

## Gebäudeaussteifung

### Allgemeines

Das Gebäude wird als freistehend betrachtet, auch wenn an den "Giebelseiten" angebaut ist. (für den Fall eines Abrißes der benachbarten Wohneinheiten).

Da aus Schallschutzgründen die einzelnen Wohneinheiten weitestgehend entkoppelt sind, müssen auch die Windlastermittlung -und abtragung getrennt erfolgen. Jede Wohneinheit ist für sich auszusteifen.

Da der Rechenaufwand für die Bemessung aller einzeln zu betrachtenden Wohnraummodule enorm wäre, soll hier exemplarisch das flächenmäßig größte und somit maßgebende Wohnungsmodul in Achse A´-B und 4 - 5 betrachtet werden.

Zugrunde gelegt ist bei allen Nachweisen die Nutzungsklasse1.

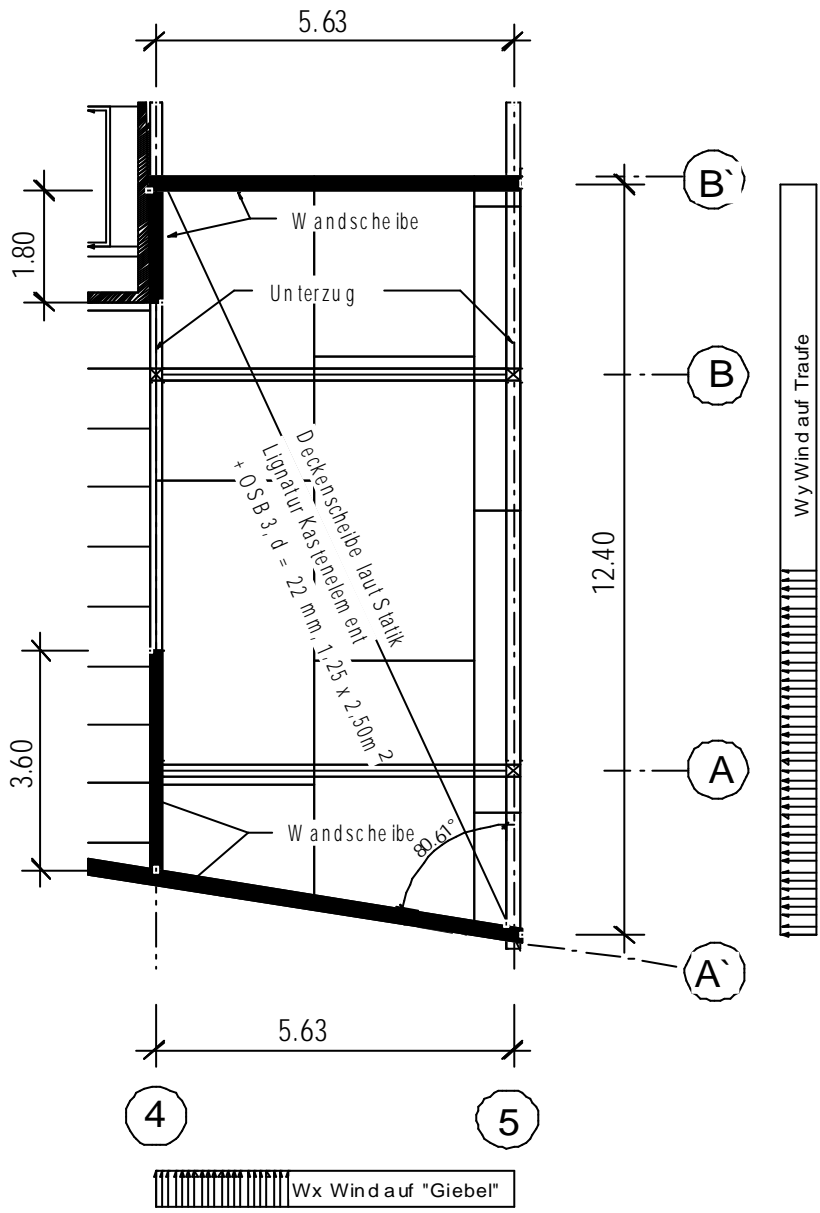
### Literatur

- [1] Statische Berchnung eines 5-geschossigen Gebäude in Holztafelbauart  
Forschungsvorhaben "Fertigungsprozessauslegung für Holzgroßprojekte" der TU  
Braunschweig, Kessel
- [2] Holzrahmenbau mehrgeschoßig, BDZ, Fritzen ua.
- [3] Schlußentwurf der DIN 1052 BEKS

