasst werden, wenn sich durch neugewonnene Erkenntnisse, während dieser Phasen, ein geändertes Anforderungsprofil ergeben sollte (vgl. VDI-Richtlinie 2221, 1993-05 S. 9 f.).

Wie bereits eingangs in der Aufgabenstellung beschrieben, besteht die Aufgabe darin, eine Halterungskonstruktion für einen Lüftungskanal zu entwerfen.

Als erstes sollen Halterungen im Allgemeinen, die Örtlichkeiten und der Lüftungskanal betrachtet werden, bevor die bereits erwähnte Anforderungsliste beleuchtet wird.

2.1.1 Beschreibung Halterungen

Die Halterungen sollen grundsätzlich die auftretenden Belastungen sicher in den Baukörper ableiten. Diese auftretenden Belastungen entstehen hauptsächlich durch Eigengewicht, durch Wärmedehnungen und Schwingungen des Versorgungsnetzes.

Bei industriellem Rohrleitungsbau wird bei den Halterungen zwischen statischen und dynamischen Belastungen unterschieden. Die Statischen Belastungen, wie z.B. durch das Eigengewicht oder die Wärmedehnung hervorgerufen, werden durch statische Halterungen aufgenommen. Dynamische Halterungen sind darauf ausgelegt, Schwingungen und Stöße zu kompensieren und zu dämpfen (vgl. DIN EN 13480-3:2017-12 S. 158).

Mit der DIN EN 12236:2002-04 gibt es speziell eine Norm für die Halterungskonstruktionen im Lüftungsbau. Darin werden die Anforderungen an Halterungskonstruktionen im Lüftungsbau festgelegt (vgl. DIN EN 12236:2002-04 S. 6).

2.1.2 Beschreibung des zu halternden Lüftungskanals

Der zu halternde Lüftungskanal wird in doppelwandiger Bauweise ausgeführt. Die Wandungen des Lüftungskanals sind in Stahl Feiblech DX51D+Z (1.0226) gewalzt feuerverzinkt ausgeführt und besitzen eine Stärke von innen 1,25 mm und außen 4,5 mm. Zwischen innerem und äußerem Lüftungskanal entsteht umlaufen ein 60 mm Hohlraum, welcher mit Dämmwolle verfüllt ist. Die verwendete Dämmwolle besitzt eine Dichte von 90 – 300 kg/m³. Somit gehört diese Ausführung zu einer besonders schweren Variante von Lüftungskanälen, wie auch die nachfolgende Abbildung verdeutlichen wird.

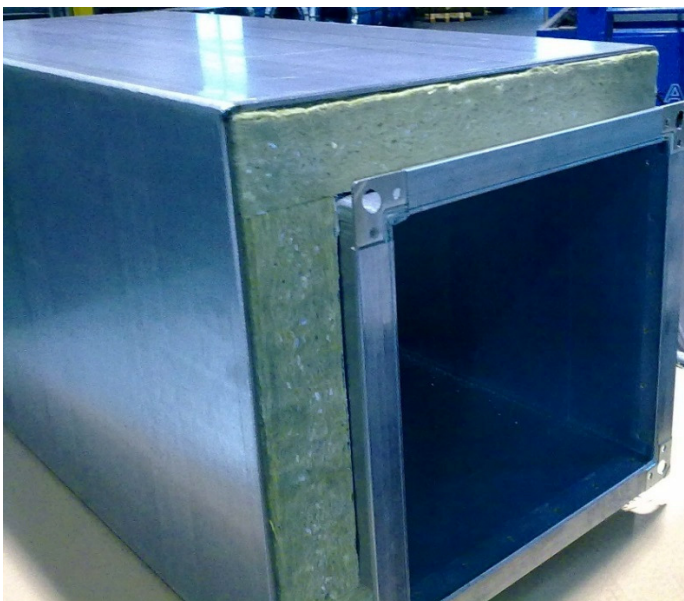


Abb. 2 Foto von Lüftungskanal in Sandwichbauweise

Die Abb. 2 zeigt den Lüftungskanal mit aufgetrennter äußerer Seitenwand, so dass die verfüllte Dämmwolle sichtbar wird.

2.1.3 Beschreibung der örtlichen Gegebenheiten

Das Bauwerk besteht in dem Bereich, in dem die Halterungskonstruktion für den Lüftungskanal entworfen werden soll aus Stahlbeton. Der Lüftungskanal wird in diesem Bereich über eine Betonrippe geführt.

Der Lüftungskanal wird von mehreren einzelnen Halterungskonstruktionen unterstützt, in dieser Bachelorthesis wird nur eine Halterungskonstruktion in einem abgegrenzten Bereich des Lüftungskanalverlaufs betrachtet.

Für diesen Bereich ist eine angepasste Halterungskonstruktion notwendig, da im Vorfeld bei den grünmarkierten Kanalteilen eine Umplanung des Kanalverlaufs stattgefunden hat und zusätzlich eine Entkopplung, in Form eines Segeltuchstutzens eingebaut wird.

Der Bereich soll in nachfolgender Abbildung als Ausschnitt des 3D-Modells, der Werks- und Montageplanung mit der Sicht von oben dargestellt werden. Das 3D-Modell wurde für die Visualisierung von der Firma Knaack & Jahn GmbH zur Verfügung gestellt.

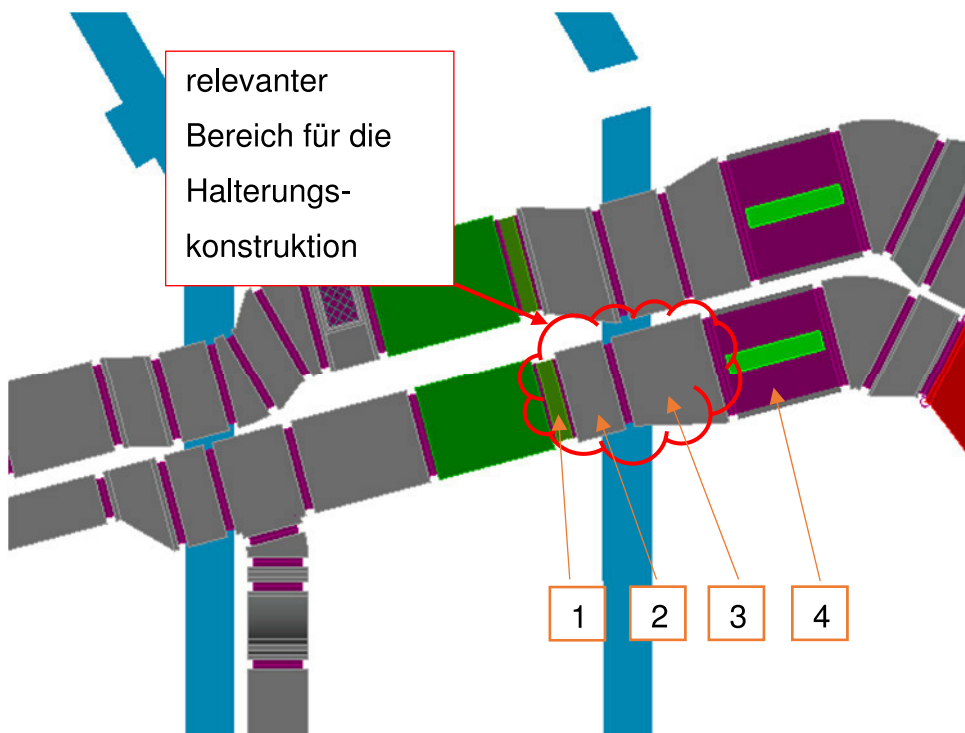


Abb. 3 3D-Model Lüftungskanal Sicht von oben mit Bereichsmarkierung

Um die Situation noch weiter zu verdeutlichen wird zusätzlich der isolierte Bereich aus seitlicher Perspektive gezeigt. Diese Perspektive zeigt, dass der Kanal über die Betonrippe geführt werden soll.

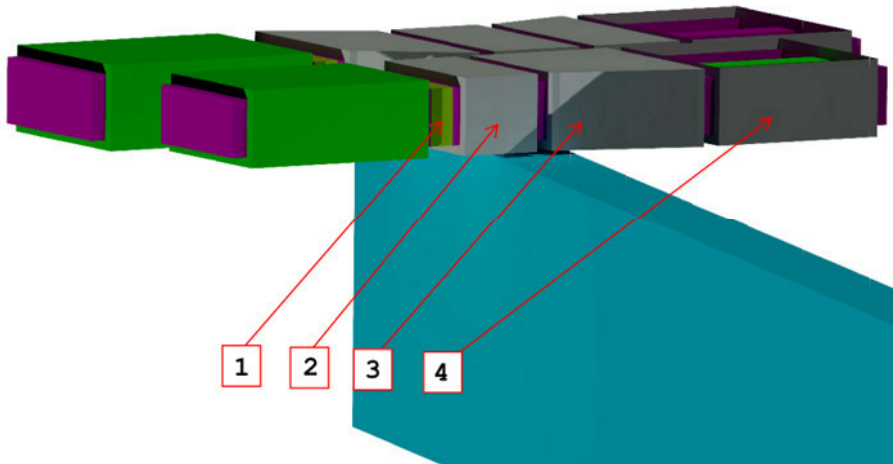


Abb. 4 3D-Model isoliert Lüftungskanal seitliche Sicht

In vorangestellter Abb. 3 und Abb. 4 sind vier Bauteile des Lüftungskanals, im relevanten Bereich herausgestellt. Diese Bauteile werden nachfolgend kurz benannt und eine Zuordnung zur geplanten Halterungskonstruktion vorgenommen. Die Massen wurden der Massenzusammenstellung für den Lüftungskanal entnommen (siehe markierter Bereich im Anhang).

Vorab sei gesagt, dass der Schalldämpfer mit der Positionsnummer vier, zwar aufgeführt aber in keiner weiteren Betrachtung einbezogen wird, da sich dort bereits die nächste Halterung befindet, die die gesamte Masse m_4 aufnimmt.

Pos.	Bauteil	Masse	Berücksichtigung bei Halterungskonstruktion
1	Kompensator mit Isolierung und Manschette	$m_1 = 39 \text{ kg}$	zur Hälfte, da Aufteilung mit vorheriger Halterungskonstruktion
2	Sonder-Kanalsystem „gerades Kanalteil“	$m_2 = 162 \text{ kg}$	vollständig, da geplante Montage von Halterungskonstruktion
3	Sonder-Kanalsystem "Formteil"	$m_3 = 193 \text{ kg}$	zur Hälfte, da Aufteilung mit nachfolgender Halterungskonstruktion
4	Sonder-Kanalsystem "Schalldämpfer"	$m_4 = 218 \text{ kg}$	keine, da nachfolgende Halterungskonstruktion geplant

Tabelle 1 Berücksichtigung der Bauteilmasse für Halterungskonstruktion

Aus Tabelle 1 geht die Gesamtmasse des relevanten Bereichs zu

$$m_{ges} = \frac{m_1}{2} + m_2 + \frac{m_3}{2} \quad (1)$$

$$m_{ges} = 278 \text{ kg}$$

hervor.

Wie

Die Gesamtbelastung für die Halterungskonstruktion ergibt sich aus nachfolgender Formel zu:

$$F_{ges} = m_{ges} \cdot g \quad (2)$$

$$F_{ges} = 278 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2727,18 \text{ N}.$$

2.1.4 Schwingungstechnische Entkopplung

Mit einer schwingungstechnischen Entkopplung soll verhindert werden, dass sich „Schwingungen in festen Körpern“ (Pech, et al., 2006 S. 23), also Körperschall ausbreiten und „an Oberflächen aus Körpern austreten und durch Schwingungsübertragung an Luft als „Luftschall“ hörbar werden“ (Pech, et al., 2006 S. 32).

Zur Körperschalldämmung gibt es je nach Bauteil unterschiedliche Maßnahmen. Grundsätzlich müssen aber alle Bauteile schallentkoppelt werden.

Für Ventilatoren und Lüftungsgeräte gibt es spezielle Aufhängungen und das Kanalsystem ist von den Lüftungsgeräten mittels Kompensatoren getrennt. (Bosy, 2000 S. 214 f.) Das Luftleitungssystem muss zum Baukörper entkoppelt gehalten werden.

2.1.5 Anforderungsliste

Die nachfolgende Anforderungsliste und darin aufgeführten Anforderungen sind in Anlehnung an die „Leitlinie mit Hauptmerkmalliste“ (vgl. Pahl, et al., 2007 S. 220) strukturiert worden.

Die Anforderungen wurden ohne weitere Gewichtung in Festforderungen und Wünsche unterteilt. Die Festforderungen gilt es unter allen Umständen und die Wünsche nach Möglichkeit zu realisieren.

Neben den Forderungen nach aufzunehmender Belastung und schwingungstechnischer Entkopplung für die Halterungskonstruktion, werden auch rein normative Anforderungen aufgeführt, die in erster Linie durch die DIN EN 12236:2002-04 vorgegeben werden. Auch die Forderung nach einer kostengünstigen und praktikablen Lösung lässt sich der Anforderungsliste entnehmen.

Knaack & Jahn GmbH		Anforderungsliste für Halterungskonstruktion	Seite 1/1
Lfd. Nummer	F W	Anforderungen	Verantw.
Geometrie			
1	W	maximale Abmessung entsprechend der Kanalteilabmessungen: Höhe: 350 mm Breite: 900 Länge: 1000 mm	S.G.
9	F	gemäß DIN EN 12236:2002-04 maximale Durchbiegung ≤ 0,4% der Auflagerspannweite	S.G.
Kräfte			
2	F	aufzunehmende Belastung durch Lüftungskanal und zusätzlich beteiligter Bauteile: ≥ 2727,18 N	S.G.
Stoff			
3	W	Verwendung von Norm- und Kaufteilen	S.G.
Kontrolle			
8	F	gemäß DIN EN 12236:2002-04 - Sicherheitsfaktoren S ≥ 1,5	S.G.
Montage			
4	F	Baustellenmontage der Einzelteile	S.G.
5	W	geringe Kosten	S.G.
6	W	lösbbare Verbindung im Reperaturfall	S.G.
7	F	schwingungstechnische Entkopplung	S.G.
Erstellt von: Simon Gramens		letzte Änderung:	21.11.2018

Tabelle 2 Anforderungsliste Halterungskonstruktion für Lüftungskanal

2.2 Konzipieren

Die Phase II, auch Konzeptionsphase genannt, dient der Suche nach Lösungsprinzipien von ermittelten Funktionen und deren Strukturen.

Während der Konzeptphase werden auf Grundlage der Anforderungsliste die Gesamtfunktion und notwendige Teilfunktionen, für das zu entwickelnde System bzw. Produkt, bestimmt. Durch Kombination und Zusammenfassung der zuvor bestimmten Funktionen zu Strukturen, erhält man Funktionsstrukturen. Für die einzelnen

Funktionen, der Funktionsstruktur werden durch „sog. Wirkstrukturelle Festlegungen“ (VDI-Richtlinie 2221, 1993-05 S. 10) Lösungsprinzipien geschaffen. Die Verknüpfung der geschaffenen Lösungsprinzipien ergeben dann „eine oder mehrere Prinzipielle Lösungen“ (VDI-Richtlinie 2221, 1993-05 S. 10).

2.2.1 Funktionsanalyse

Mit der unter Kapitel 2.1.5 erstellten Anforderungsliste und den somit aufgeführten Anforderungen für die Halterungskonstruktion sollen die Funktionen analysiert werden.

Um die Funktionen unvoreingenommen und lösungsunabhängig zu betrachten wird die Aufgabenstellung zunächst abstrakt betrachtet.

Eine Methode um eine abstrakte Betrachtung zu ermöglichen ist die Black-Box-Darstellung. Dabei wird die Funktion mit einer Systemgrenze in einer Black-Box zusammen mit den in das System hineingehenden und aus dem System kommenden Größen dargestellt, wie Abb. 5 Black Box Darstellung schematisch zeigt.

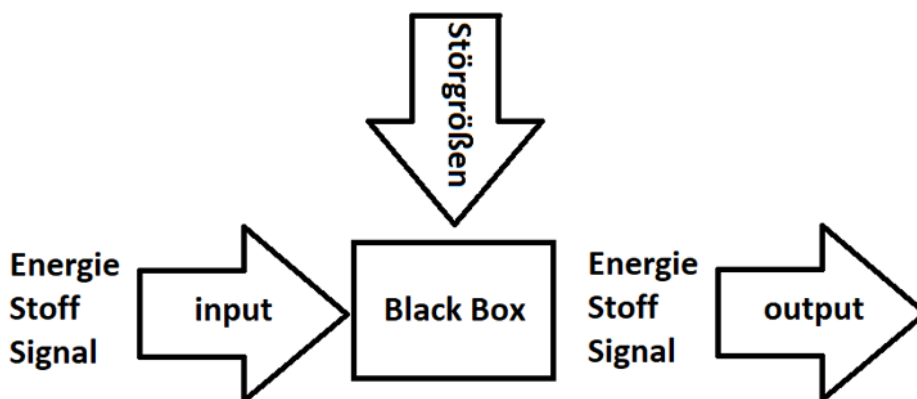


Abb. 5 Black Box Darstellung

Für die Halterung des Lüftungskanals besteht die Hauptfunktion darin, die aufgebrauchte Gewichtskraft als potentielle Energie zu speichern.

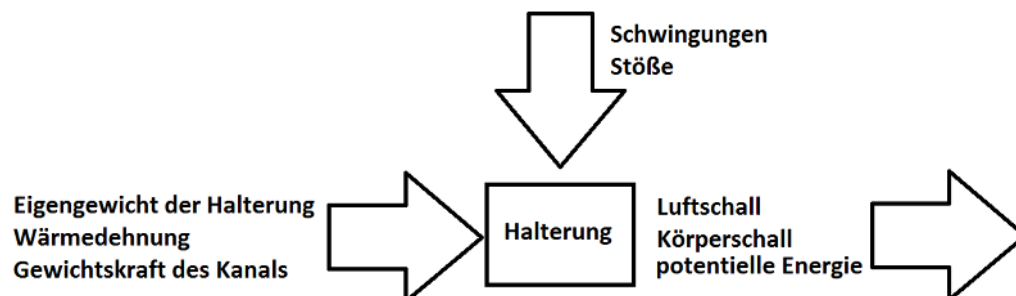


Abb. 6 Black Box Hauptfunktion

Die daraus resultierenden Belastungen für die Halterungskonstruktion müssen durch

- Lastaufnahme
- Stützen oder Aufhängungen

aufgenommen und in das Bauwerk abgeleitet werden.

Die Nebenfunktion ergibt sich für die Halterungskonstruktion aus der Forderung nach einer schwingungstechnischen Entkopplung des Lüftungskanals vom Bauwerk.

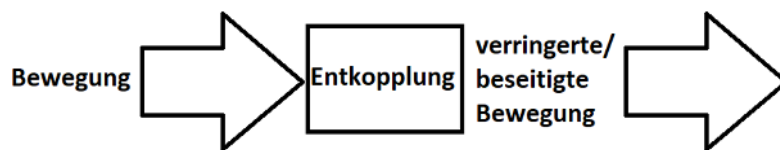


Abb. 7 Black Box Nebenfunktion

2.2.2 Morphologischer Kasten

Der morphologische Kasten stellt eine Kreativitätstechnik dar, die durch sinnvolle Kombination zu innovativen Lösungen führen kann. Der nachfolgende morphologische Kasten, wie Abb. 8 zeigt, führt die unter 2.2.1 ermittelten Funktionen auf. Diese Funktionen sind hauptsächlich die Art und Lage von

- Lastaufnahme
- Stützen oder Aufhängungen

sowie die

- schwingungstechnische Entkopplung

und die einzelnen Verbindungen untereinander.

Bei der Erstellung wurde auf einen modularen Aufbau geachtet, der es erlaubt den morphologischen Kasten zu einem späteren Zeitpunkt zu erweitern.

Funktion		Lösung					
		01	02	03	04	05	06
Ausführung Luftleitung		rund	eckig	oval			
Befestigung Luftleitung mit Halterungskonstruktion		geschraubt	geklemmt	geschweißt	geklebt	aufgelagert	ohne
Ausführung Lastaufnahme	Bauteil	Winkel	Balken	Konsole	ohne		
	Ausrichtung/ Lage	horizontal	vertikal	diagonal	ohne		
	schwingungs- technische Entkopplung	Federlager	elastische Bettung	ohne			
Ausführung Stütze bzw. Aufhängung	Bauteil	Winkel	Balken	Gewindestange	Konsole	ohne	
	Ausrichtung/ Lage	horizontal	vertikal	diagonal	ohne		
	schwingungs- technische Entkopplung	Federlager	elastische Bettung	ohne			
Verbindung Stütze bzw. Aufhängung und Lastaufnahme		Winkel	Gelenk	Gewindestange	ohne		
Befestigung Stütze bzw. Aufhängung mit Lastaufnahme		geschraubt	geklemmt	geschweißt	geklebt	aufgelagert	ohne
Verbindung Bauwerk mit Stütze bzw. Aufhängung/ Lastaufnahme		Winkel	Gelenk	Gewindestange	Dübel	Konsole	ohne
Befestigung Bauwerk mit Stütze bzw. Aufhängung/ Lastaufnahme		geschraubt	geklemmt	geschweißt	geklebt	aufgelagert	ohne

Abb. 8 morphologischer Kasten für Halterungskonstruktion

In nachfolgender Abb. 9 sind durch farbliche Markierungen drei Lösungsvarianten für die Halterungskonstruktion aufgeführt.