### Vorbemerkung:

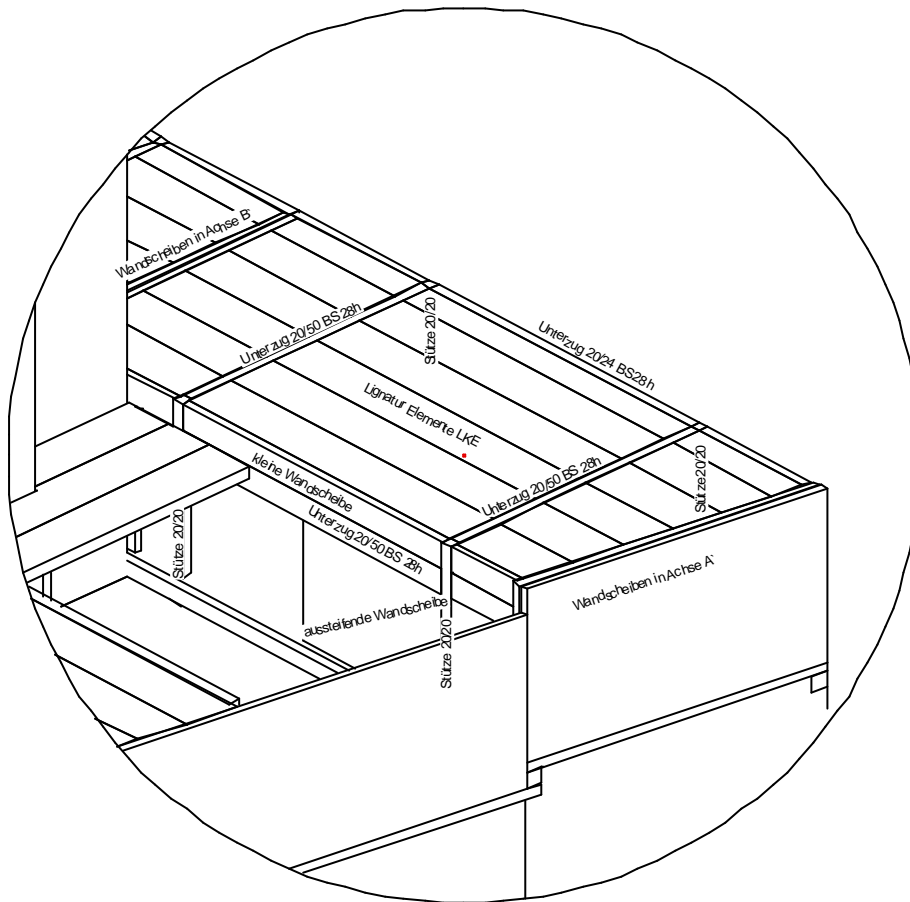
Teilweise haben sich von dem Zeitpunkt des Erstellens der Statik bis zum Erstellen der Ausführungsplanung Änderungen ergeben. Soweit diese nicht maßgeblich die Bemessung verändern, wurden die Änderungen in die Nachweise nicht mehr eingearbeitet.

**Grundriß des ausgewählten "Raummoduls"**

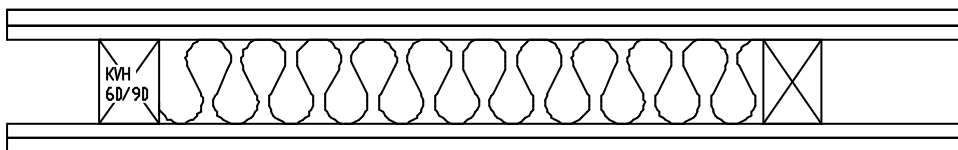


Die Wandscheiben stehen über die Geschoße gesehen vertikal übereinander.

## Isometrische Darstellung des Aussteifungsmoduls



## Wandquerschnitt (ohne Installationsebene)



**Aufbau:**

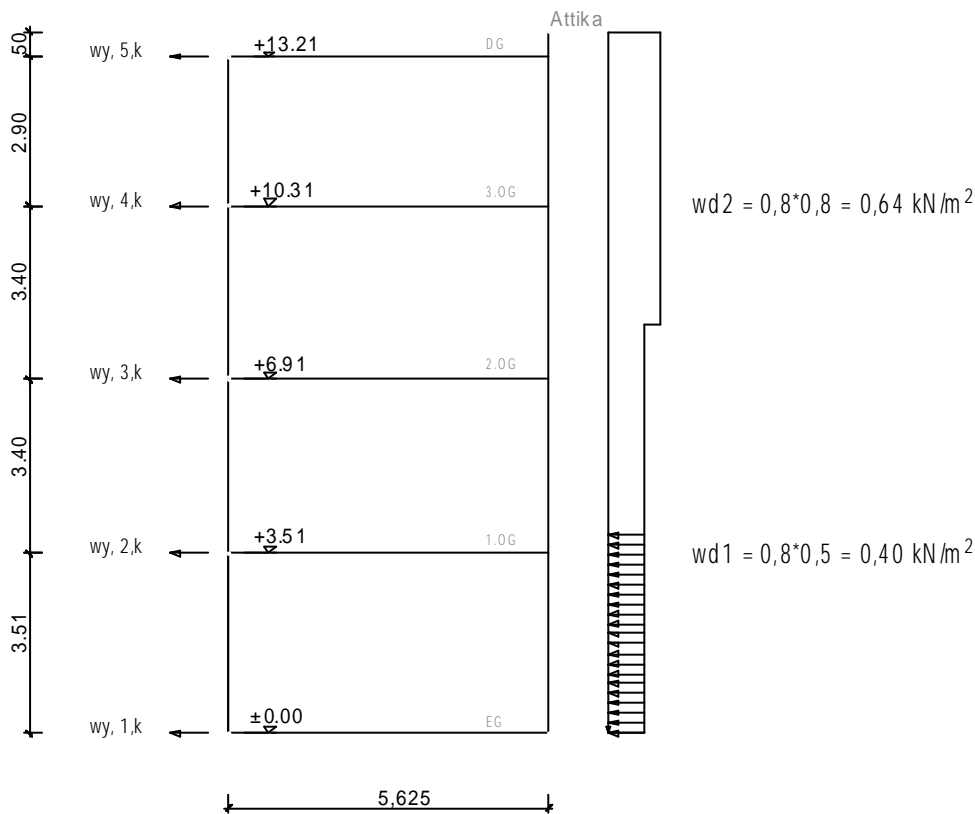
- 15mm Gipsfaserplatte
- 15mm Gipsfaserplatte (bzw. 15 mm OSB/3 in Achse 4)
- 60/90 mm<sup>2</sup> KVH CD24, außer Randrippe (s.u.) + Dämmung
- 15mm Gipsfaserplatte (bzw. 15mm OSB/3 in Achse 4)
- 15mm Gipsfaserplatte

Die Wände in Achse A und B haben ein 2-schaligen Aufbau. Eine Schale wird je Wohneinheit zur Aussteifung herangezogen.  
Die Wände in Achse 4 sind 1-schalig.

## Horizontale Windeinwirkungen

Die Fassade besteht aus einer Pfosten-Riegel- Konstruktion, die als Einfeldsystem (gespannt von Geschoßdecke zu Geschoßdecke), die horizontale Windbelastung in die Deckenscheiben (DG: KVH + beidseitig OSB; 2. und 3.OG: Lignatur- Elemente + OSB) einleitet. Nur Winddruck ist maßgebend.