Funktion		Lösung					
		01	02	03	04	05	06
Ausführung Luftleitung		rund	eckig	oval			
Befestigung Luftleitung mit Halterungskonstruktion		geschraubt	geklemmt	geschweißt	geklebt	aufgelagert	ohne
Ausführung Lastaufnahme	Bauteil	Winkel	Balken	Konsole	ohne		
	Ausrichtung/Lage	horizontal	vertikal	diagonal	ohne		
	schwingungstechnische Entkopplung	Federlager	elastische Bettung	ohne			
Ausführung Stütze bzw. Aufhängung	Bauteil	Winkel	Balken	Gewindestange	Konsole	ohne	
	Ausrichtung/Lage	horizontal	vertikal	diagonal	ohne		
	schwingungstechnische Entkopplung	Federlager	elastische Bettung	ohne			
Verbindung Stütze bzw. Aufhängung und Lastaufnahme		Winkel	Gelenk	Gewindestange	ohne		
Befestigung Stütze bzw. Aufhängung mit Lastaufnahme		geschraubt	geklemmt	geschweißt	geklebt	aufgelagert	ohne
Verbindung Bauwerk mit Stütze bzw. Aufhängung/ Lastaufnahme		Winkel	Gelenk	Gewindestange	Dübel	Konsole	ohne
Befestigung Bauwerk mit Stütze bzw. Aufhängung/ Lastaufnahme		geschraubt	geklemmt	geschweißt	geklebt	aufgelagert	ohne

Abb. 9 morphologischer Kasten für Halterungskonstruktion mit Lösungsvarianten

2.2.3 Beschreibung der Lösungen

Die in Abb. 9 gezeigten Lösungsvarianten sollen zunächst einzeln erläutert werden, bevor durch eine nachfolgende Bewertung das erfolgversprechendste Konzept ausgewählt und in die Entwurfsphase überführt wird.

Lösungsvariante grün:

An eine eckige Luftleitung, wird ein horizontaler Winkel geschweißt. Zwischen Winkel und Konsole, die horizontal ausgeführt und diagonal abgestützt wird, ist die elastische Bettung ohne weitere Verbindung aufgelagert. Die Konsole ist mit dem Bauwerk verschraubt. Die nachfolgende Skizze in Abb. 10 soll eine erste Vorstellung liefern.

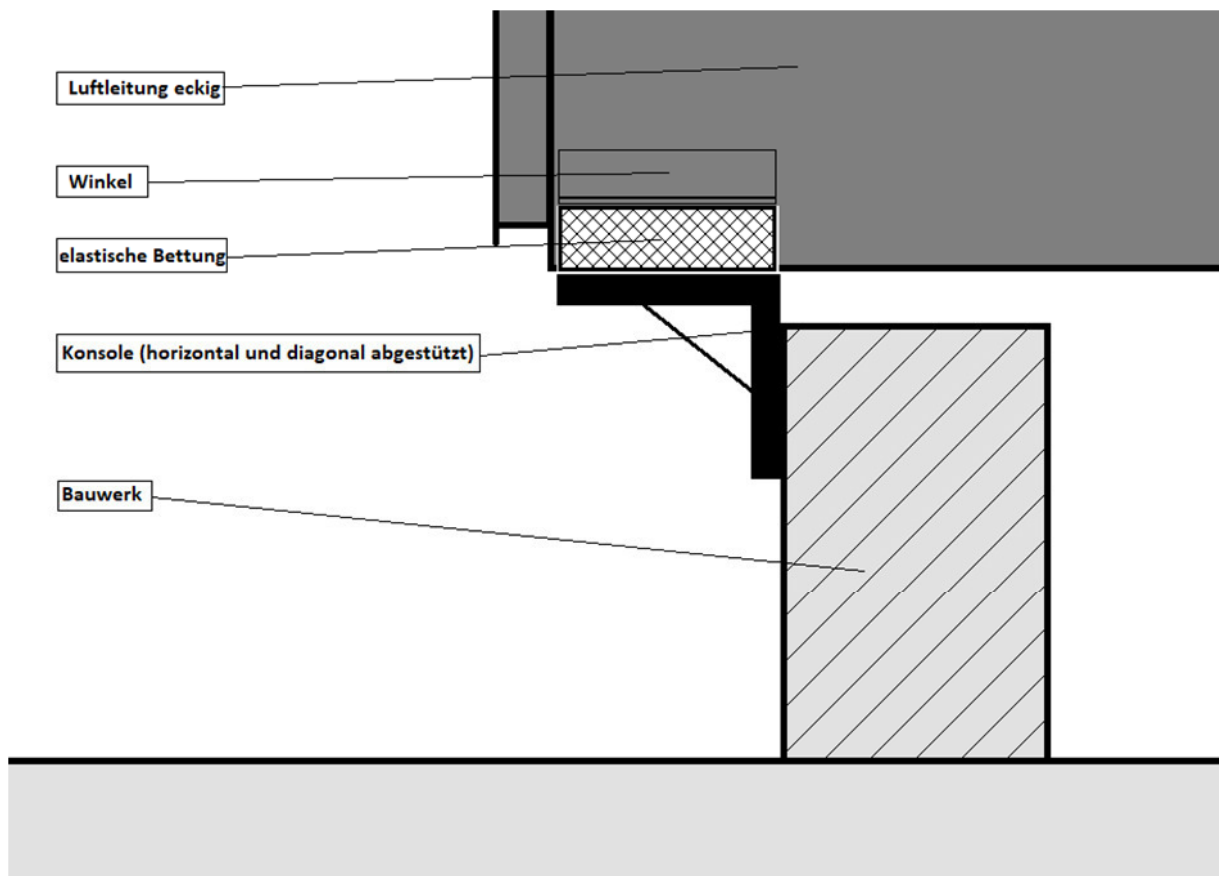


Abb. 10 Skizze zur Lösungsvariante grün

Lösungsvariante **orange**:

Eine **eckige Luftleitung** wird auf einen **horizontalen Balken** mit **elastischer Bettung** **aufgelagert**. **Ohne** weitere Verbindung oder Befestigung wird der horizontale Balken am Bauwerk **aufgelagert**. Die Skizze in Abb. 11 zeigt eine mögliche Ausführung.

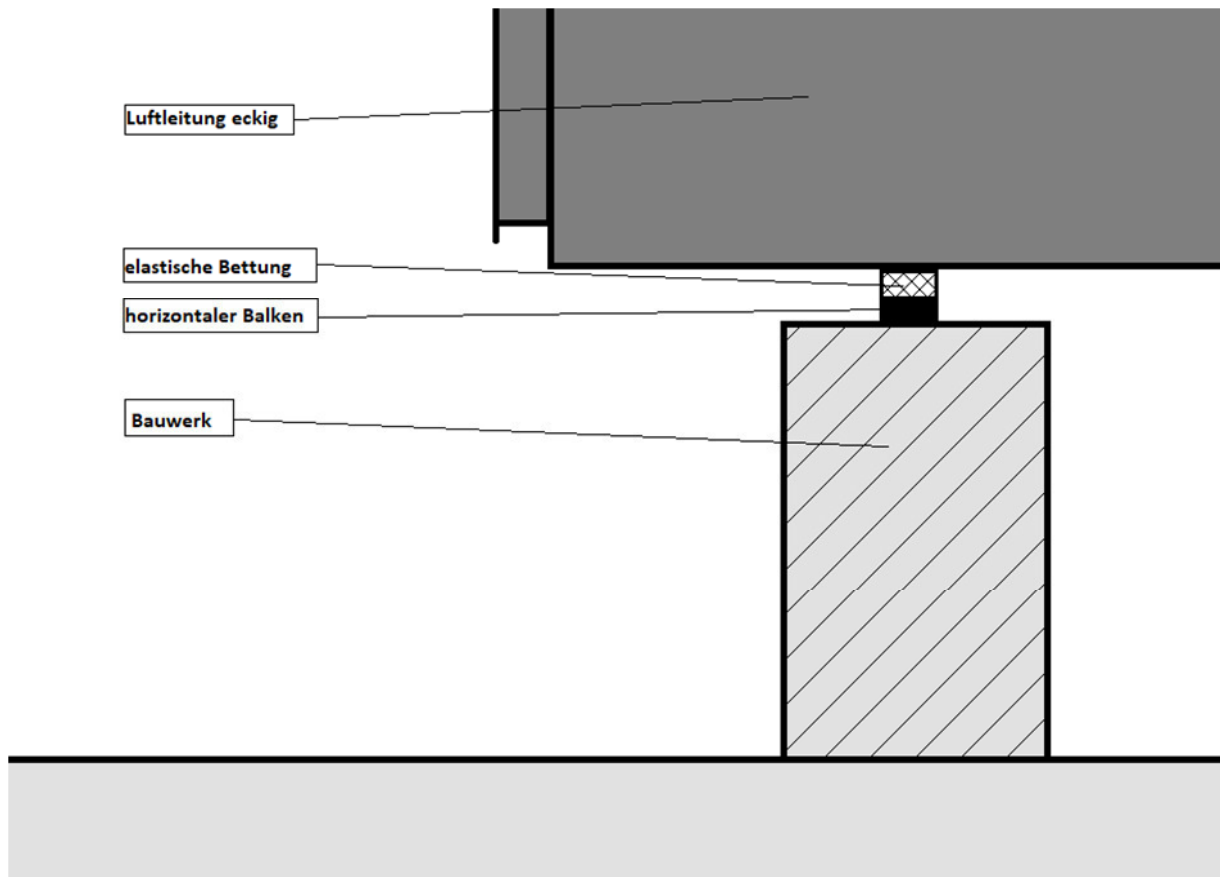


Abb. 11 Skizze zur Lösungsvariante orange

Lösungsvariante **blau**:

Eine **eckige Luftleitung** wird auf einen **horizontalen Balken** mit **elastischer Bettung** aufgelagert. Der horizontale Balken wird mit **vertikalen Balken** durch einen **Winkel verschraubt**. Die Verbindung zum **Bauwerk** wird mittels **verschraubter Konsole** hergestellt. In Abb. 12 soll mit der gezeigten Skizze ein Eindruck zur Lösungsvariante blau vermittelt werden.

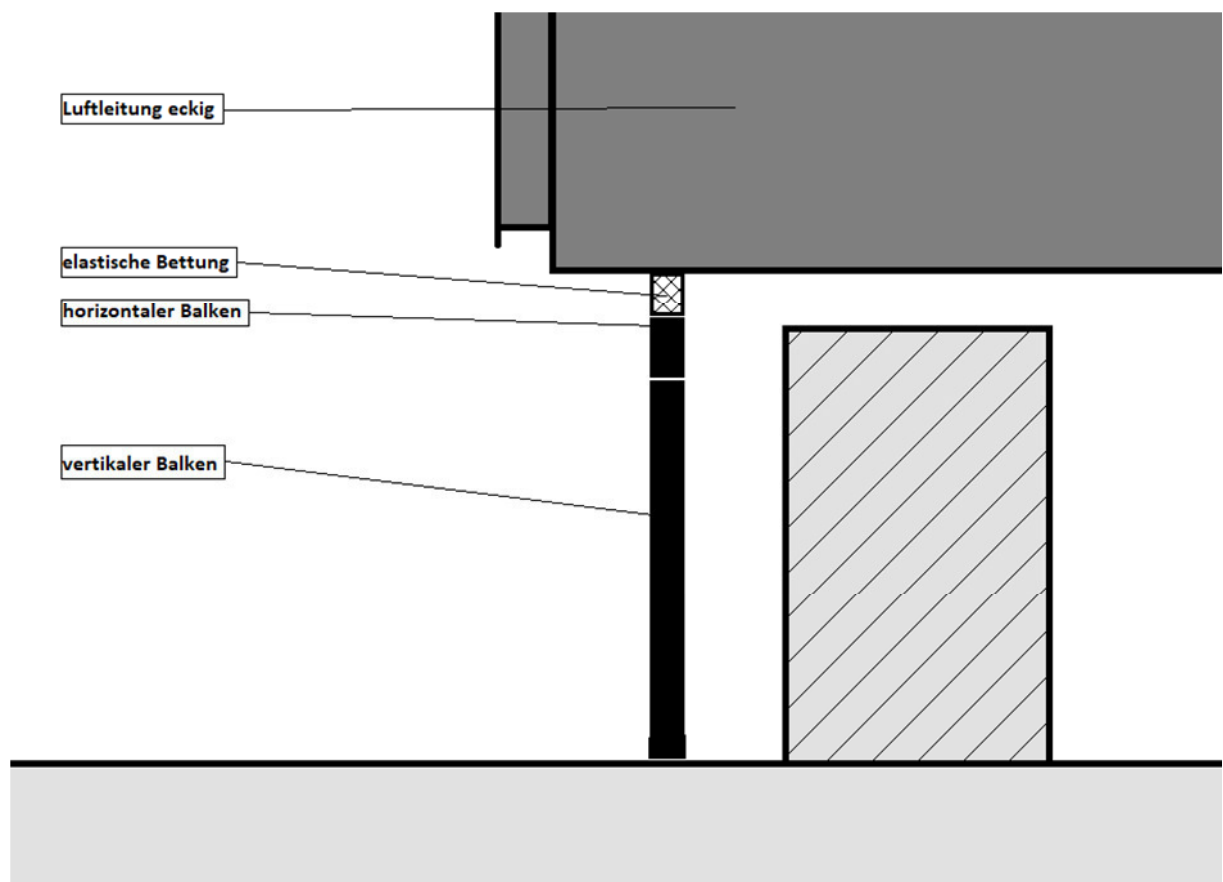


Abb. 12 Skizze zur Lösungsvariante blau

Da nun die Lösungsvarianten beschrieben und vorgestellt sind, soll es im nächsten Abschnitt mit der Bewertung der Lösungen weitergehen.

2.2.4 Bewertung der Lösungen

Damit durch eine Bewertung der Lösungsvarianten der geeignetste Ansatz ermittelt werden kann, werden Bewertungskriterien benötigt. Die Bewertungskriterien leiten sich aus der in 2.1.5 aufgeführten Anforderungsliste ab. Dazu werden die Anforderungen neu formuliert und setzen sich wie folgt zusammen.

Anforderung in Anforderungsliste		Bewertungskriterium
maximale Abmessung entsprechend der Kanalteilabmessungen		kompakte Bauweise
Aufzunehmende Belastung durch Lüftungskanal		Hohe Belastbarkeit
Verwendung von Norm- und Kaufteilen		einfache Montage
Baustellenmontage		geringes Montagegewicht
geringe Kosten		geringe Kosten
Lösbare Verbindung im Reparaturfall		lösbare Verbindung
Gemäß DIN EN 12236:2002-04 -Sicherheitsfaktoren		ausreichende Sicherheit

Tabelle 3 Herleitung der Bewertungskriterien

Mit den feststehenden Bewertungskriterien könnte bereits eine Bewertung der Lösungsvarianten nach VDI 2225 (vgl.VDI-Richtlinie 2225 Blatt 3, 1998-11) durchgeführt werden. Jedoch sind nicht alle Bewertungskriterien gleichwertig, so dass vorab eine Gewichtung, wie in nachfolgender Tabelle 4 aufgeführt, durchgeführt wird.

Bewertungskriterien		kompakte Bauweise	hohe Belastbarkeit	einfache Montage	geringes Monategewicht	geringe Kosten	lösbare Verbindungen	ausreichende Sicherheit	Summe der "+"	Gewichtungsfaktor g_i	Rang
		1	2	3	4	5	6	7			
1	kompakte Bauweise	x	-	-	-	+	+	-	2	0,095	4
2	hohe Belastbarkeit	+	x	+	+	+	+	-	5	0,238	2
3	einfache Montage	+	-	x	+	-	-	-	2	0,095	4
4	geringes Monategewicht	+	-	-	x	+	-	-	2	0,095	4
5	geringe Kosten	-	-	+	-	x	-	-	1	0,048	5
6	lösbare Verbindungen	-	-	+	+	+	x	-	3	0,143	3
7	ausreichende Sicherheit	+	+	+	+	+	+	x	6	0,286	1
									21	1	

Tabelle 4 Gewichtungsmatrix

In der Gewichtungsmatrix werden die Bewertungskriterien paarweise miteinander verglichen. Das Kriterium, welches waagrecht aufgeführt wird, wird hinsichtlich seiner Wertigkeit zu dem senkrecht aufgeführten Kriterium bewertet. Ist es höherwertig, so erhält das Kriterium ein „+“, ist es das nicht, so erhält es ein „-“. Teilt man nun die Summe der horizontalen „+“ eines einzelnen Kriteriums durch die Summe aller „+“, so erhält man für jedes Bewertungskriterium eine Gewichtung.

$$g_i = \frac{\sum \text{horizontale " + "}}{\sum \text{" + "}} \quad (3)$$

Die Rangfolge der gewichteten Bewertungskriterien ergibt, dass auf dem ersten Rang die ausreichende Sicherheit gegen Versagen der Bauteile steht. Eine hohe Belastbarkeit, gefolgt von lösbaren Verbindungen befinden sich auf dem zweiten und dritten Rang. Den vierten Rang teilen sich gleich drei Bewertungskriterien und auf dem letzten Platz und somit eher im Hintergrund sind die geringen Kosten zu finden.

Gemäß VDI 2225 wird nachfolgend eine Punktbewertung der einzelnen Lösungsvarianten durchgeführt. Die Bewertung der Lösungsvarianten erfolgt mit null

bis vier Punkten, dabei ergibt sich die nachfolgend aufgeführte Bedeutung für die Punktebewertung P_i :

- 4 Punkte \triangleq sehr gut
- 3 Punkte \triangleq gut
- 2 Punkte \triangleq ausreichend
- 1 Punkte \triangleq gerade noch tragbar
- 0 Punkte \triangleq unbefriedigend.

Die Wertigkeit der einzelnen Lösungsvarianten ergibt sich aus dem Quotienten

$$\text{Wertigkeit der Lösung} = \frac{\sum P_i \cdot g_i}{\sum P_{ges} \cdot g_i} \quad (4)$$

mit $P_{ges} = 4$ Punkte.

Legende: g _i : Gewichtungsfaktor P _i : Punktebewertung P _i = 4 Pkt. -> sehr gut P _i = 3 Pkt. -> gut P _i = 2 Pkt. -> ausreichend P _i = 1 Pkt. -> gerade noch tragbar P _i = 0 Pkt. -> unbefriedigend	Gewichtung	Lösungsvariante grün		Lösungsvariante orange		Lösungsvariante blau	
		P _i	P _i · g _i	P _i	P _i · g _i	P _i	P _i · g _i
Bewertungskriterium:	g _i	P _i	P _i · g _i	P _i	P _i · g _i	P _i	P _i · g _i
kompakte Bauweise	0,095	2	0,190	4	0,380	3	0,285
hohe Belastbarkeit	0,238	2	0,476	4	0,952	3	0,714
einfache Montage	0,095	3	0,285	2	0,190	3	0,285
geringes Montagengewicht	0,095	4	0,380	4	0,380	4	0,380
geringe Kosten	0,048	1	0,048	4	0,192	2	0,096
lösbare Verbindungen	0,143	2	0,286	1	0,143	4	0,572
ausreichende Sicherheit	0,286	4	1,144	4	1,144	4	1,144
Summe der Punkte:		18	2,809	23	3,381	23	3,476
Rangfolge:		3		2		1	
Wertigkeit Lösung mit Gewichtung:		0,70		0,85		0,87	

Tabelle 5 Bewertungsmatrix der Lösungen

Wie vorangestellter Tabelle 5 zu entnehmen ist, stellt sich die Lösungsvariante blau als meistversprechender Lösungsansatz heraus und wird weiter verfolgt werden. Eine ebenfalls interessante Lösungsvariante stellt orange dar, denn ohne gewichtete Kriterien wäre dieser Lösungsansatz punktgleich mit der Lösungsvariante blau. Lösungsvariante blau gilt als meistversprechender Lösungsansatz für die besser lösbaren Verbindungen im Vergleich zur Lösungsvariante orange.

2.3 Entwurf eines Konzepts für den Lüftungskanalhalter

Der Entwurf lässt sich mit Phase III beschreiben und dient der Grobgestaltung des Systems, bzw. des Produkts, durch die Gliederung der zuvor festgelegten Lösungen.

Die in Phase II erarbeitete Lösung wird zunächst so gegliedert, dass sich Elemente, Gruppen und deren Schnittstellen erkennen lassen. In der VDI 2221 ist von Gliederung in „realisierbare Module“, wodurch die „modulare Struktur“ ersichtlich wird, die Rede (vgl.VDI-Richtlinie 2221, 1993-05 S. 11). Anschließend werden die erforderlichen Module grob entworfen, um bei entsprechender Verknüpfung einen Vorentwurf des Systems, bzw. Produkts zu erhalten.

Für die Lösungsvariante blau ergibt sich folgender geplanter Ablauf für die Entwurfsphase:

- Ermittlung der maßgebenden Belastungen für die Halterungskonstruktion
- Bemessung bzw. Auswahl des Balkens
- Bemessung bzw. Auswahl der Stützen
- Auswahl der schwingungstechnischen Entkopplung
- Auswahl der Verbindungsmittel

2.3.1 Ermittlung der maßgebenden Belastungen für die Halterungskonstruktion

Nachfolgend sollen die maßgebenden Belastungen für die Halterungskonstruktion ermittelt werden. Kurze Vorüberlegungen zur Halterungskonstruktion in Lösungsvariante blau ergeben, dass es sich um einen Biegebalken handelt, der die Belastung durch den Lüftungskanal aufnehmen wird. Für den Biegebalken werden die Biegebeanspruchungen ermittelt. Für die Stützen soll die Knickbeanspruchung ermittelt werden.

Für die Biegebeanspruchung wird die Annahme getroffen, dass nur eine ruhende, statische Belastung auftritt und dass es sich um gerade Biegung handelt. Die Belastung des Lüftungskanals soll als verteilte Last auf die Konstruktion aufgebracht werden, wie nachfolgende Skizze in Abb. 13 zeigt.

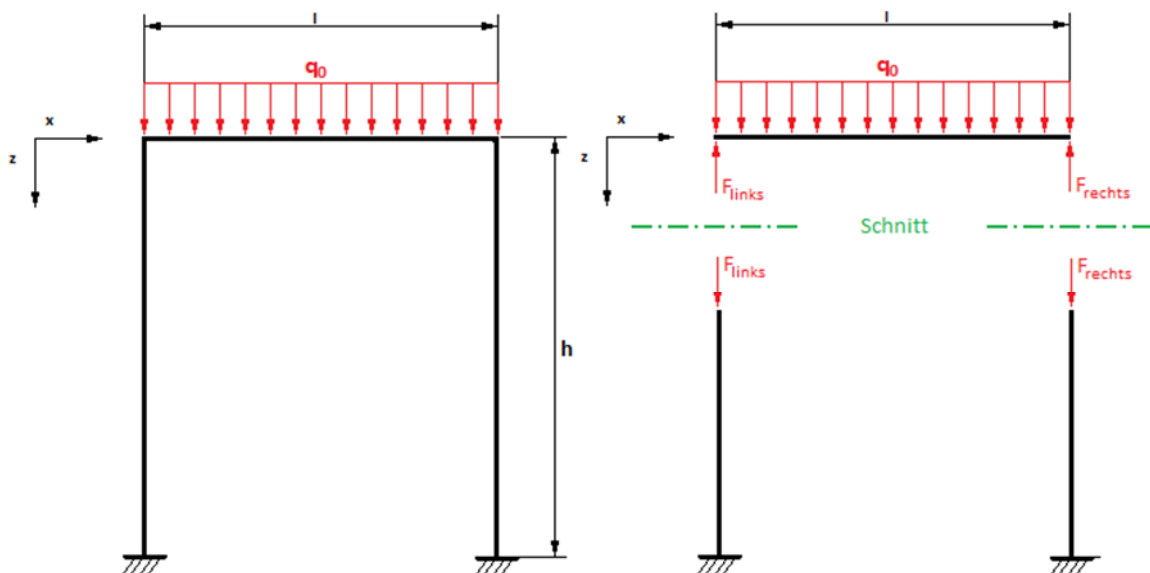


Abb. 13 Skizze Belastungsmodell Biegeträger beidseitig gestützt

In rechten Teil der Skizze ist das System durch einen Schnitt in den Bereich des Biegebalkens (oben) und in den Bereich des Knickstabs (unten) unterteilt.

Für den in Abb. 13 skizzierten Biegeträger ergibt sich die verteilte Last aus

$$q_0 = \frac{F_{ges}}{l}. \quad (5)$$

Um den Momentenverlauf skizzieren zu können, werden an dieser Stelle die Differentialgleichungen der Biegelinie verwendet. Unabhängig, von der in der nachfolgenden Abbildung dargestellten Lagerung, ergeben sich folgende Gleichungen:

$$EI \cdot w^{IV} = q = q_0 \quad (6)$$

$$EI \cdot w^{III} = -Q = q_0 \cdot x + C_1 \quad (7)$$

$$EI \cdot w^{II} = -M = \frac{1}{2} q_0 \cdot x^2 + C_1 \cdot x + C_2 \quad (8)$$

$$EI \cdot w' = \frac{1}{6} q_0 \cdot x^3 + C_1 \cdot x^2 + C_2 \cdot x + C_3 \quad (9)$$

$$EI \cdot w = \frac{1}{24} q_0 \cdot x^4 + C_1 \cdot x^3 + C_2 \cdot x^2 + C_3 \cdot x + C_4 \quad (10)$$

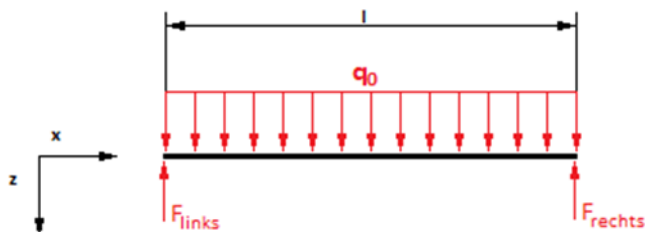


Abb. 14 Biegebalken auf zwei Stützen

Für die vier Integrationskonstanten C_1 bis C_4 in den Gleichungen (7) bis (10) werden vier Randbedingungen benötigt, damit die Integrationskonstanten bestimmt werden können. Für das linke, sowie das rechte Auflager muss die Absenkung und das Biegemoment gleich null sein. (Gross, et al., 2011 S. 87 ff.)

Mit Festlegung der X-Koordinate für die linke Kraft mit $x = 0$ und für die rechte Kraft $x = l$ folgt für die Integrationskonstanten:

$$M_{(0)} = 0 = \frac{1}{2} q_0 \cdot 0^2 + C_1 \cdot 0 + C_2 \quad (11)$$

$$\rightarrow C_2 = 0 \quad (12)$$

$$w_{(0)} = 0 = \frac{1}{24} q_0 \cdot 0^4 + C_1 \cdot 0^3 + C_2 \cdot 0^2 + C_3 \cdot 0 + C_4 \quad (13)$$

$$\rightarrow C_4 = 0 \quad (14)$$

$$M_{(l)} = 0 = \frac{1}{2} q_0 \cdot l^2 + C_1 \cdot l + \overset{=0}{\tilde{C}_2} \quad (15)$$

$$\rightarrow C_1 = -\frac{1}{2} q_0 \cdot l \quad (16)$$

$$w_{(l)} = 0 = \frac{1}{24} q_0 \cdot l^4 + C_1 \cdot l^3 + \overset{=0}{\tilde{C}_2 \cdot l^2} + C_3 \cdot l + \overset{=0}{\tilde{C}_4} \quad (17)$$

$$\rightarrow C_3 = \frac{1}{24} q_0 \cdot l^3 \quad (18)$$

Die Integrationskonstanten aus (12), (14), (16) und (18) eingesetzt in die Formeln (7), (8) und (10) ergeben für den Querkraft-, Momenten- und Biegelinienverlauf folgende Gleichungen:

$$Q_{(x)} = -\frac{1}{2} \cdot q_0 \cdot l \cdot \left(2 \cdot \frac{x}{l} - 1\right) \quad (19)$$

$$M_{(x)} = -\frac{1}{2} \cdot q_0 \cdot l \cdot \left(\frac{x^2}{l} - x\right) \quad (20)$$

$$w_{(x)} = \frac{1}{24} \cdot \frac{q_0 \cdot l^4}{EI} \cdot \left[\left(\frac{x}{l}\right)^4 - 2 \cdot \left(\frac{x}{l}\right)^3 - \left(\frac{x}{l}\right)\right] \quad (21)$$

Signifikante Stellen in den Gleichungen sind die Lager, die sich bei $x = 0$ und $x = l$ befinden und auch das größte Biegemoment, sowie die größte Durchbiegung, welche sich bei $x = \frac{l}{2}$ befinden.

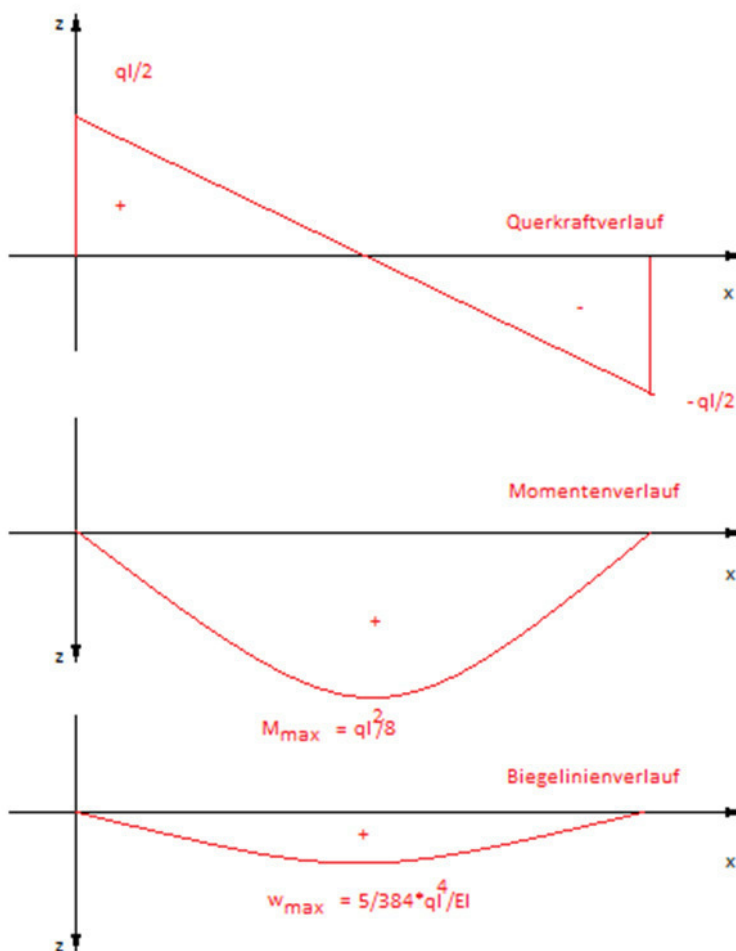


Abb. 15 qualitativer Querkraft-, Momenten- und Biegelinienvverlauf

Die Lagerreaktionen erhält man durch einsetzen der Koordinaten $x = 0$ und $x = l$ in Gleichung (19) und daraus folgt:

$$F_{links} = Q_{(0)} = \frac{1}{2} \cdot q_0 \cdot l = \frac{1}{2} \cdot F_{ges} \quad (22)$$

$$F_{rechts} = -Q_{(l)} = \frac{1}{2} \cdot q_0 \cdot l = \frac{1}{2} \cdot F_{ges} \quad (23)$$

Wie sich erkennen lässt, sind die Belastungen auf den Lagern und somit auf den Stützen gleich groß.

Setzt man nun $x = \frac{l}{2}$ in Gleichung (20) ein, erhält man das größte Biegemoment.

$$M_{max} = M_{\left(\frac{l}{2}\right)} = \frac{1}{8} \cdot q_0 \cdot l^2 \quad (24)$$

Durch einsetzen von $x = \frac{l}{2}$ in (21) erhält man die größte Durchbiegung.

$$w_{max} = w_{\left(\frac{l}{2}\right)} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_0 \cdot l^4}{EI} \quad (25)$$

Für den Biegeträger muss die Sicherheit für die Biegebeanspruchung größer, gleich 1,5 eingehalten werden und zusätzlich darf die maximale Durchbiegung nicht größer als 0,4 Prozent der Balkenspannweite betragen.

$$S_F = \frac{R_e}{\sigma_{bmax}} = \frac{R_e}{\frac{M_{max}}{W}} \quad (26)$$

$$S_F \geq 1,5 = S_{Fmin} \quad (27)$$

$$w_{max} \leq 0,4\% \cdot l = 0,004 \cdot l \quad (28)$$

Für die Sicherheit der Stützen gegen Knicken ist ebenfalls ein Sicherheitsfaktor von mindestens 1,5 gefordert.

Mit

$$F_{vorh} = F_{links} = F_{rechts} = \frac{1}{2} \cdot F_{ges} \quad (29)$$

Ergibt sich die Sicherheit gegen Knicken:

$$S_k = \frac{F_{krit}}{F_{vorh}} \quad (30)$$

$$S_k \geq 1,5 = S_{kmin} \quad (31)$$

In den nachfolgenden Kapiteln werden nun die Bauteile ausgewählt und anschließend, gemäß den Anforderungen an die Halterungskonstruktion auf ihre Eignung überprüft.

2.3.2 Bemessung und Auswahl des Biegebalkens

Für die Bemessung des Biegebalken war es notwendig, sich nach geeigneten Produkten umzusehen, die den Anforderungen entsprechen.

Zunächst soll die Entscheidung zwischen Halbzeug oder einem Montagesystem getroffen werden. Geeignete Halbzeuge aus Stahl sind zwar günstiger in der Beschaffung, jedoch entsteht bei der Bearbeitung bis zur Verwendung bei der Montage ein höher Aufwand und somit höhere Kosten, als würde man ein vorgefertigtes Montagesystem verwenden. Zudem entfallen die Kosten für eine Neukonstruktion größtenteils.

Aus diesem Aspekt wurde sich für ein Montagesystem entschieden. Es gibt mehrere Hersteller von üblichen Montagesystemen, die im Grunde ähnliche Produkte anbieten. Die Auswahl ist oft eine Kostenfrage. In diesem Fall wurde sich für das Montagesystem von Hilti entschieden.

Für die Auswahl der Montageschiene wird entsprechend Abb. 13 die Belastung nach Gleichung (5) für eine Auflagerspannweite entsprechend der Kanalbreite, wie in der Anforderungsliste unter Kapitel 2.1.5 benannt ist, aufgestellt.

$$q_0 = \frac{F_{ges}}{l} \quad (32)$$

Mit Gleichung (2)

$$F_{ges} = 278 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2727,18 \text{ N} \quad (33)$$

ergibt sich zusammen mit der Auflagerspannweite

$$l = 0,90 \text{ m} \quad (34)$$

$$q_0 = \frac{2727,18 \text{ N}}{0,9 \text{ m}} \quad (35)$$

$$q_0 = 3030,20 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad (36)$$

In dem technischen Datenblatt für die Schienen-Profile (siehe Anhang) gibt es für die Möglichkeit entweder über die Belastung oder über die Spannweite die passende

Schiene auszuwählen. Die Auswahl erfolgt in diesem Fall über die Belastung und der Ablauf soll in nachfolgender Abb. 16 Ausschnitt Technische Daten für Schienen-Profile MQ – Teil1 und Abb. 18 Ausschnitt Technische Daten für Schienen-Profile MQ – Teil2 dargestellt werden, bevor die einzelnen Schritte erläutert werden.

Technische Daten für Schienen-Profile MQ (max. Spannweite/Durchbiegung bei Gleichlast)

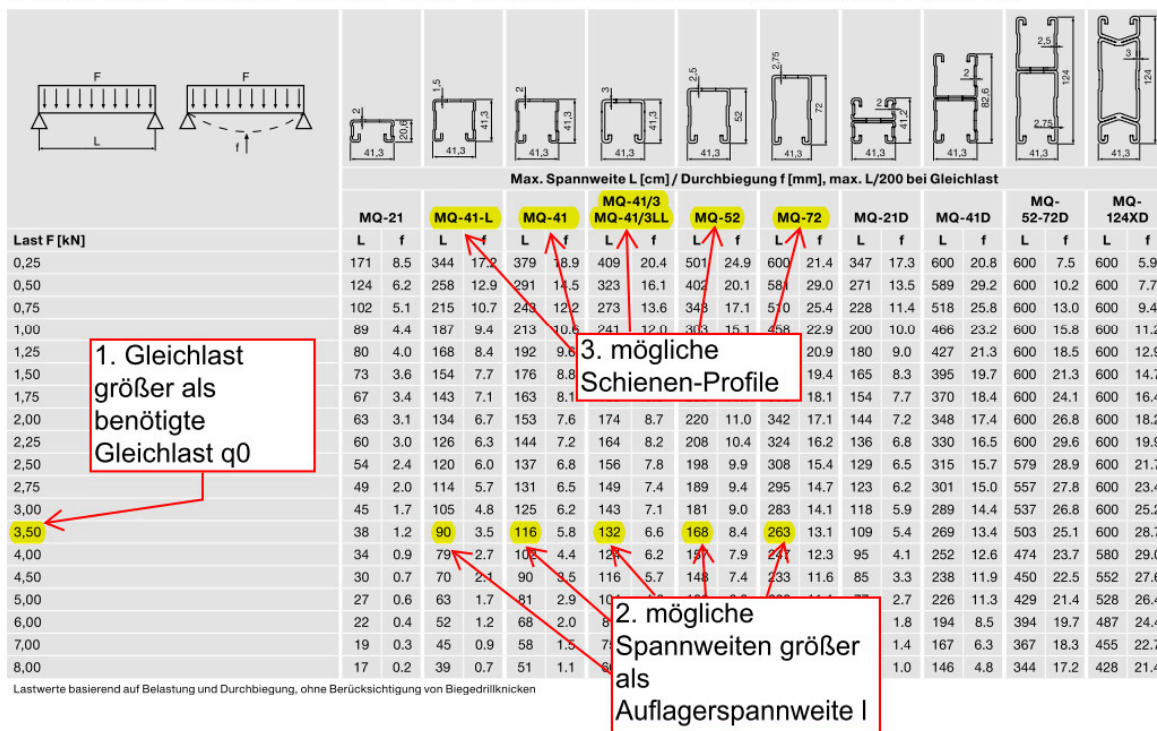


Abb. 16 Ausschnitt Technische Daten für Schienen-Profile MQ – Teil1 (Hilti Deutschland AG, 2016-08)

Im ersten Schritt wurde die Gleichlast $q_0 = 3030,20 \frac{N}{m}$ mit den Lasten im Datenblatt verglichen und die Gleichlast von $3500 \frac{N}{m}$ ausgewählt. Während des zweiten Schritts wurde die maximale Spannweite bei gewählter Gleichlast mit der benötigten Auflagerspannweite $l = 0,90 m$ verglichen. Demnach erhält man im dritten Schritt eine Auswahl der möglichen Schienen-Profile.

Durch die im nachfolgenden Kapitel 2.3.4 durchgeführte Auswahl der schwingungstechnischen Entkopplung ergibt sich ein etwas abweichendes Belastungsprofil für den Biegebalken. Dabei wird die verteilte Last nicht durchgängig auf dem Balken aufgebracht werden, sondern auf zwei Lastbereiche aufgeteilt, wie in nachfolgender Skizze in Abb. 17 dargestellt.

Da jedoch das neue Belastungsprofil nicht direkt eine Auswahl eines Schienen-Profil zulässt, wird, wie im Datenblatt empfohlen (Hilti Deutschland AG, 2016-08), ein Ersatzmodell mit einer Einzelkraft in der Mitte des Balken zu verwenden. Da sich die Summe der Belastung nicht ändert, entspricht die Einzelkraft der in Gleichung (2) ermittelten Belastung.

$$F_{ges} = 2727,18 \text{ N} \quad (37)$$

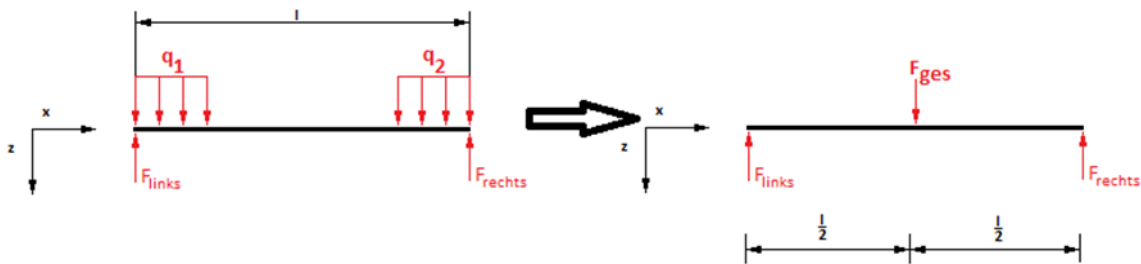


Abb. 17 Skizze für angepasstes Belastungs- und Ersatzmodell für Biegeträger

Somit erfolgt die Auswahl der Schiene erneut mit dem geänderten Belastungsmodell, wie in nachfolgender Abb. 18 dargestellt wird.

Technische Daten für Schienen-Profile MQ (max. Spannweite/Durchbiegung bei Einzellast)

Last F [kN]	Max. Spannweite L [cm] / Durchbiegung f [mm], max. L/200 bei Einzellast															
	MQ-41		MQ-41/3		MQ-52		MQ-72		MQ-21D		MQ-41D		MQ-52-72D		MQ-124XD	
	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f
0,25	319	15.9	351	17.5	435	21.7	600	27.9	295	14.7	600	27.0	600	9.1	600	6.9
0,50	236	11.8	266	13.3	334	16.7	498	24.9	221	11.0	507	25.2	600	13.5	600	9.8
0,75	195	9.8	221	11.0	270	14.0	406	21.9	184	9.2	434	21.6	600	18.0	600	12.6
1,00	170	8.5	194	9.9	239	13.0	359	21.9	164	8.0	385	19.2	600	22.4	600	15.4
1,25	154	7.6	175	8.8	202	12.1	314	19.7	147	7.2	348	17.4	600	26.8	600	18.2
1,50	145	6.9	165	8.0	187	11.1	274	17.7	137	6.5	321	16.0	588	29.3	600	21.0
1,75	135	6.3	158	7.4	187	9.4	292	14.6	109	4.3	299	14.9	553	27.6	600	23.8
2,00	130	5.7	169	7.9	169	7.9	275	13.7	95	3.3	280	14.0	523	26.1	600	26.6
2,25	126	5.3	166	7.4	151	6.3	260	13.0	85	2.6	256	11.9	497	24.8	600	29.4
2,50	123	5.0	163	7.0	136	5.1	245	12.0	77	2.1	232	9.7	474	23.7	580	29.0
2,75	121	4.7	161	6.7	124	4.2	223	10.0	70	1.8	211	8.1	454	22.7	558	27.9
3,00	119	4.5	159	6.5	114	3.5	205	8.4	64	1.5	194	6.8	437	21.8	537	26.9
3,50	115	4.0	155	6.0	98	2.6	176	6.2	55	1.1	167	5.1	402	19.5	503	25.1
4,00	112	3.7	152	5.7	88	2.2	160	5.5	50	0.9	154	4.6	385	18.1	485	23.5
4,50	110	3.5	150	5.5	80	2.0	146	5.0	46	0.8	140	4.2	370	17.0	470	22.1
5,00	108	3.3	148	5.3	74	1.8	134	4.6	42	0.7	130	3.1	317	12.1	425	18.9
6,00	104	2.9	144	4.8	66	1.6	120	4.1	38	0.6	117	2.5	287	9.9	385	15.6
7,00	101	2.6	141	4.4	60	1.4	108	3.7	35	0.5	98	1.7	240	7.0	325	11.0
8,00	98	2.3	138	4.0	55	1.2	98	3.3	32	0.4	84	1.3	207	5.1	280	8.2

7. Schienen-Profil wird ausgeschlossen, da Verwendung bei brandschutzrelevanten Befestigungen

4. Einzellast größer als benötigte Einzellast Fges

6. mögliche Schienen-Profile

5. mögliche Spannweiten größer als Auflagerspannweite l

Abb. 18 Ausschnitt Technische Daten für Schienen-Profile MQ – Teil2 (Hilti Deutschland AG, 2016-08)

Wie zu sehen, wird in Schritt vier die Einzellast $F_{ges} = 2727,18 \text{ N}$ mit den Einzellasten im Datenblatt verglichen und die Einzellast $F = 2750 \text{ N}$ gewählt. In Schritt fünf wird die mögliche Spannweite aus dem Datenblatt mit der gewählten Auflager Spannweite $l = 0,90 \text{ m}$ verglichen. Dadurch erhält man in Schritt sechs eine Auswahl von möglichen Schienen-Profilen. Im siebten Schritt wurde das Schienenprofil MQ-41/3 MQ-41/3LL ausgeschlossen, da es sich um ein Profil mit speziellen Brandschutzanforderungen handelt. Übrig bleiben die Schienen-Profile MQ-52 und MQ-72. Die weiteren Berechnungen und Nachweise erfolgen für das Schienen-Profil **MQ-52**.

Die Belastung wird als mittige Einzelkraft F_{ges} angenommen, da dadurch ein höheres Moment und auch eine größere Durchbiegung entsteht, als wenn die verteilte Last angenommen wird. Nachfolgende Abbildung zeigt die Belastung durch die Einzelkraft.

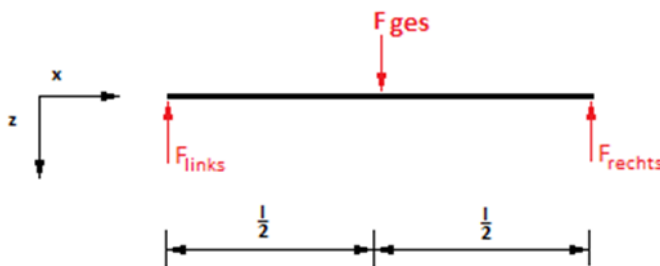


Abb. 19 Skizze Biegeträger mit mittiger Einzelkraft

Für den abgebildeten Belastungsfall bleiben die Lagerreaktionen gleich und lauten weiterhin:

$$F_{links} = F_{rechts} = \frac{1}{2} \cdot F_{ges} \quad (38)$$

Es ergibt sich ein neues maximales Biegemoment und eine neue maximale Durchbiegung.

$$M_{max} = M_{\left(\frac{l}{2}\right)} = \frac{1}{4} \cdot F_{ges} \cdot l \quad (39)$$

$$w_{max} = w_{\left(\frac{l}{2}\right)} = \frac{1}{48} \cdot \frac{F_{ges} \cdot l^3}{EI} \quad (40)$$

mit $l = 0,9 \text{ m}$

$$F_{ges} = 2727,18 \text{ N} \quad (41)$$

$$E = 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (42)$$

$I \rightarrow$ Datenblatt für MQ – 52 (Hilti Deutschland AG, 2016-08)

$$I = 12,42 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad (43)$$

$$M_{max} = \frac{1}{4} \cdot 2727,18 \text{ N} \cdot 0,9 \text{ m} \quad (44)$$

$$M_{max} = 613,62 \text{ Nm} \quad (45)$$

$$w_{max} = \frac{1}{48} \cdot \frac{2727,18 \text{ N} \cdot (900 \text{ mm})^3}{210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 12,42 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \quad (46)$$

$$w_{max} = 1,59 \text{ mm} \quad (47)$$

Die Sicherheit gegen Fließen soll mit der Gleichung (27) und (26) überprüft werden.

$$S_F \geq 1,5 = S_{Fmin} \quad (48)$$

$$S_F = \frac{R_e}{\sigma_{bmax}} = \frac{R_e}{\frac{M_{max}}{W}} \quad (49)$$

mit $R_e \rightarrow$ Datenblatt für S250GD (thyssenkrupp AG, 2019-01)

$$R_e = 250 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (50)$$

$$\sigma_{bmax} = \frac{M_{max}}{W} \quad (51)$$

mit $M_{max} \rightarrow$ Gleichung (45)

$$M_{max} = 613,62 \text{ Nm} \quad (52)$$

$W \rightarrow$ Datenblatt für MQ – 72

$$W = 4,55 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad (53)$$

$$\sigma_{bmax} = \frac{613,62 \cdot 10^3 \text{ Nmm}}{4,55 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} \quad (54)$$

$$\sigma_{bmax} = 134,86 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (55)$$

$$S_F = \frac{250 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{134,86 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \quad (56)$$

$$S_F = 1,85 \quad (57)$$

$S_F = 1,85 > 1,5 \Rightarrow$ *Sicherheit gegen Fließen ist ausreichend!*

Mit der Gleichung (27) soll die Forderung nach einer maximalen Durchbiegung von 0,4 Prozent von der Auflagerbreite überprüft werden.

$$w_{max} \leq 0,4\% \cdot l = 0,004 \cdot l \quad (58)$$

mit $l = 0,9 \text{ m}$

$w_{max} \rightarrow$ Gleichung (47)

$$w_{max} = 1,59 \text{ mm}$$

$$w_{max} = 1,59 \text{ mm} \leq 0,004 \cdot 900 \text{ mm} \quad (59)$$

$w_{max} = 1,59 \text{ mm} < 3,60 \text{ mm} \Rightarrow$ *maximale Durchbiegung nicht überschritten!*

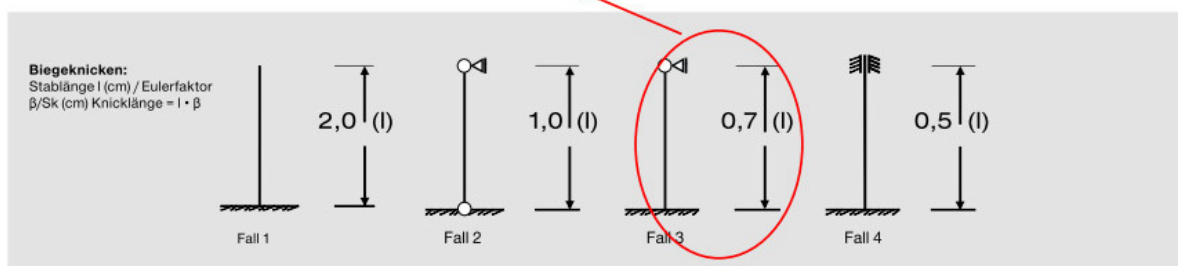
2.3.3 Bemessung bzw. Auswahl der Stützen

Für die Stützen nach Abb. 13 wird auch die Sicherheit gegen Biegeknicken untersucht. Das Schienen-Profil MQ-52 wird auch für die Stütze verwendet und als Knickbelastung wird der dritte Fall des Eulerschen Knickstabes angenommen, da der Stab auf dem Fußboden verschraubt wird und am oberen Ende mit dem Biegebalken verbunden ist. Das Datenblatt für das Schienen-Profil gibt auch die Möglichkeit, die Knickbelastung zu bemessen, wie in nachfolgender Abbildung dargestellt wird.

Zulässige Knickbelastung für Schienen-Profile MQ

• Biegeknicknachweis nach EN 1993-1-3: 2010 für C-Profile (volltragende Querschnitte)

Knicklänge Sk [cm]	MQ-21 [kN]	MQ-41-L [kN]	MQ-41 [kN]	MQ-41/3 MQ-41/3LL [kN]	MQ-52 [kN]	MQ-72 [kN]	MQ-21 D [kN]	MQ-41 D [kN]	MQ-52-72 D [kN]	MQ-124X D [kN]
25	27.79	33.05	44.04	61.61	62.18	85.14	68.37	104.07	171.23	206.39
50	17.25	23.55	31.27	44.67	44.15	57.94	59.19	94.83	152.40	188.57
75	10.64	15.27	20.65	31.43	29.42	36.95	48.77	85.04	132.18	169.79
100	7.21	10.31	14.42	23.56	20.85	25.41	38.04	74.24	110.90	149.12
125	5.24	7.40	10.07	16.79	15.97	19.04	28.96	62.93	90.99	127.29
150	3.99	5.78	8.70	15.62	12.99	15.22	22.21	52.23	74.40	106.36
175	3.14	4.68	7.26	13.32	11.01	12.75	17.36	43.04	61.37	88.10
200	2.53	3.92	6.24	11.53	9.60	11.04	13.86	35.59	51.29	73.11
225	2.08	3.38	5.48	10.09	8.54	9.78	11.29	29.68	43.44	61.13
250	1.74	2.97	4.87	8.90	7.70	8.82	9.36	25.02	37.23	51.61
275	1.47	2.65	4.38	7.89	7.01	8.04	7.88	21.32	32.25	44.03
300	1.26	2.39	3.98	7.04	6.43	7.40	6.72	18.35	28.19	37.94



• γ_{Q0} = 1,4 → F_d* = zulässige Knicklast 1,4 *(Designwert)

• Knicktabelle gilt nur für zentrische Knicklasten, Versatzmomente/Schrägstellungen/Biegedrillknicken sind ingenieurmäßig zu bemessen und sind nicht Gegenstand dieser Tabelle.

Abb. 20 Ausschnitt Technische Daten für Schienen-Profile MQ – Knickbelastung (Hilti Deutschland AG, 2016-08)

Wie in Gleichung (30) gezeigt, wird die Sicherheit mit

$$S_k = \frac{F_{krit}}{F_{vorh}}$$

berechnet.

$$\text{mit } F_{vorh} = F_{links} = F_{rechts} = \frac{1}{2} \cdot F_{ges} = \frac{1}{2} \cdot 2727,18 \text{ N}$$

$$F_{vorh} = 1363,59 \text{ N}$$

$F_{krit} \rightarrow$ Datenblatt für MQ – 52 für $h = 1,6 \text{ m}$, Euler Knickfall 3 und S_k

$$\text{mit } S_k = h \cdot f_{Euler} \quad (60)$$

mit $f_{Euler} = 0,7 \rightarrow$ Datenblatt für MQ – 52

$$S_k = 1,6 \text{ m} \cdot 0,7 \quad (61)$$

$S_k = 1,12 \text{ m} \rightarrow$ gewählt $1,25 \text{ m}$

$$F_{krit} = 15970 \text{ N}$$

$$S_k = \frac{15970 \text{ N}}{1363,59 \text{ N}} \quad (62)$$

$$S_k = 11,7 \quad (63)$$

$S_k = 11,7 > 1,5 \Rightarrow$ Sicherheit gegen Knicken ist ausreichend!

2.3.4 Auswahl der schwingungstechnischen Entkopplung

Die üblicherweise zum Einsatz kommende Systemlösung für die zuvor verwendeten Montageschienen ist zwar vorhanden, konnte aber in diesem Fall bedingt durch die höhere Masse der Lüftungskanäle nicht angewendet werden. Bei der schwingungstechnischen Entkopplung wurde sich für ein Produkt der BSW Berleburger Schaumstoffwerke GmbH entschieden, da dieses Produkt bereits für ähnliche Anwendungen von der Firma Knaack & Jahn GmbH erfolgreich eingesetzt werden konnte.

Ziel der schwingungstechnischen Entkopplung ist die Auslegung der elastischen Lagerung unter 20 Hz.

Das Datenblatt für die Regupol PUR-Streifen von BSW (BSW Berleburger Schaumstoffwerke GmbH, 2011-03) liefert für die Auslegung ein Diagramm, welches in Abhängigkeit der Eigenfrequenz und Ausführung der Lagerung eine Flächenpressung für die elastische Lagerung angibt.

In nachfolgender Abbildung wurde für die zweilagige Ausführung der relevante Frequenzbereich < 20 Hz markiert.

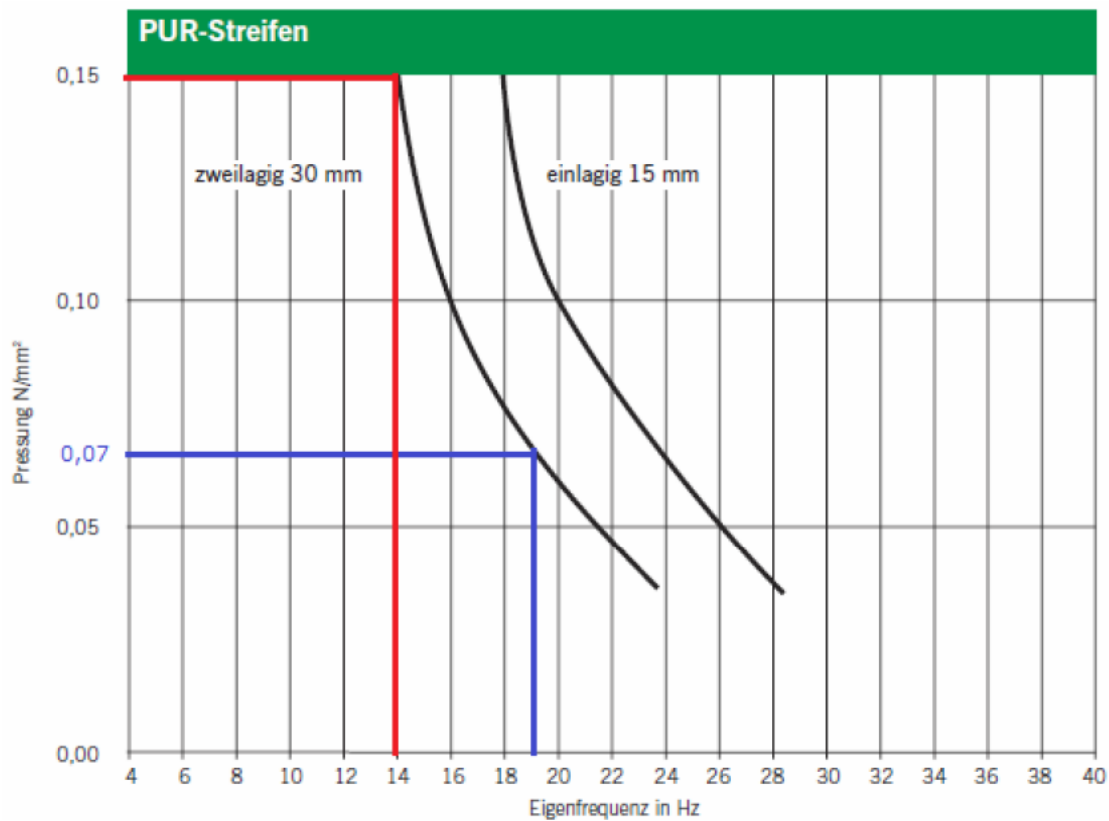


Abb. 21 Eigenfrequenz der Regupol PUR-Streifen in Abhängigkeit der Flächenpressung (BSW Berleburger Schaumstoffwerke GmbH, 2011-03)

An den Markierungen in dem Diagramm in Abb. 21 lässt sich die minimale und maximale Flächenpressung bestimmen, bzw. ablesen.

$$P_{max} = 0,15 \frac{N}{mm^2} \quad (64)$$

$$P_{min} = 0,07 \frac{N}{mm^2} \quad (65)$$

Mit der minimalen und maximalen Flächenpressung lassen sich durch Umformung der Formel für die Flächenpressung die minimale und maximale Streifenlänge bestimmen.

$$L_{min} = \frac{m_{ges} \cdot g}{b \cdot P_{max}} \quad (66)$$

$$L_{max} = \frac{m_{ges} \cdot g}{b \cdot P_{min}} \quad (67)$$

mit $m_{ges} = 278 \text{ kg}$

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$b \rightarrow$ Datenblatt MQ – 52 (Hilti Deutschland AG, 2016-08)

Nachfolgende Abbildung zeigt das Schienen-Profil MQ-52 mit dem markierten Bereich für die Breite.

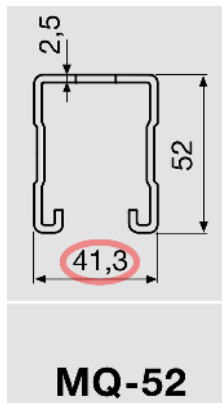


Abb. 22 Bestimmung der Breite für die elastische Entkopplung (Hilti Deutschland AG, 2016-08)

$b =$ gewählt 41 mm

$$L_{min} = \frac{278 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}}{41 \text{ mm} \cdot 0,15 \frac{N}{mm^2}}$$

$$\underline{\underline{L_{min} = 443 \text{ mm}}}$$

$$L_{max} = \frac{278 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}}{41 \text{ mm} \cdot 0,07 \frac{N}{mm^2}}$$

$$\underline{\underline{L_{max} = 950 \text{ mm}}}$$

Die Länge der elastischen Entkopplung wird auf $L_{ges} = 500 \text{ mm}$ festgelegt, da eine kürzere Länge, eine höhere Flächenpressung und somit eine niedrigere Eigenfrequenz der elastischen Lagerung zu bedeuten hat.

Damit der Lüftungskanal gleichmäßig aufliegt, werden die 500 mm Gesamtlänge auf zwei gleiche Teile, zu je 250 mm aufgeteilt, so dass sich das unter Kapitel 2.3.2 erwähnte geänderte Belastungsprofil ergibt.

2.3.5 Auswahl der Verbindungsmittel

Durch die vorherige Festlegung auf ein Montagesystem, sollen nun nachfolgend die verwendeten Verbindungsmittel dargestellt werden, bevor es im darauffolgenden Kapitel zur Realisierung des Entwurfs kommt.

Die beiden Stützen werden jeweils mittels Schienenfußes MQP-21-72 verbunden und mit dem Betonboden verschraubt. Die nachfolgende Abbildung zeigt den Schienenfuß.

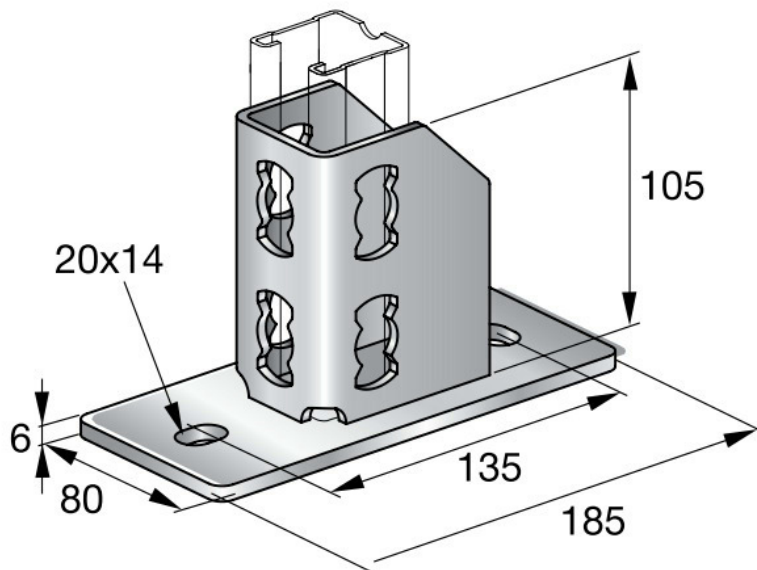


Abb. 23 Abbildung Technische Daten für Schienenfuß MQP - Schienenfuß MQP-21-72 (Hilti Deutschland AG, 2016-08)

Das Datenblatt „Technische Daten für Schienenfuß MQP“ (Hilti Deutschland AG, 2016-08) ist im Anhang zu finden.

Für die Verbindung zwischen Montageschiene MQ-52 und Schienenfuß MQP-21-72 wird der Verbindungsknopf MQN-C verwendet.



Abb. 24 Verbindungsknopf MQN-C (Hilti Deutschland AG)

Für die Verbindung zwischen dem Auflager und der Stützen wird ein Winkel verwendet, welcher ebenfalls mit dem Verbindungsknopf MQN-C verbunden wird. Eine Montageanleitung für den Verbindungsknopf ist im Anhang zu finden.

Bei dem verwendeten Winkel zwischen dem Auflager und den Stützen handelt es sich um dem Winkel MQW 90°. Das Datenblatt ist ebenfalls im Anhang zu finden und die nachfolgende Abbildung zeigt die den verwendeten Winkel MQW-4 von Hilti.

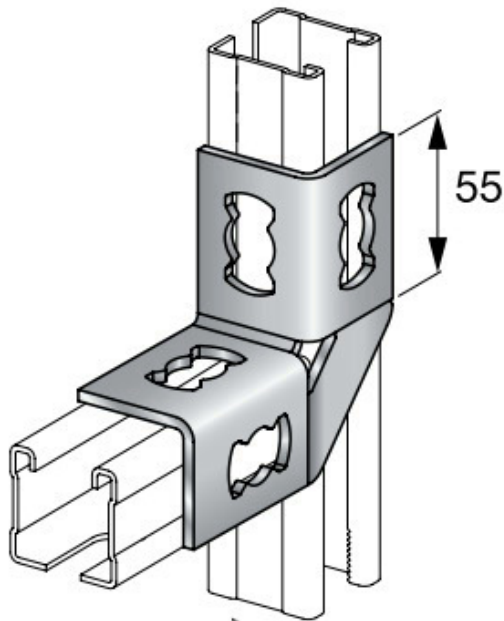


Abb. 25 Abbildung Technische Daten für Winkel MQW 90° (Hilti Deutschland AG, 2016-08)

2.4 Realisierung des Lüftungskanalhalters

Phase IV dient der Ausarbeitung und somit der Realisierung des Gesamtentwurfs, sowie der Produktdokumentation.

Durch weitere Konkretisierung des Vorentwurfs, auch der bisher nicht weiter betrachteten Module, erhält man den „Gesamtentwurf, der alle gestalterischen Festlegungen“ (VDI-Richtlinie 2221, 1993-05 S. 12) enthält. Mit der Festlegung des Gesamtentwurfs wird auch der Übergang zur Produktdokumentation eingeleitet. In der Produktdokumentation werden unter Anderem Zeichnungen und Vorschriften, sowie Anleitungen erstellt.

2.4.1 Visualisierung mit CAD

Die Zeichnung wurde mit CATIA V5 erstellt. Die verwendeten Einzelbauteile von Hilti, konnten unter dem Building Information Modeling Service von Hilti, kurz BIM/ CAD Bibliothek (Quelle: <http://hilti.cadclick.com/> Abgerufen: 17.12.2018) im STEP-Format abgerufen und in die Zeichnung importiert und verwendet werden.

Die vollständige Zeichnung befindet sich im Anhang.

Aus der Zeichnung gehen die Gesamtmaße für die Höhe der Stützen, von jeweils 1600 mm und die Breite des Auflagers, von 900 mm hervor, siehe hierzu nachfolgende Abbildung.

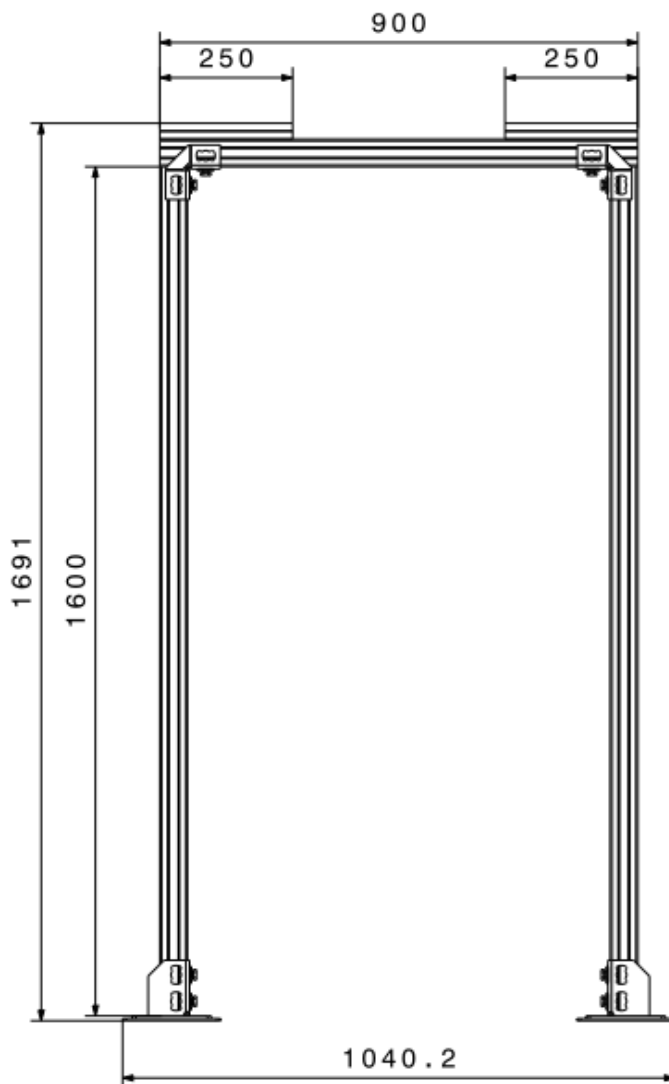
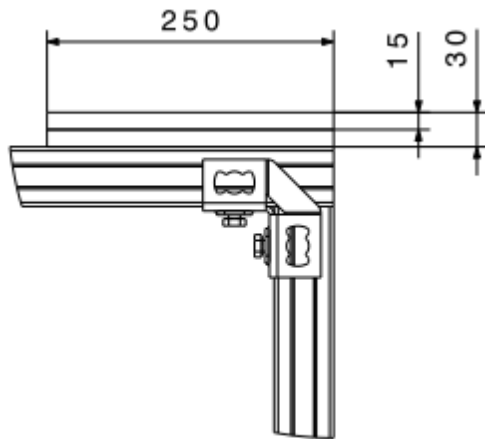


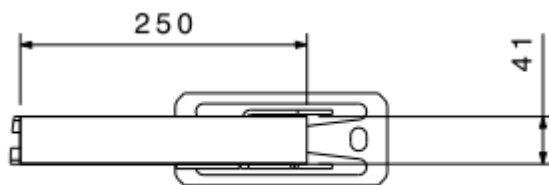
Abb. 26 Ausschnitt aus Montagezeichnung der Halterungskonstruktion

Die Details A und B, abgebildet in Abb. 27 und Abb. 28, zeigen, wie die schwingungstechnische Entkopplung, doppellagig und in der unter 2.3.4 bestimmten Länge von 250 mm aufgelegt werden.



Detail A

Abb. 27 Detail A aus Montagezeichnung



Detail B

Abb. 28 Detail B aus Montagezeichnung

2.4.2 Montageanleitung für die Halterungskonstruktion

Für die Montage auf der Baustelle soll nachfolgend der Ablauf für die Montage der Halterungskonstruktion in Form einer Montageanleitung geschildert werden. Als Bezug für die einzelnen Positionen wird die in der Montagezeichnung abgebildete Stückliste verwendet, die nachfolgende Tabelle aufführt.

6	4	Stk.	Regupol PUR-Streifen (250 mm)	PUR-gebundenes Gummigranulat	0,140 kg
5	2	Stk.	Schienenfuss MQP-21-72	S235JR - DIN EN 10025	1,061 kg
4	8	Stk.	Verbindungsknopf MQN-C	Platte: Stahl S355J2 DIN EN 10025-2, Mutter: S355MC - DIN EN 10149-2, Bolzen: Festigkeit 8.8 - DIN ISO 898	0,069 kg
3	2	Stk.	Winkel MQW 90°	S235JR - DIN EN 10025	0,263 kg
2	2	Stk.	Montageschiene MQ-52 (1600 mm)	S250GD - DIN EN 10346	4,767 kg
1	1	Stk.	Montageschiene MQ-52 (900 mm)	S250GD - DIN EN 10346	2,681 kg
Pos.	Menge	Einh.	Benennung	Werkstoff	Gewicht

Tabelle 6 Stückliste aus Montagezeichnung

Als Basis für den Zuschnitt der Montageschiene soll die Lieferlänge von 6 Metern dienen.

1. Die Montageschiene MQ-52 für die Position eins auf die Länge von 900 mm schneiden.
2. Für die Position 2 werden zwei Montageschienen, der Länge 1600 mm benötigt.
3. Die beiden langen Montageschienen, werden mittels den beiden Winkeln MQW 90° mit der kurzen Montageschiene verbunden. Die Verbindung wird mit jeweils zwei Verbindungsknöpfe MQN-C hergestellt. Gemäß der Montageanleitung, müssen die Verbindungsknöpfe mit 25 Nm angezogen werden.
4. An den freien Enden der langen Montageschienen werden die Schienenfüße MQP-21-72, ebenfalls mittels jeweils zweier Verbindungsknöpfe verbunden. Auch hier gilt das Anzugsmoment von 25 Nm.
5. Nachdem die Halterungskonstruktion bauseits befestigt wurde - Gegebenheit vor Ort abklären -, müssen die PUR-Streifen auf das festgelegte Maß von 250 mm geschnitten werden. Die PUR-Streifen werden anschließend doppellagig, jeweils rechts und links, mittig auf die Montageschiene gelegt, bevor der Lüftungskanal aufgelegt werden kann.

2.4.3 Baustellenmontage

Die Halterungskonstruktion wurde fachgerecht auf der Baustelle montiert. Die nachfolgende Abbildung zeigt den fertigen Halter.



Abb. 29 Aufnahme der montierten Halterungskonstruktion vor Ort

Wie auf Abb. 29 zu sehen ist, wurde zusätzlich zur schwingungstechnischen Entkopplung eine Schicht Kalziumsilikat aufgelegt. Diese wurde aus Gründen des Brandschutzes montiert.

Das Gesamtmaß des Auflagers wurde vor Ort auf 1000 mm erweitert, damit die Montage-Profile bei der Montage nicht ineinander rutschen können. Die Auflagerspannweite wurde aber, so wie zuvor ausgelegt, eingehalten. Da die Überstände keine Rolle für die Belastbarkeit der Halterungskonstruktion spielen, und sich auch nicht auf die berechneten Eigenschaften des Modells auswirken, wird der Überstand so belassen und kann ggf. in einer nachgepflegten Zeichnung ergänzt werden.

3 Fazit

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, eine Halterungskonstruktion für einen Lüftungskanal zu entwerfen, welche die auftretenden Belastungen aufnehmen konnte und gleichzeitig eine Entkopplung vom Baukörper garantieren sollte.

Das Ergebnis ist eine den Forderungen entsprechende Halterungskonstruktion, welche errichtet wurde. Die Vorgehensweise zum Erreichen dieses Ergebnisses orientierte sich an den Konstruktionsphasen nach der VDI 2221.

Nach anfänglicher Betrachtung der Thematik wurde eine Anforderungsliste erstellt und die grundlegenden Funktionen der Halterungskonstruktion wurden ermittelt. Mithilfe einer selbsterstellten morphologischen Darstellung wurden durch die Kombination von Anforderungskriterien mehrere Lösungsansätze gefunden.

Nach der Bewertung aller gefundenen Lösungsansätze, wurde der am besten bewertete Ansatz ausgewählt und in der Entwurfsphase weiterverfolgt. Dazu wurden benötigte Auslegungsberechnungen und eine Auswahl der Komponenten durchgeführt.

Mit einem CAD-Programm wurde anschließend eine Zeichnung erstellt. Danach erfolgte die Fertigstellung und Montage vor Ort.

Als bester Ansatz stellte sich der horizontale Balken auf zwei Stützen heraus. Die Bewertung erfolgte mittels einer Bewertungsmatrix aus der VDI 2225, die zuvor durch gewichtete Bewertungskriterien erweitert wurde. Die Gewichtung der Kriterien ist als Sinnvoll anzusehen, da sich in der vorliegenden Bachelorarbeit ansonsten zwei gleichwertige Lösungen ergeben hätten. Die Erfüllung der Forderungen nach einer lösbaren Verbindung machte den Unterschied für die gewählte Lösung aus.

Durch die Entscheidung für ein genormtes Montagesystem konnten effektiv Kosten für die Neukonstruktion eingespart werden. Bei den Kosten für die Montage konnte

ebenfalls eine Kostenreduktion erzielt werden, da alle Verbindungen geschraubt werden konnten.

Besonders Wert wurde auf die Nachvollziehbarkeit der Berechnungen gelegt, da diese als bautechnische Nachweise gelten.

Mit dem morphologischen Kasten, ist es möglich, weitere Problemstellungen aus diesem Bereich effizient zu lösen. Durch eine Vielzahl an Lösungsansätzen und deren Kombination, dient der morphologische Kasten für das Unternehmen Knaack & Jahn als Ideendatenbank. Hierdurch ist eine stetige Erweiterung des morphologischen Kastens möglich, sodass das Lösungsspektrum ebenfalls stetig wächst. Dies wird durch die Fortführung der modularen Struktur in der morphologischen Darstellung erreicht.

Literaturverzeichnis

Bosy Bruno, Doschko, Werner, Rothenfolder, Fritz Zentralheizungs- und Lüftungsbau [Buch]. - Bad Homburg vor der Höhe : Gehlen, 2000.

BSW Berleburger Schaumstoffwerke GmbH Schwingungsdämpfung [PDF]. - 2011-03.

DIN EN 12236:2002-04 Lüftung von Gebäuden, Aufhängung und Auflager für Luftleitungen, Anforderungen an die Festigkeit, Deutsche Fassung EN 12236:2002 [Buch].

DIN EN 13480-3:2017-12 Metallische industrielle Rohrleitungen - Teil 3: Konstruktion und Berechnung; Deutsche Fassung EN 13480-3:2017 [Buch].

Gross Dietmar [et al.] Technische Mechanik 2: Elastostatik 11. Aufl. [Buch]. - Berlin Heidelberg New York : Springer-Verlag, 2011.

Hilti Deutschland AG <https://www.hilti.de> [Online]. - 20. 01 2019. - https://www.hilti.de/medias/sys_master/images/he4/he5/9314358394910.jpg.

Hilti Deutschland AG Technische Daten für Schienenfuß MQP [PDF]. - 2016-08.

Hilti Deutschland AG Technische Daten für Winkel 90° [PDF]. - 2016-08.

Hilti Deutschland AG Technische Daten System MQ [PDF]. - 2016-08.

Naefe Paul Einführung in das Methodische Konstruieren : Für Studium und Praxis [Buch]. - Berlin Heidelberg New York : Springer-Verlag, 2012.

Pahl Gerhard [et al.] Pahl/Beitz Konstruktionslehre : Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung [Buch]. - Berlin Heidelberg New York : Springer-Verlag, 2007.

Pech Anton und Jens Klaus Lüftung und Sanitär [Buch]. - Wien New York : Springer-Verlag, 2006.

thyssenkrupp AG Datenblatt Schmelztauchveredeltes Feinblech [PDF]. - 2019-01.

VDI-Richtlinie 2221 Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme [Buch]. - Düsseldorf : Beuth Verlag GmbH, 1993-05.

VDI-Richtlinie 2225 Blatt 3 Konstruktionsmethodik - Technisch-wirtschaftliches Konstruieren - Technisch-wirtschaftliche Bewertung [Buch]. - Düsseldorf : Beuth Verlag GmbH, 1998-11.

Anhang

Technische Daten System MQ - Hilti	II
Technische Daten für Schienenfuß MQP - Hilti	VI
Montage MQN-C - Hilti	VII
Technische Daten für Winkel MQW 90° - Hilti	VIII
Masse der Bauteile - Firma Knaack & Jahn	IX
Datenblatt Schmelztauchveredeltes Feinblech – thyssenkrupp AG	X
Schwingungsdämpfung - BSW Berleburger Schaumstoffwerke GmbH	XVII
Montagezeichnung Halterungskonstruktion	XXIII
Erklärung zur selbständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit	XXIV

Technische Daten für Schienen-Profile MQ (max. Spannweite/Durchbiegung bei Einzellast)

Last F [kN]	MQ-21		MQ-41-L		MQ-41		MQ-41/3		MQ-41/3LL		MQ-52		MQ-72		MQ-21D		MQ-41D		MQ-52-72D		MQ-124XD	
	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f
0,25	138	6.9	285	14.2	319	15.9	351	17.5	435	21.7	600	27.9	295	14.7	600	27.0	600	9.1	600	6.9		
0,50	99	5.0	208	10.4	236	11.8	266	13.3	334	16.7	498	24.9	221	11.0	507	25.2	600	13.5	600	9.8		
0,75	81	4.1	172	8.6	195	9.8	221	11.1	279	13.9	426	21.3	184	9.2	434	21.6	600	18.0	600	12.6		
1,00	67	3.0	149	7.5	170	8.5	194	9.7	245	12.2	377	18.8	160	8.0	385	19.2	600	22.4	600	15.4		
1,25	54	1.9	125	5.5	153	7.6	174	8.7	220	11.0	342	17.1	144	7.2	348	17.4	600	26.8	600	18.2		
1,50	45	1.3	105	3.8	135	6.3	159	8.0	202	10.1	314	15.7	127	5.8	321	16.0	588	29.3	600	21.0		
1,75	38	1.0	90	2.8	116	4.6	148	7.4	187	9.4	292	14.6	109	4.3	299	14.9	553	27.6	600	23.8		
2,00	34	0.8	79	2.2	102	3.6	130	5.7	169	7.9	275	13.7	95	3.3	280	14.0	523	26.1	600	26.6		
2,25	30	0.6	70	1.7	90	2.8	116	4.6	151	6.3	260	13.0	85	2.6	256	11.9	497	24.8	600	29.4		
2,50	27	0.5	63	1.4	81	2.3	104	3.7	136	5.1	245	12.0	77	2.1	232	9.7	474	23.7	580	29.0		
2,75	24	0.4	57	1.1	74	1.9	95	3.1	124	4.2	223	10.0	70	1.8	211	8.1	454	22.7	558	27.9		
3,00	22	0.3	52	1.0	68	1.6	87	2.6	114	3.5	205	8.4	64	1.5	194	6.8	437	21.8	537	26.9		
3,50	19	0.2	45	0.7	58	1.2	75	1.9	98	2.6	176	6.2	55	1.1	167	5.1	402	19.5	503	25.1		
4,00	17	0.2	39	0.5	51	0.9	66	1.5	85	2.0	155	4.8	48	0.8	146	3.9	355	15.2	472	23.5		
4,50	15	0.1	35	0.4	45	0.7	58	1.1	76	1.6	138	3.8	43	0.7	130	3.1	317	12.1	425	18.9		
5,00	13	0.1	32	0.3	41	0.6	52	0.9	68	1.3	124	3.1	38	0.5	117	2.5	287	9.9	385	15.6		
6,00	11	0.1	26	0.2	34	0.4	44	0.6	57	0.9	104	2.1	32	0.4	98	1.7	240	7.0	325	11.0		
7,00	10	0.1	23	0.2	29	0.3	37	0.5	49	0.7	89	1.6	27	0.3	84	1.3	207	5.1	280	8.2		
8,00	8	0.0	20	0.1	26	0.2	33	0.4	43	0.5	78	1.2	24	0.2	74	1.0	181	4.0	246	6.3		

Auswahlbeispiel:
 • 1,0 kN (= 100 kg) sollen über eine Schienen Spannweite von L = 100 cm abgetragen werden (Einfeldträger).
Lösung:
 • Zeile mit der Last F = 1,0 kN wählen.
 • Die Schienen MQ-41-L bis MQ-124XD können verwendet werden, da die zulässige Spannweite (Tabellenwert) größer, gleich ist als die erforderliche Spannweite (L = 100 cm).

Technische Daten für Schienen-Profile MQ (max. Spannweite/Durchbiegung bei Gleichlast)

Last F [kN]	MQ-21		MQ-41-L		MQ-41		MQ-41/3		MQ-41/3LL		MQ-52		MQ-72		MQ-21D		MQ-41D		MQ-52-72D		MQ-124XD	
	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f	L	f
0,25	171	8.5	344	17.2	379	18.9	409	20.4	501	24.9	600	21.4	347	17.3	600	20.8	600	7.5	600	5.9		
0,50	124	6.2	258	12.9	291	14.5	323	16.1	402	20.1	581	29.0	271	13.5	589	29.2	600	10.2	600	7.7		
0,75	102	5.1	215	10.7	243	12.2	273	13.6	343	17.1	510	25.4	228	11.4	518	25.8	600	13.0	600	9.4		
1,00	89	4.4	187	9.4	213	10.6	241	12.0	303	15.1	458	22.9	200	10.0	466	23.2	600	15.8	600	11.2		
1,25	80	4.0	168	8.4	192	9.6	217	10.9	274	13.7	419	20.9	180	9.0	427	21.3	600	18.5	600	12.9		
1,50	73	3.6	154	7.7	176	8.8	200	10.0	252	12.6	388	19.4	165	8.3	395	19.7	600	21.3	600	14.7		
1,75	67	3.4	143	7.1	163	8.1	185	9.3	235	11.7	363	18.1	154	7.7	370	18.4	600	24.1	600	16.4		
2,00	63	3.1	134	6.7	153	7.6	174	8.7	220	11.0	342	17.1	144	7.2	348	17.4	600	26.8	600	18.2		
2,25	60	3.0	126	6.3	144	7.2	164	8.2	208	10.4	324	16.2	136	6.8	330	16.5	600	29.6	600	19.9		
2,50	54	2.4	120	6.0	137	6.8	156	7.8	198	9.9	308	15.4	129	6.5	315	15.7	579	28.9	600	21.7		
2,75	49	2.0	114	5.7	131	6.5	149	7.4	189	9.4	295	14.7	123	6.2	301	15.0	557	27.8	600	23.4		
3,00	45	1.7	105	4.8	125	6.2	143	7.1	181	9.0	283	14.1	118	5.9	289	14.4	537	26.8	600	25.2		
3,50	38	1.2	90	3.5	116	5.8	132	6.6	168	8.4	263	13.1	109	5.4	269	13.4	503	25.1	600	28.7		
4,00	34	0.9	79	2.7	102	4.4	124	6.2	157	7.9	247	12.3	95	4.1	252	12.6	474	23.7	580	29.0		
4,50	30	0.7	70	2.1	90	3.5	116	5.7	148	7.4	233	11.6	85	3.3	238	11.9	450	22.5	552	27.6		
5,00	27	0.6	63	1.7	81	2.9	104	4.6	136	6.3	222	11.1	77	2.7	226	11.3	429	21.4	528	26.4		
6,00	22	0.4	52	1.2	68	2.0	87	3.2	114	4.4	203	10.1	64	1.8	194	8.5	394	19.7	487	24.4		
7,00	19	0.3	45	0.9	58	1.5	75	2.4	98	3.3	176	7.8	55	1.4	167	6.3	367	18.3	455	22.7		
8,00	17	0.2	39	0.7	51	1.1	66	1.8	85	2.5	155	6.0	48	1.0	146	4.8	344	17.2	428	21.4		

Lastwerte basierend auf Belastung und Durchbiegung, ohne Berücksichtigung von Diederhaken

Hilti. Mehr Leistung. Mehr Zuverlässigkeit.

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren Kundenservice:

Hilti Austria Gesellschaft m.b.H.: T 0800-81 81 00 | Hilti (Schweiz) AG: T 0844 84 84 85 | Hilti Deutschland AG: T 0800-888 55 22

Technische - und Programmänderungen vorbehalten, Stand 08/2016

Technische Daten für Schienen-Profile MQ (max. Belastung/Durchbiegung bei Einzellast)

Spannweite L [cm]	MQ-21		MQ-41-L		MQ-41		MQ-41/3		MQ-41/3LL		MQ-52		MQ-72		MQ-21D		MQ-41D		MQ-52-72D		MQ-124XD	
	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f
25	2.69	0.4	6.31	0.2	8.17	0.2	10.50	0.2	13.72	0.2	24.95	0.1	7.68	0.2	23.60	0.1	58.52	0.1	79.97	0.1		
50	1.34	1.7	3.15	0.9	4.08	0.9	5.25	0.8	6.85	0.7	12.47	0.5	3.84	0.9	11.79	0.5	29.25	0.3	39.97	0.3		
75	0.88	3.7	2.10	2.0	2.72	1.9	3.49	1.9	4.56	1.5	8.30	1.1	2.55	2.0	7.85	1.0	19.48	0.7	26.62	0.6		
100	0.49	5.0	1.57	3.5	2.03	3.4	2.61	3.4	3.42	2.7	6.22	2.0	1.91	3.6	5.88	1.8	14.60	1.2	19.95	1.0		
125	0.31	6.2	1.25	5.5	1.62	5.4	2.08	5.3	2.73	4.3	4.96	3.1	1.52	5.7	4.69	2.8	11.66	1.9	15.93	1.6		
150	0.21	7.5	0.99	7.5	1.30	7.5	1.69	7.5	2.27	6.2	4.13	4.5	1.15	7.5	3.90	4.1	9.70	2.7	13.26	2.3		
175	0.15	8.7	0.72	8.7	0.94	8.7	1.23	8.7	1.93	8.4	3.53	6.1	0.83	8.7	3.34	5.6	8.30	3.7	11.34	3.2		
200	0.11	9.9	0.54	10.0	0.71	10.0	0.93	10.0	1.52	10.0	3.08	8.0	0.62	9.9	2.91	7.3	7.24	4.8	9.90	4.2		
225	0.08	11.0	0.42	11.2	0.55	11.2	0.72	11.2	1.19	11.2	2.73	10.2	0.48	11.2	2.58	9.2	6.42	6.1	8.78	5.3		
250	0.06	12.1	0.33	12.4	0.44	12.4	0.57	12.4	0.95	12.4	2.43	12.5	0.37	12.4	2.31	11.4	5.76	7.5	7.88	6.5		
275					0.35	13.6	0.46	13.6	0.77	13.7	1.99	13.7	0.30	13.5	2.08	13.7	5.22	9.1	7.14	7.9		
300					0.29	14.8	0.37	14.8	0.63	14.9	1.65	14.9	0.23	14.7	1.73	14.9	4.77	10.8	6.52	9.4		
325					0.23	16.0	0.30	16.0	0.53	16.1	1.39	16.2	0.19	15.9	1.45	16.2	4.39	12.7	5.99	11.0		
350					0.19	17.2	0.25	17.1	0.44	17.3	1.18	17.4	0.15	17.0	1.23	17.4	4.06	14.8	5.54	12.8		
375					0.16	18.3	0.20	18.3	0.37	18.4	1.00	18.6	0.11	18.0	1.05	18.6	3.77	17.0	5.15	14.7		
400					0.13	19.4	0.16	19.4	0.31	19.6	0.86	19.8	0.09	19.1	0.90	19.8	3.52	19.4	4.80	16.8		
425					0.10	20.5	0.13	20.5	0.26	20.8	0.74	21.0	0.06	20.1	0.78	21.0	3.17	21.1	4.50	19.0		
450					0.08	21.6	0.10	21.5	0.22	21.9	0.64	22.2	0.04	21.0	0.68	22.2	2.79	22.3	4.22	21.3		
475					0.06	22.6	0.08	22.5	0.18	23.0	0.56	23.3	0.02	21.9	0.59	23.3	2.47	23.6	3.94	23.6		
500					0.05	23.6	0.05	23.5	0.15	24.1	0.48	24.5	0.01	22.8	0.51	24.5	2.20	24.8	3.51	24.8		

Lastwerte basierend auf Belastung und Durchbiegung, ohne Berücksichtigung von Biegedrillknicken

Technische Daten für Schienen-Profile MQ (max. Belastung/Durchbiegung bei Gleichlast)

Spannweite L [cm]	MQ-21		MQ-41-L		MQ-41		MQ-41/3		MQ-41/3LL		MQ-52		MQ-72		MQ-21D		MQ-41D		MQ-52-72D		MQ-124XD	
	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f	F	f
25	5.38	0.5	12.61	0.3	16.33	0.3	21.01	0.3	27.44	0.2	49.89	0.2	15.36	0.3	42.96	0.1	95.63	0.1	82.38	0.0		
50	2.68	2.1	6.30	1.1	8.16	1.1	10.49	1.1	13.71	0.9	24.93	0.6	7.67	1.1	23.58	0.6	58.49	0.4	79.93	0.3		
75	1.41	3.8	4.19	2.5	5.43	2.4	6.98	2.4	9.13	1.9	16.60	1.4	5.10	2.5	15.70	1.3	38.96	0.8	53.25	0.7		
100	0.79	5.0	3.14	4.4	4.06	4.3	5.22	4.2	6.83	3.4	12.44	2.5	3.81	4.5	11.76	2.3	29.19	1.5	39.89	1.3		
125	0.49	6.3	2.29	6.3	3.01	6.3	3.94	6.3	5.45	5.4	9.93	3.9	2.68	6.3	9.39	3.5	23.32	2.3	31.87	2.0		
150	0.33	7.5	1.58	7.5	2.08	7.5	2.71	7.5	4.41	7.5	8.26	5.6	1.84	7.5	7.80	5.1	19.40	3.4	26.51	2.9		
175	0.24	8.8	1.15	8.8	1.51	8.8	1.98	8.8	3.22	8.8	7.06	7.6	1.33	8.8	6.67	6.9	16.60	4.6	22.88	4.0		
200	0.17	10.0	0.87	10.0	1.14	10.0	1.49	10.0	2.44	10.0	6.16	10.0	1.00	10.0	5.82	9.0	14.49	6.0	19.80	5.2		
225	0.13	11.3	0.68	11.3	0.89	11.3	1.16	11.3	1.91	11.3	4.84	11.3	0.77	11.3	5.06	11.3	12.85	7.6	17.55	6.6		
250	0.09	12.5	0.54	12.5	0.71	12.5	0.92	12.5	1.53	12.5	3.90	12.5	0.61	12.5	4.07	12.5	11.53	9.4	15.75	8.1		
275	0.07	13.8	0.43	13.8	0.57	13.8	0.74	13.8	1.24	13.8	3.19	13.8	0.48	13.8	3.34	13.8	10.45	11.3	14.27	9.8		
300	0.05	15.0	0.35	15.0	0.46	15.0	0.60	15.0	1.02	15.0	2.65	15.0	0.38	15.0	2.77	15.0	9.54	13.5	13.03	11.7		
325					0.38	16.3	0.49	16.3	0.85	16.3	2.23	16.3	0.31	16.3	2.33	16.3	8.77	15.8	11.98	13.7		
350					0.31	17.5	0.40	17.5	0.71	17.5	1.90	17.5	0.24	17.5	1.98	17.5	7.72	17.5	11.08	15.9		
375					0.26	18.8	0.33	18.8	0.60	18.8	1.62	18.8	0.19	18.8	1.70	18.8	6.68	18.8	10.30	18.3		
400					0.21	20.0	0.27	20.0	0.51	20.0	1.40	20.0	0.15	20.0	1.46	20.0	5.82	20.0	9.23	20.0		
425					0.17	21.3	0.22	21.3	0.43	21.3	1.21	21.3	0.11	21.3	1.27	21.3	5.10	21.3	8.10	21.3		
450					0.14	22.5	0.18	22.5	0.36	22.5	1.05	22.5	0.08	22.5	1.10	22.5	4.50	22.5	7.16	22.5		
475					0.11	23.8	0.14	23.8	0.30	23.8	0.91	23.8	0.05	23.8	0.96	23.8	3.99	23.8	6.35	23.8		
500					0.09	25.0	0.10	25.0	0.25	25.0	0.79	25.0	0.02	25.0	0.83	25.0	3.55	25.0	5.67	25.0		

Lastwerte basierend auf Belastung und Durchbiegung, ohne Berücksichtigung von Biegedrillknicken

Hilti. Mehr Leistung. Mehr Zuverlässigkeit.




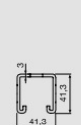
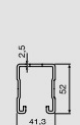
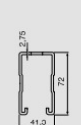

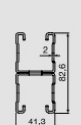
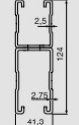
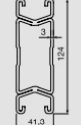

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren Kundenservice:

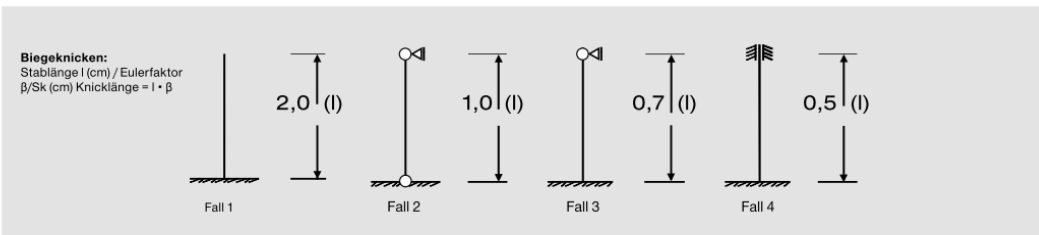
Hilti Austria Gesellschaft m.b.H.: T 0800-81 81 00 | Hilti (Schweiz) AG: T 0844 84 84 85 | Hilti Deutschland AG: T 0800-888 55 22

Technische - und Programmänderungen vorbehalten, Stand 08/2016

Zulässige Knickbelastung für Schienen-Profile MQ

• Biegeknicknachweis nach EN 1993-1-3: 2010 für C-Profile (volltragende Querschnitte)

											
Knicklänge Sk [cm]	MQ-21 [kN]	MQ-41-L [kN]	MQ-41 [kN]	MQ-41/3 MQ-41/3LL [kN]	MQ-52 [kN]	MQ-72 [kN]	MQ-21 D [kN]	MQ-41 D [kN]	MQ-52-72 D [kN]	MQ-124X D [kN]	
25	27.79	33.05	44.04	61.61	62.18	85.14	68.37	104.07	171.23	206.39	
50	17.25	23.55	31.27	44.67	44.15	57.94	59.19	94.83	152.40	188.57	
75	10.64	15.27	20.65	31.43	29.42	36.95	48.77	85.04	132.18	169.79	
100	7.21	10.31	14.42	23.56	20.85	25.41	38.04	74.24	110.90	149.12	
125	5.24	7.48	10.87	18.79	15.97	19.04	28.96	62.93	90.99	127.29	
150	3.99	5.78	8.70	15.62	12.99	15.22	22.21	52.23	74.40	106.36	
175	3.14	4.68	7.26	13.32	11.01	12.75	17.36	43.04	61.37	88.10	
200	2.53	3.92	6.24	11.53	9.60	11.04	13.86	35.59	51.29	73.11	
225	2.08	3.38	5.48	10.09	8.54	9.78	11.29	29.68	43.44	61.13	
250	1.74	2.97	4.87	8.90	7.70	8.82	9.36	25.02	37.23	51.61	
275	1.47	2.65	4.38	7.89	7.01	8.04	7.88	21.32	32.25	44.03	
300	1.26	2.39	3.98	7.04	6.43	7.40	6.72	18.35	28.19	37.94	



• $\gamma_{M0} = 1,4 \rightarrow F_{0,1}^*$ = zulässige Knicklast 1,4 * (Designwert)

• Knicktabelle gilt nur für zentrische Knicklasten. Versatzmomente/Schrägstellungen/Biegedrillknicken sind ingenieurmäßig zu bemessen und sind nicht Gegenstand dieser Tabelle.

Hilti. Mehr Leistung. Mehr Zuverlässigkeit.

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren Kundenservice:

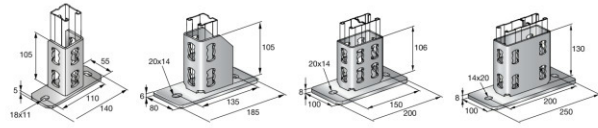
Hilti Austria Gesellschaft m.b.H.: T 0800-81 81 00 | Hilti (Schweiz) AG: T 0844 84 84 85 | Hilti Deutschland AG: T 0800-888 55 22

Technische - und Programmänderungen vorbehalten. Stand 08/2016

Technische Daten für Schienenfuß MQP - Hilti

HILTI

Technische Daten System MQ

Schienenfuß MQP**Technische Daten** für Schienenfuß MQP

Belastungszeichnung	Bestellbezeichnung	F1	F2	M1
	MQP-41	5 kN	2.1 kN	0.14 kNm
	MQP-21-72	8.4 kN	5 kN	0.18 kNm
	MQP-82	12.6 kN	19.2 kN	0.74 kNm
	MQP-124	12.6 kN	19.2 kN	1.12 kNm

Die dargestellten Lasten sind empfohlene Werte die bereits mit einem Teilsicherheitsbeiwert auf der Einwirkungsseite von 1,4 und auf der Widerstandsseite von 1,0 beaufschlagt sind.

Hilti. Mehr Leistung. Mehr Zuverlässigkeit.

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren Kundenservice:

Hilti Austria Gesellschaft m.b.H.: T 0800-81 81 00 | Hilti (Schweiz) AG: T 0844 84 84 85 | Hilti Deutschland AG: T 0800-888 55 22

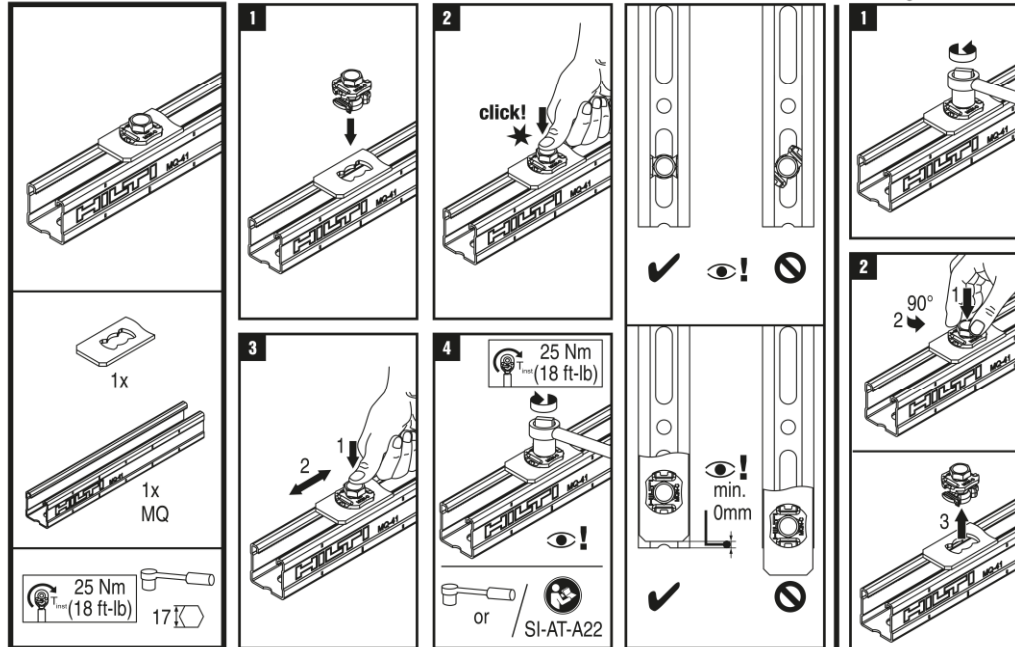
Technische - und Programmänderungen vorbehalten. Stand 08/2016

Montage MQN-C - Hilti



Montage / Assembly / Montage:

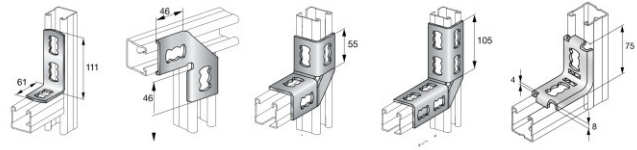
Demontage/Disassembly/
Démontage:



Technische Daten für Winkel MQW 90° - Hilti

HILTI

Technische Daten System MQ

Winkel MQW 90°**Technische Daten** für Winkel MQW 90°

Lastwertzeichnung	Bestellbezeichnung	F1	F2
	MQW-3	6.8 kN	2.5 kN
	MQW-P2	0.64 kN	0.64 kN
	MQW-4	5 kN	3.7 kN*
	MQW-8/90	9 kN	4.3 kN
	MQW-H2	4.8 kN	2.5 kN

Die dargestellten Lasten sind empfohlene Werte die bereits mit einem Teilsicherheitsbeiwert auf der Einwirkungsseite von 1,4 und auf der Widerstandsseite von 1,0 beaufschlagt sind.

* Bei Einsatz von MQ 41-L: 2.5 kN

Hilti. Mehr Leistung. Mehr Zuverlässigkeit.

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren Kundenservice:

Hilti Austria Gesellschaft m.b.H.: T 0800-81 81 00 | Hilti (Schweiz) AG: T 0844 84 84 85 | Hilti Deutschland AG: T 0800-888 55 22

Technische - und Programmänderungen vorbehalten. Stand 08/2016

Masse der Bauteile - Firma Knaack & Jahn GmbH



Masse der Bauteile

OG	Pos.	m ²	Bauteil	65kg/m ² * m ²
11	10.2	2,28	Sonder-Kanalsystem "gerades Kanalteil"	148,20
11	11.2	2,10	Sonder-Kanalsystem "gerades Kanalteil"	136,50
11	12.2	1,20	Sonder-Kanalsystem "Bogenstück"	78,00
11	13.2	1,25	Sonder-Kanalsystem "Bogenstück"	81,25
11	14.2	1,00	Sonder-Kanalsystem "Formteil"	65,00
11	15.2	1,18	Sonder-Kanalsystem "Formteil"	76,70
11	16.2	1,84	Sonder-Kanalsystem "gerades Kanalteil"	119,60
11	17.2	1,84	Sonder-Kanalsystem "gerades Kanalteil"	119,60
11	18.2	1,84	Sonder-Kanalsystem "gerades Kanalteil"	119,60
11	19.2	1,90	Sonder-Kanalsystem "Formteil"	123,50
11	20.2	1,22	Sonder-Kanalsystem "gerades Kanalteil"	79,30
11	21.2	2,31	Sonder-Kanalsystem "Formteil"	150,15
11	22.2	3,18	Sonder-Kanalsystem "gerades Kanalteil"	206,70
11	23.2	3,18	Sonder-Kanalsystem "gerades Kanalteil"	206,70
11	24.1.2		K O M P E N S A T O R	39,00
11	24.2	2,50	Sonder-Kanalsystem "gerades Kanalteil"	162,50
11	25.2	2,98	Sonder-Kanalsystem "Formteil"	193,70
11	26.2	3,36	Sonder-Kanalsystem "Schalldämpfer"	218,40
11	27.2	2,82	Sonder-Kanalsystem "Bogenstück"	183,30
11	28.2	1,68	Sonder-Kanalsystem "Formteil"	109,20
12	01.1.3		Zuluftgitter	0,00
12	01.3		Auslass	0,00
12	02.3	2,04	Sonder-Kanalsystem "Bogenstück"	16,32
12	03.3	1,53	Sonder-Kanalsystem "gerades Kanalteil"	12,24
12	04.1.3		Zuluftgitter	0,00
12	04.3		Auslass	0,00
12	05.3	1,45	Sonder-Kanalsystem "Formteil"	11,60
12	06.3	1,00	Sonder-Kanalsystem "Formteil"	65,00
11	07.3	2,01	Schalldämmbogen	130,65
11	08.3	2,31	Sonder-Kanalsystem "gerades Kanalteil"	150,15
11	09.3	2,30	Sonder-Kanalsystem "gerades Kanalteil"	149,50
11	10.1.3		K O M P E N S A T O R	20,00
11	10.3	2,30	Sonder-Kanalsystem "gerades Kanalteil"	149,50
11	11.3	2,30	Sonder-Kanalsystem "gerades Kanalteil"	149,50
11	12.3	1,33	Sonder-Kanalsystem "Bogenstück"	86,45
11	13.3	1,33	Sonder-Kanalsystem "Bogenstück"	86,45
11	14.3	1,00	Sonder-Kanalsystem "Formteil"	65,00
11	15.3	1,00	Sonder-Kanalsystem "Bogenstück"	65,00



Schmelztauchveredeltes Feinblech

Bei der Schmelztauchveredelung von Feinblech kommen je nach Einsatzzweck unterschiedliche Oberflächenveredelungen zur Anwendung. Vorrangig wird bei Z-/GI-, ZF-, ZA-, ZM-, AZ-Überzügen die auf Zink beruhende Oxidationsbeständigkeit sowie das hochwertige Erscheinungsbild mit der Festigkeit von Stahl vereint. Durch Zusätze von Aluminium im Überzug (ZA, AZ, AS) werden die Korrosionsbeständigkeit und gleichzeitig die Hitzebeständigkeit erhöht. Durch eine zusätzliche Wärmebehandlung wird der Zinküberzug nach dem Verzinken partiell in eine Zink-Eisen-Legierungsschicht (ZF) umgewandelt und eignet sich besonders für das Schweißen und Emaillieren. ZM-Überzüge zählen zu einer neuen Generation von wirtschaftlichen Überzügen und bieten im Vergleich einen erhöhten Korrosionsschutz.

Schmelztauchveredelte Feinbleche werden erfolgreich bei einer Vielzahl von Bauteilen mit erhöhten Anforderungen an den Korrosionsschutz und die Oberflächen eingesetzt: in der Automobilindustrie, dem Anlagen- und Maschinenbau, der Bauindustrie und der Hausgeräteindustrie.

Oberflächenarten gemäß DIN EN 10 346

A	normale Oberfläche
B	bessere Oberfläche
C	beste Oberfläche
N	übliche Zinkblume
M	kleine Zinkblume
NA	übliche Zinkblume unterschiedlicher Größe mit normaler Oberfläche
MA	kleine Zinkblume mit normaler Oberfläche
MB	nachgewalzt mit besserer Oberfläche
MC	nachgewalzt mit bester Oberfläche

Oberflächenbehandlungen

C	chemisch passiviert
O	geölt
CO	chemisch passiviert und geölt
P	phosphatiert
PO	phosphatiert und geölt
S	versiegelt
U	unbehandelt

Beschichtungsvarianten

+Z/GI	verzinkt (99 % Zn)
+ZF	Zink-Eisenlegierung (Galvannealed)
+ZM	Zink-Magnesium (1–2 % Mg + 1–2 % Al + Zn)
+ZA	Zink-Aluminium (galvan®, Zn + 5 % Al)
+AZ	Aluminium-Zink (55 % Al + 1,6 % Si + Zn)
+AS	Aluminium-Silicium (11 % Si + Al)

Oberflächenveredelung

Schmelztauchveredeltes Feiblech

	Z/GI		ZF/GA		ZM		ZA		AZ		AS	
	DIN EN	VDA239-100	DIN EN	VDA239-100	DIN EN	VDA239-100	DIN EN	DIN EN	DIN EN	DIN EN	DIN EN	VDA239-100
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	70	30/30	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	80	–	–	–	–	–	–	–
	100	40/40	100	40/40	100	40/40	95	–	–	–	–	–
	–	–	120	50/50	120	50/50	–	70	–	–	–	–
	–	–	–	–	130	–	–	–	–	50	–	–
	140	60/60	–	–	140	–	130	80	60	–	–	–
	–	–	–	–	150	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	185	–	–	–	–	–	–	–
	200	85/85	–	–	200	–	185	100	80	30/30	–	–
	–	–	–	–	–	–	200	130	–	–	–	–
	225	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	100	–	–
	275	–	–	–	275	–	255	150	120	45/45	–	–
	–	–	–	–	–	–	300	165	–	–	–	–
	–	–	–	–	300	–	–	–	–	–	–	–
	350	–	–	–	350 ¹⁾	–	–	185	150	–	–	–
	450 ¹⁾	–	–	–	–	–	–	–	200	–	–	–
	600 ¹⁾	–	–	–	–	–	–	–	250	–	–	–

¹⁾ Im Standard gilt für DIN EN die Dreiflächenprobe und für VDA239-100 die Einflächenprobe.
Abweichend vom Standard kann nach DIN EN oder VDA239-100 auch eine Drei- oder Einflächenprobe bestellt werden.

Toleranzen: Grenzabmaße und Formtoleranzen nach DIN EN 10 143 (engere Toleranzen nach Absprache).

Weicher Stahl zum Kaltumformen · DIN EN 10 346

Stahlsorte				Mechanische Eigenschaften, quer				
Kurzname	VDA239-100	Oberflächenveredelung	Werkstoffnummer	Streckgrenze R _e ^{0,2} MPa max.	Zugfestigkeit R _m MPa	Bruchdehnung A ₅₀ ² % min.	Anisotropie r ₉₀ min.	Verfestigungs- exponent n ₉₀
DX51D	–	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0917	–	270-500	22	–	–
DX52D	CR1	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0918	140-300 ³⁾	270-420	26	–	–
DX53D	CR2	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0951	140-260	270-380	30	–	–
DX54D	CR3	+Z,+ZA	1.0952	120-220	260-350	36	1,6 ⁴⁾	0,18
DX54D	CR3	+ZF,+ZM	1.0952	120-220	260-350	34	1,4 ⁴⁾	0,18
DX54D	–	+AZ	1.0952	120-220	260-350	36	–	–
DX54D	CR3	+AS	1.0952	120-220	260-350	34	1,4 ⁴⁾	0,18 ⁵⁾
DX55D	–	+AS	1.0962	140-240	270-370	30	–	–
DX56D	CR4	+Z,+ZA	1.0963	120-180	260-350	39	1,9 ⁴⁾	0,21
DX56D	CR4	+ZF,+ZM	1.0963	120-180	260-350	37	1,7 ⁴⁾	0,20 ⁵⁾
DX56D	CR4	+AZ,+AS	1.0963	120-180	260-350	39	1,7 ⁴⁾	0,20 ⁵⁾
DX57D	CR5	+Z,+ZA	1.0853	120-170	260-350	41	2,1 ⁴⁾	0,22
DX57D	CR5	+ZF,+ZM	1.0853	120-170	260-350	39	1,9 ⁴⁾	0,21 ⁵⁾
DX57D	CR5	+AZ,+AS	1.0853	120-170	260-350	41	1,9 ⁴⁾	0,21 ⁵⁾

Stahlsorte				Chemische Zusammensetzung, Schmelzanalyse							
Kurzname	VDA239-100	Werkstoffnummer	Massenanteile % max.								
				C	Si	Mn	P	S	Ti		
DX51D	–	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0917	0,18	0,50	1,20	0,12	0,045	0,30		
DX52D	CR1	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0918	0,12	0,50	0,60	0,10	0,045	0,30		
DX53D	CR2	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0951	0,12	0,50	0,60	0,10	0,045	0,30		
DX54D	CR3	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0952	0,12	0,50	0,60	0,10	0,045	0,30		
DX55D	–	+AS	1.0962	0,12	0,50	0,60	0,10	0,045	0,30		
DX56D	CR4	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0963	0,12	0,50	0,60	0,10	0,045	0,30		
DX57D	CR5	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0853	0,12	0,50	0,60	0,10	0,045	0,30		

1) Bei nicht ausgeprägter Streckgrenze gelten die Werte für die 0,2 %-Dehngrenze R_{e0,2} bei ausgeprägter Streckgrenze jene für die untere Streckgrenze R_e und t < 0,35 mm (minus 7 Einheiten).
 2) Abgesenkte Mindestwerte der Bruchdehnung gelten für Erzeugnisdicken: 0,50 mm < t < 0,70 mm (minus 2 Einheiten), 0,35 mm < t < 0,50 mm (minus 4 Einheiten) und t < 0,35 mm (minus 7 Einheiten).
 3) Für Oberfläche Klasse A ist der maximale Wert für die Streckgrenze R_e = 360 MPa.
 4) Für 1,5 mm < t < 2 mm verringert sich der r₉₀-Mindestwert um 0,2. Für t > 2 mm verringert sich der r₉₀-Mindestwert um 0,4.
 5) Der r₉₀-Mindestwert verringert sich für Erzeugnisdicken: 0,50 mm < t < 0,70 mm um 0,2; 0,35 mm < t < 0,50 mm um 0,4 und t < 0,35 mm um 0,6. Der r₉₀-Mindestwert verringert sich für Erzeugnisdicken: 0,50 mm < t < 0,70 mm um 0,01; 0,35 mm < t < 0,50 mm um 0,03 und t < 0,35 mm um 0,04.

Baustahl · DIN EN 10 346

Stahlsorte			Mechanische Eigenschaften, längs			Chemische Zusammensetzung, Schmelzanalyse				
Kurzname	Oberflächenveredelung	Werkstoffnummer	Dehngrenze R _{e0,2} ¹⁾ MPa min.	Zugfestigkeit R _m ²⁾ MPa min.	Bruchdehnung A ₅₀ ³⁾ % min.	Massenanteile % max.				
						C	Si	Mn	P	S
S220GD	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ	1.0241	220	300	20	0,20	0,60	1,70	0,10	0,045
S250GD	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0242	250	330	19	0,20	0,60	1,70	0,10	0,045
S280GD	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0244	280	360	18	0,20	0,60	1,70	0,10	0,045
S320GD	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0250	320	390	17	0,20	0,60	1,70	0,10	0,045
S350GD	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0529	350	420	16	0,20	0,60	1,70	0,10	0,045
S390GD	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ	1.0238	390	460	16	0,20	0,60	1,70	0,10	0,045
S420GD	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ	1.0239	420	480	15	0,20	0,60	1,70	0,10	0,045
S450GD	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ	1.0233	450	510	14	0,20	0,60	1,70	0,10	0,045
S550GD	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ	1.0531	550	560	–	0,20	0,60	1,70	0,10	0,045

1) Bei ausgeprägter Streckgrenze gelten die Werte der oberen Streckgrenze R_e.
 2) Für alle Stahlsorten (mit Ausnahme der Sorte S550GD) kann für die Zugfestigkeit eine Spanne von 140 MPa erwartet werden.
 3) Abgesenkte Mindestwerte der Bruchdehnung gelten für Erzeugnisdicken: 0,50 mm < t < 0,70 mm (minus 2 Einheiten), 0,35 mm < t < 0,50 mm (minus 4 Einheiten) und t < 0,35 mm (minus 7 Einheiten).

Hoch- und höherfester Stahl zum Kaltumformen · DIN EN 10 346

Stahlsorte				Mechanische Eigenschaften, quer							
Kurzname	VDA239-100	Oberflächenveredelung	Werkstoffnummer	Dehngrenze $R_{p0,2}^{20}$ MPa	Zugfestigkeit R_m MPa	Bruchdehnung A_{g0}^{20} % min.	Anisotropie f_{90}^{345} min.	Verfestigungs-exponent $n_{0,01}$ min.	Bake-Harden-ing-Index BH ₁ min.		
Hochfester IF-Stahl											
HX180YD	CR180IF	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0921	180-240	330-390	34	1,7	0,18	–		
HX220YD	CR210IF	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0923	220-280	340-420	32	1,5	0,17	–		
HX260YD	CR240IF	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0926	260-320	380-440	30	1,4	0,16	–		
HX300YD	–	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0927	300-360	390-470	27	1,3	0,15	–		
Bake-Hardening-Stahl											
HX180BD	CR180BH	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0914	180-240	290-360	34	1,5	0,16	30		
HX220BD	CR210BH	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0919	220-280	320-400	32	1,2	0,15	30		
HX260BD	CR240BH	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0924	260-320	360-440	28	–	–	30		
HX300BD	–	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0930	300-360	400-480	26	–	–	30		
HX340BD	–	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0945	340-400	440-520	24	–	–	30		
Mikrolegierter Stahl											
HX260LAD	CR240LA	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0929	260-330	350-430	26	–	–	–		
HX300LAD	CR270LA	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0932	300-380	380-480	23	–	–	–		
HX340LAD	CR300LA	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0933	340-420	410-510	21	–	–	–		
HX380LAD	CR340LA	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0934	380-480	440-560	19	–	–	–		
HX420LAD	CR380LA	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0935	420-520	470-590	17	–	–	–		
HX460LAD	CR420LA	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0990	460-560	500-640	15	–	–	–		
HX500LAD	–	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0991	500-620	530-690	13	–	–	–		
Stahlsorte				Chemische Zusammensetzung, Schmelzanalyse							
Kurzname	VDA239-100	Oberflächenveredelung	Werkstoffnummer	Massenanteile % max.							
				C	Si	Mn	P	S	Al min.	Nb	Ti
Hochfester IF-Stahl											
HX180YD	CR180IF	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0921	0,01	0,30	0,70	0,060	0,025	0,010	0,09	0,12
HX220YD	CR210IF	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0923	0,01	0,30	0,90	0,080	0,025	0,010	0,09	0,12
HX260YD	CR240IF	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0926	0,01	0,30	1,60	0,10	0,025	0,010	0,09	0,12
HX300YD	–	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0927	0,015	0,30	1,60	0,10	0,025	0,010	0,09	0,12
Bake-Hardening-Stahl											
HX180BD	CR180BH	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0914	0,06	0,50	0,70	0,060	0,025	0,015	0,09	0,12
HX220BD	CR210BH	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0919	0,08	0,50	0,70	0,085	0,025	0,015	0,09	0,12
HX260BD	CR240BH	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0924	0,10	0,50	1,00	0,10	0,030	0,010	0,09	0,12
HX300BD	–	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0930	0,11	0,50	0,80	0,12	0,025	0,010	0,09	0,12
HX340BD	–	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0945	0,11	0,50	0,80	0,12	0,025	0,010	0,09	0,12
Mikrolegierter Stahl											
HX260LAD	CR240LA	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0929	0,11	0,50	1,0	0,030	0,025	0,015	0,09	0,15
HX300LAD	CR270LA	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0932	0,12	0,50	1,4	0,030	0,025	0,015	0,09	0,15
HX340LAD	CR300LA	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0933	0,12	0,50	1,4	0,030	0,025	0,015	0,10	0,15
HX380LAD	CR340LA	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0934	0,12	0,50	1,5	0,030	0,025	0,015	0,10	0,15
HX420LAD	CR380LA	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0935	0,12	0,50	1,6	0,030	0,025	0,015	0,10	0,15
HX460LAD	CR420LA	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0990	0,15	0,50	1,7	0,030	0,025	0,015	0,10	0,15
HX500LAD	–	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	1.0991	0,15	0,50	1,7	0,030	0,025	0,015	0,10	0,15

1) Bei ausgeprägter Streckgrenze gelten die Werte für die untere Streckgrenze $R_{p0,2}$.
 2) Abgesenkte Mindestwerte der Bruchdehnung gelten für Erzeugnisdicken: 0,50 mm < t < 0,70 mm (minus 2 Einheiten), 0,35 mm < t < 0,50 mm (minus 4 Einheiten) und t < 0,35 mm (minus 7 Einheiten).
 3) Bei AS-, AZ-, ZF- und ZM-Überzügen verringert sich der $R_{p0,2}$ -Mindestwert um 2 Einheiten und der R_m -Mindestwert um 0,2.
 4) Für 1,5 mm < t < 2 mm verringert sich der $R_{p0,2}$ -Mindestwert um 0,2; für t > 2 mm verringert sich der $R_{p0,2}$ -Mindestwert um 0,4.
 5) Der $R_{p0,2}$ -Mindestwert verringert sich für Erzeugnisdicken: 0,50 mm < t < 0,70 mm um 0,2; 0,35 mm < t < 0,50 mm um 0,4 und t < 0,35 mm um 0,6.
 Der R_m -Mindestwert verringert sich für Erzeugnisdicken: 0,50 mm < t < 0,70 mm um 0,01; 0,35 mm < t < 0,50 mm um 0,03 und t < 0,35 mm um 0,04.

Mehrphasen-Stahl · DIN EN 10 346

Stahlsorte, kaltgewalzt				Mechanische Eigenschaften, längs				
Kurzname	VDA239-100	Oberflächenveredelung	Werkstoffnummer	Dehngrenze $R_{p0,2}$ MPa	Zugfestigkeit R_m MPa min.	Bruchdehnung A_{50}^{100} % min.	Verfestigungs- exponent n_{30-100} min.	Bake-Härde- ning-Index BH ₂ min.
Dualphasen-Stahl								
HCT450X	–	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0937	260–340	450	27	0,16	30
HCT490X	CR290Y490T-DP	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0995	290–380	490	24	0,15	30
HCT590X	CR330Y590T-DP	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0996	330–430	590	20	0,14	30
HCT780X	CR440Y780T-DP	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0943	440–550	780	14	–	30
HCT980X	CR590Y980T-DP	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0944	590–740	980	10	–	30
HCT980XG	CR700Y980T-DP	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0997	700–850	980	8	–	30
Restaustenit-Stahl (TRIP-Stahl)								
HCT690T	CR400Y690T-TR	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0947	400–520	690	23	0,19	40
HCT780T	CR450Y780T-TR	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0948	450–570	780	21	0,16	40
Komplexphasen-Stahl								
HCT600C	–	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0953	350–500	600	16	–	30
HCT780C	CR570Y780T-CP	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0954	570–720	780	10	–	30
HCT980C	CR780Y980T-CP	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0955	780–950	980	6	–	30
Stahlsorte, warmgewalzt				Mechanische Eigenschaften, längs				
Kurzname	VDA239-100	Oberflächenveredelung	Werkstoffnummer	Dehngrenze $R_{p0,2}$ MPa	Zugfestigkeit R_m MPa min.	Bruchdehnung A_{50} % min.	Verfestigungs- exponent n_{30-100} min.	
Ferrit-Bainitphasen-Stahl								
HDT450F	HR300Y450T-FB	+Z, +ZF, +ZM	1.0961	300–420	450	24	–	
HDT580F	HR440Y580T-FB	+Z, +ZF, +ZM	1.0994	460–620	580	15	–	
Dualphasen-Stahl								
HDT580X	HR330Y580T-DP	+Z, +ZF, +ZM	1.0936	330–450	580	19	0,13	
Komplexphasen-Stahl								
HDT750C	–	+Z, +ZF, +ZM	1.0956	620–760	750	10	–	
HDT760C	HR660Y760T-CP	+Z, +ZF, +ZM	1.0998	660–830	760	10	–	
HDT950C	–	+Z, +ZF, +ZM	1.0958	720–950	950	9	–	

1) Abgesenkte Mindestwerte der Bruchdehnung gelten für Erzeugnisdicken $t < 0,60$ mm (minus 2 Einheiten).

2) Für ZF-Überzüge gelten für die Mindestbruchdehnung um 2 Einheiten abgesenkte Werte.

Für ZF-Überzüge in Erzeugnisdicken $t < 0,60$ mm, gelten für die Mindestbruchdehnung um 4 Einheiten abgesenkte Werte.

Für besonders enge Dickentoleranzen bei feuerverzinktem Warmband von bis zu $\pm 0,06$ mm empfiehlt sich unser Produkt scalar[®]+Z.

Mehrphasen-Stahl · DIN EN 10 346

Stahlsorte				Chemische Zusammensetzung, Schmelzanalyse									
Kurzname	VDA239-100	Oberflächenveredelung	Werkstoffnummer	Massenanteile % max.									
				C	Si	Mn	P	S	Al _{total(oxidiert)}	Cr + Mo	Nb + Ti	V	B
Ferrit-Bainitphasen-Stahl													
HDT450F	HR300Y450T-FB	+Z, +ZF, +ZM	1.0961	0,18	0,50	2,00	0,050	0,010	0,015-2,0	1,00	0,15	0,15	0,005
HDT580F	HR440Y580T-FB	+Z, +ZF, +ZM	1.0994	0,18	0,50	2,00	0,050	0,010	0,015-2,0	1,00	0,15	0,15	0,01
Dualphasen-Stahl													
HCT450X	-	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0937	0,14	0,75	2,00	0,080	0,015	0,015-1,0	1,00	0,15	0,20	0,005
HCT490X	CR290Y490T-DP	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0995	0,14	0,75	2,00	0,080	0,015	0,015-1,0	1,00	0,15	0,20	0,005
HCT590X	CR330Y590T-DP	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0996	0,15	0,75	2,50	0,040	0,015	0,015-1,5	1,40	0,15	0,20	0,005
HCT780X	CR440Y780T-DP	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0943	0,18	0,80	2,50	0,080	0,015	0,015-2,0	1,40	0,15	0,20	0,005
HCT980X	CR590Y980T-DP	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0944	0,20	1,00	2,90	0,080	0,015	0,015-2,0	1,40	0,15	0,20	0,005
HCT980XG	CR700Y980T-DP	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0997	0,23	1,00	2,90	0,080	0,015	0,015-2,0	1,40	0,15	0,20	0,005
HDT580X	HR330Y580T-DP	+Z, +ZF, +ZM	1.0936	0,14	1,00	2,20	0,085	0,015	0,015-1,0	1,40	0,15	0,20	0,005
Restaustenit-Stahl (TRIP-Stahl)													
HCT690T	CR400Y690T-TR	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0947	0,24	2,00	2,20	0,080	0,015	0,015-2,0	0,60	0,20	0,20	0,005
HCT780T	CR450Y780T-TR	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0948	0,25	2,20	2,50	0,080	0,015	0,015-2,0	0,60	0,20	0,20	0,005
Komplexphasen-Stahl													
HCT600C	-	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0953	0,18	0,80	2,20	0,080	0,015	0,015-2,0	1,00	0,15	0,20	0,005
HCT780C	CR570Y780T-CP	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0954	0,18	1,00	2,50	0,080	0,015	0,015-2,0	1,00	0,15	0,20	0,005
HCT980C	CR780Y980T-CP	+Z, +ZF, +ZA, +ZM	1.0955	0,23	1,00	2,70	0,080	0,015	0,015-2,0	1,00	0,15	0,22	0,005
HDT750C	-	+Z, +ZF, +ZM	1.0956	0,18	0,80	2,20	0,080	0,015	0,015-2,0	1,00	0,15	0,20	0,005
HDT760C	HR660Y760T-CP	+Z, +ZF, +ZM	1.0998	0,18	1,00	2,50	0,080	0,015	0,015-2,0	1,00	0,25	0,20	0,005
HDT950C	-	+Z, +ZF, +ZM	1.0958	0,25	0,80	2,70	0,080	0,015	0,015-2,0	1,20	0,25	0,30	0,005

Für besonders enge Dickentoleranzen bei feuerverzinktem Warmband von bis zu $\pm 0,06$ mm empfiehlt sich unser Produkt scalur®+Z.

scalur[®]+Z

scalur[®]+Z ist ein feuerverzinktes Flachprodukt mit engsten Dickentoleranzen aus dem Hause thyssenkrupp. Mit konstanten Dickentoleranzen bis zu $\pm 0,06$ mm weist scalur[®]+Z über die gesamte Bandlänge und -breite besonders gleichmäßige Eigenschaften auf und steigert so die Ausbringung. Zusätzlich bietet es eine exzellente Verarbeitbarkeit bei gleichbleibend hoher Fertigungsqualität. scalur[®]+Z ist je nach Festigkeit in Dicken von 1,50 bis 4,00 mm und Breiten von 900 bis 1.550 mm in verschiedenen Güten erhältlich und eignet sich beispielsweise für Stanzteile, Profile und Teleskopschienen.

scalur[®]+Z – Feuerverzinktes Flachprodukt mit engsten Dickentoleranzen

Weicher Stahl · DIN EN 10 346				Baustahl · DIN EN 10 346			Mikrolegierter Stahl · DIN EN 10 346			
Kurzname	Normbezeichnung	VDA 239-100	Werkstoffnummer	Kurzname	Normbezeichnung	Werkstoffnummer	Kurzname	Normbezeichnung	VDA 239-100	Werkstoffnummer
scalur [®] +Z DX51D	DX51D	–	1.0917	scalur [®] +Z S220GD	S220GD	1.0241	scalur [®] +Z HX260LAD	HX260LAD	CR240LA	1.0929
scalur [®] +Z DX52D	DX52D	CR1	1.0918	scalur [®] +Z S250GD	S250GD	1.0242	scalur [®] +Z HX300LAD	HX300LAD	CR270LA	1.0932
				scalur [®] +Z S280GD	S280GD	1.0244	scalur [®] +Z HX340LAD	HX340LAD	CR300LA	1.0933
				scalur [®] +Z S320GD	S320GD	1.0250	scalur [®] +Z HX380LAD	HX380LAD	CR340LA	1.0934
				scalur [®] +Z S350GD	S350GD	1.0529	scalur [®] +Z HX420LAD	HX420LAD	CR380LA	1.0935
							scalur [®] +Z HX460LAD	HX460LAD	CR420LA	1.0990
							scalur [®] +Z HX500LAD	HX500LAD	–	1.0991

Alle chemischen und mechanischen Eigenschaften der angegebenen Güten sind identisch mit den Eigenschaften für schmelztauchveredelte Produkte.



INDUSTRIE

Regupol® | Regufoam®

Schwingungsdämpfung

Klima-/Lüftungsbau,
Maschinenfundamente

Zahlreiche Produkte für
zahlreiche Anwendungen



BSW
www.berleburger.de

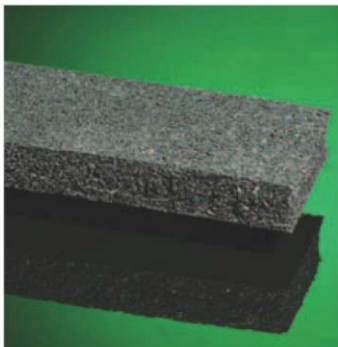
INDUSTRIE

Schwingungsdämpfung in der TGA

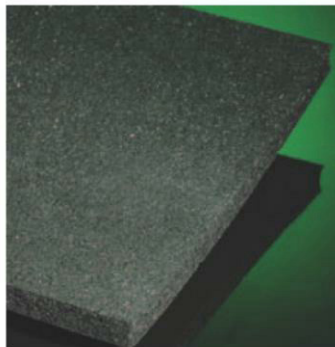
BSW beliefert bereits seit vielen Jahren zahlreiche Klima-/ Lüftungsbauer mit Stanzteilen und Zuschnitten zur Schwingungsisolierung von Maschinen und Aggregaten der technischen Gebäude-

ausrüstung. Die eigens für diese Zwecke entwickelten und erprobten Materialien, aus denen die hochwirksamen Schwingungsdämpfer von BSW bestehen, sind: Regupol® auf Gummigranulatbasis und

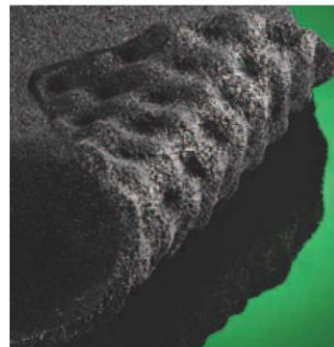
Regufoam® aus Polyurethanschaum, welcher in sechs Typen hergestellt wird und Lastbereiche von 0,01 bis 0,4 N/mm² abdeckt.

Regupol
PUR-Streifen

Schwingungsisolierung unter Geräterahmen
Material: PUR-gebundenes Gummigranulat
Maße: 500 x 50 x 15 mm
Lieferung: 1 Karton = 84 lfm
Brandklasse: B2
Statische Dauerlast: max. 0,15 N / mm²
Physikalische Eigenschaften entnehmen Sie bitte aus der nachstehenden Übersicht.

Regupol
PUR-Platten

Größere Zuschnitte für flächige Lagerungen.
Material: PUR-gebundenes Gummigranulat
Maße: 500 x 250 x 15 mm
Lieferung: 1 Karton = 20 Stück
Brandklasse: B2
Statische Dauerlast: max. 0,15 N / mm²
Physikalische Eigenschaften entnehmen Sie bitte aus der nachstehenden Übersicht.

Regupol
6010 BA

Größere Zuschnitte für flächige Lagerungen.
Material: PUR-gebundenes Gummigranulat
Maße: 10.000 x 1.250 x 8/17 mm
Bahnenware
Brandklasse: B2
Lastbereich: 0,01- 0,05 N/mm²
Physikalische Eigenschaften entnehmen Sie bitte aus der nachstehenden Übersicht.



Regulol und Regufoam Schwingungsisolierung wird in der TGA unter Rahmen von Lüftungsgeräten, unter Fundamenten von Klima- und

Kälteanlagen, Pumpen, Notstromaggregaten, Kompressoren, Aufzugsanlagen und sonstigen Maschinen eingesetzt.

Gummi-Lochstreifen und -platten



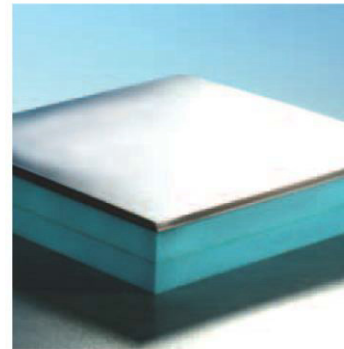
Konstante Schwingungsisolierung aus der Kombination von Naturkautschuk und Luft.
Material: Naturkautschuk
Maße: 500 x 250 x 25mm /
500 x 50 x 25 mm
Brandklasse: B2
Lastbereich: 0,02-0,5 N/mm²

Regufoam



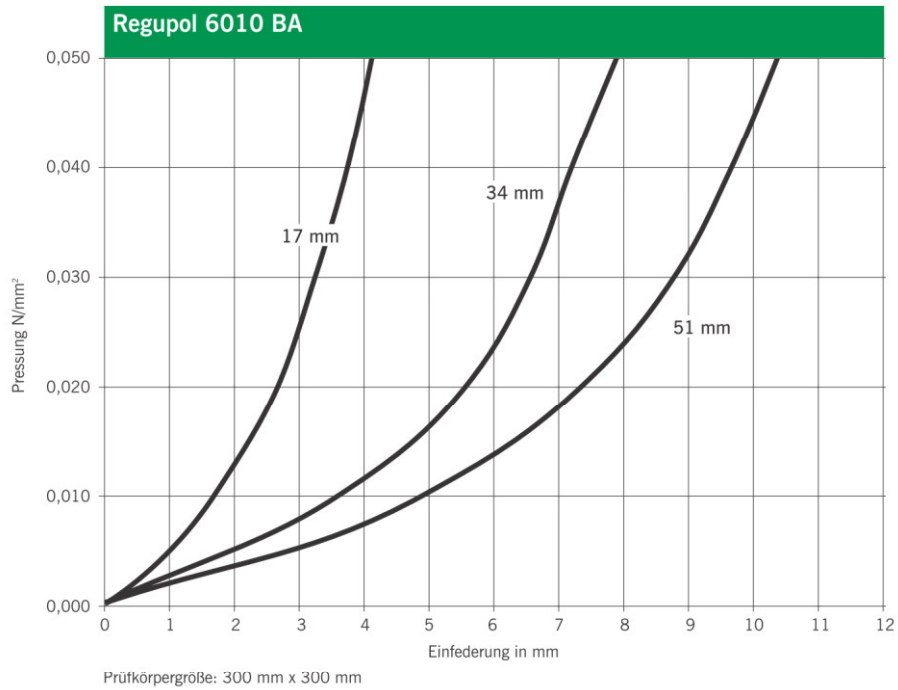
Hochwertige Schwingungsisolierung unter Geräterahmen.
Material: gemischtzelliger Polyurethanschaum
Maße: 1.500 x 60 x 15 mm
Brandklasse: B2
Statische Dauerlast: 0,01-0,4 N/mm²
Lastspitzen: 0,5-5 N/mm²
Physikalische Details entnehmen Sie bitte unserem Datenkatalog.

Regufoam SD-Element

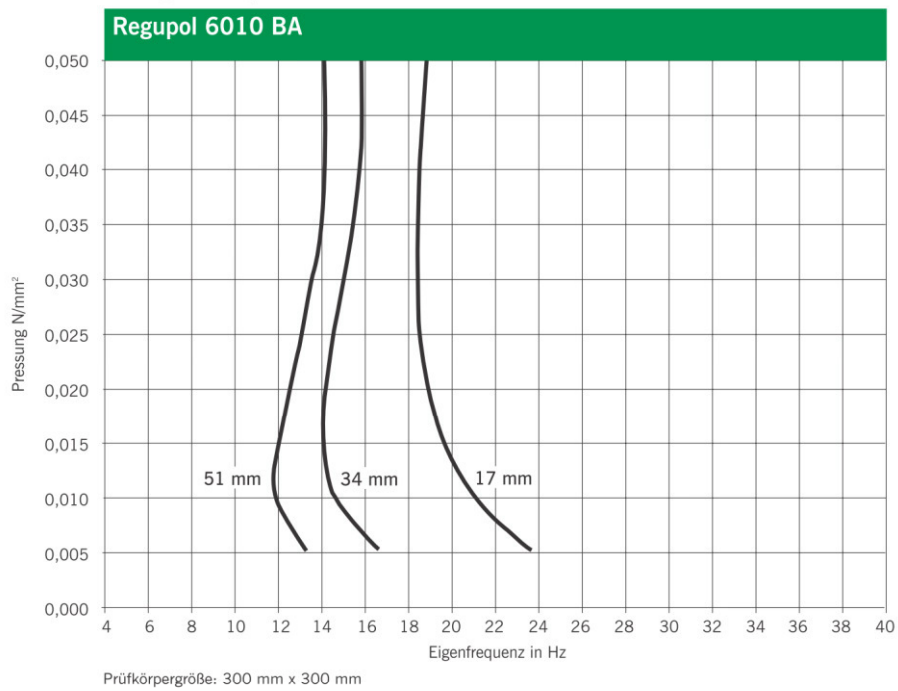


Platten mit stabilisierter Auflagefläche
Material: Regufoam, verzinkte Stahlplatte
8 mm
Brandklasse: B2
Abmessungen und Materialtyp werden entsprechend individuellen Anforderungen gewählt.

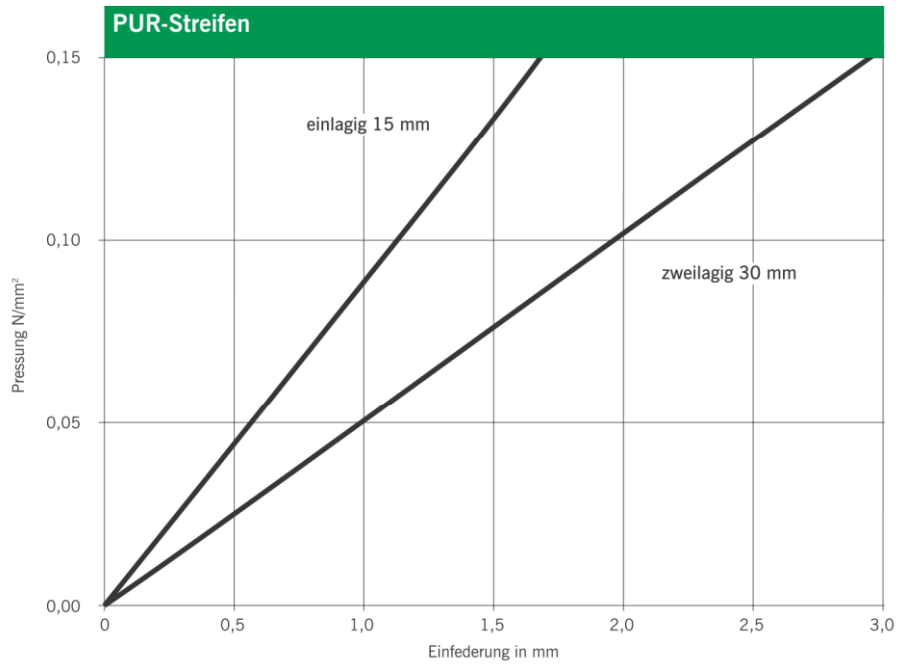
1 Einfederung



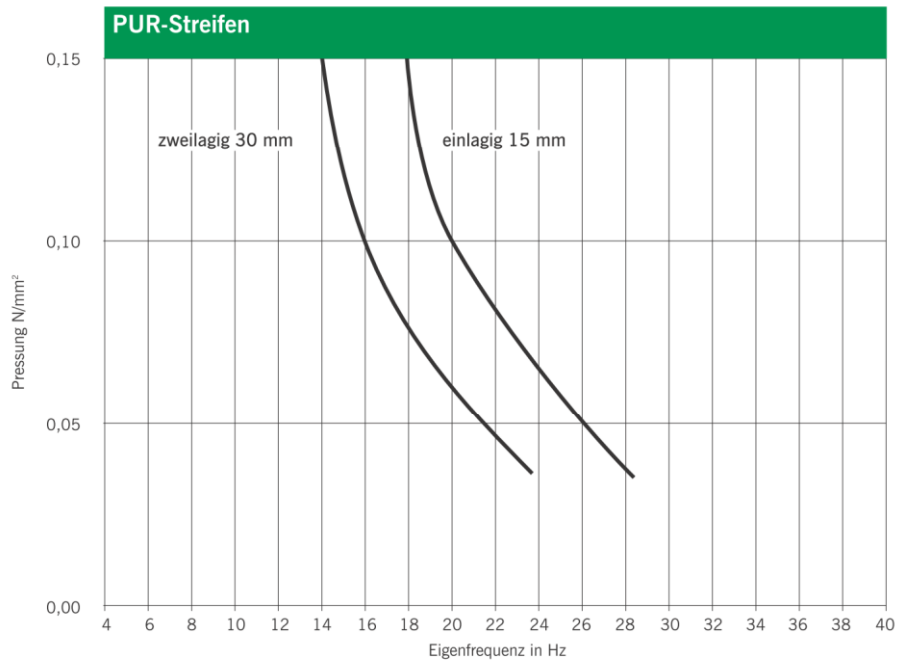
2 Eigenfrequenz



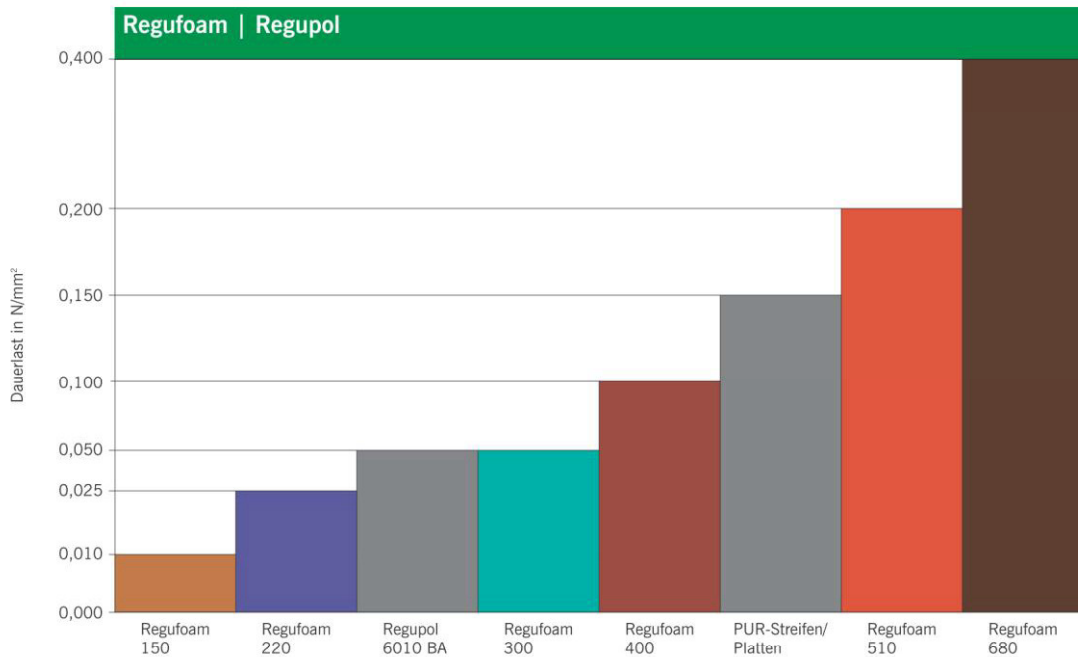
1 Einfederung



2 Eigenfrequenz



Die Laststufen



Regupol®

Regupol® zeichnet sich seit vielen Jahren durch seine Homogenität als verlässliches Produkt in der Schwingungsdämmung aus. Regupol® ist ein Gemisch aus Gummi und Polyurethan. In der technischen Gebäudeausrüstung wird Regupol® zur Aktivisolierung von Maschinen sowie Heizungs- und Klimaanlage verwendet. Regupol® ist die preisgünstige Lösung für die meisten Aufgaben der Schwingungsisolierung.

Regufoam®

Regufoam® ist ein hydrolysebeständiger und verrottungsfester Polyurethanschaum, der in sechs verschiedenen Materialdichten hergestellt wird. Jeder Materialtyp besitzt exakt definierte physikalische Werte. Deshalb eignet sich Regufoam® für die anspruchsvollsten Aufgaben der Schwingungsdämmung. Die verschiedenen Härten von Regufoam® sind farbig gekennzeichnet und leicht zu unterscheiden.



BSW

BSW
 Berleburger Schaumstoffwerk GmbH
 Postfach 1180
 57301 Bad Berleburg (Deutschland)
 Telefon ++49 (0) 27 51 / 8 03 0
 Fax ++49 (0) 27 51 / 8 03-109
 eMail info@berleburger.de
 Internet www.berleburger.de

Zertifiziert nach
 DIN EN ISO 9001
 DIN EN ISO 14001
 OHSAS 18001



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Gemäß der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung ist zusammen mit der Abschlussarbeit eine schriftliche Erklärung abzugeben, in der der Studierende bestätigt, dass die Abschlussarbeit „– bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit [(§ 18 Abs. 1 APSO-TI-BM bzw. § 21 Abs. 1 APSO-INGI)] – ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich zu machen.“

Quelle: § 16 Abs. 5 APSO-TI-BM bzw. § 15 Abs. 6 APSO-INGI

Dieses Blatt, mit der folgenden Erklärung, ist nach Fertigstellung der Abschlussarbeit durch den Studierenden auszufüllen und jeweils mit Originalunterschrift als letztes Blatt in das Prüfungsexemplar der Abschlussarbeit einzubinden.

Eine unrichtig abgegebene Erklärung kann -auch nachträglich- zur Ungültigkeit des Studienabschlusses führen.

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit

Hiermit versichere ich,

Name: Gramens

Vorname: Simon

dass ich die vorliegende Bachelorarbeit bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema:

Entwurf einer Halterungskonstruktion für einen Lüftungskanal

ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

- die folgende Aussage ist bei Gruppenarbeiten auszufüllen und entfällt bei Einzelarbeiten -

Die Kennzeichnung der von mir erstellten und verantworteten Teile der -bitte auswählen- ist erfolgt durch:

Hamburg

Ort

Datum

Unterschrift im Original