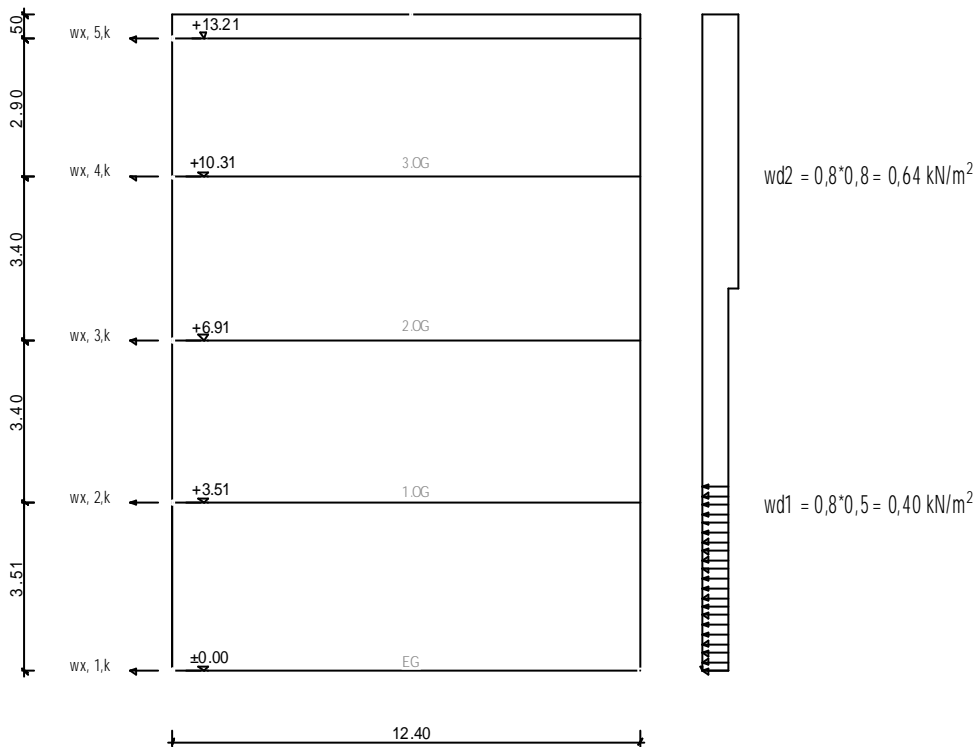
### Wind auf Traufe



### Winddruck auf Traufe

$w_{y,1,k} =$	$0,40 \cdot 3,50/2$	$=$	$0,70 \text{ kNm/m}$
$w_{y,2,k} =$	$0,40 \cdot (3,40/2 + 3,50/2)$	$=$	$1,38 \text{ kNm/m}$
$w_{y,3,k} =$	$0,64 \cdot 1,09 + 0,40 \cdot (0,61 + 3,40/2)$	$=$	$1,62 \text{ kNm/m}$
$w_{y,4,k} =$	$0,64 \cdot (2,90/2 + 3,40/2)$	$=$	$2,02 \text{ kNm/m}$
$w_{y,5,k} =$	$0,64 \cdot (2,90/2 + 0,5)$	$=$	$1,25 \text{ kNm/m}$

### Wind auf "Giebel"



### Winddruck auf "Giebel"

$w_{x,1,k} =$	$0,40 \cdot 3,50/2$	$=$	$0,70 \text{ kN/m}$
$w_{x,2,k} =$	$0,40 \cdot (3,40/2 + 3,50/2)$	$=$	$1,38 \text{ kN/m}$
$w_{x,3,k} =$	$0,64 \cdot 1,09 + 0,40 \cdot (0,61 + 3,40/2)$	$=$	$1,62 \text{ kN/m}$
$w_{x,4,k} =$	$0,64 \cdot (2,90/2 + 3,40/2)$	$=$	$2,02 \text{ kN/m}$
$w_{x,5,k} =$	$0,64 \cdot (2,90/2 + 0,5)$	$=$	$1,25 \text{ kN/m}$

### Zusatzbeanspruchung infolge Imperfektionen

Vereinfachend wird eine Schiefstellung der Wandrippen von  $\gamma = 1/100$  angenommen und weiterhin nach Theorie 1.Ordnung gerechnet. Die aus den Normalkräften in den Rippen resultierenden Horizontallasten werden zusammen mit den Windeinwirkungen für die Bemessung der Wand- und Deckenscheiben angesetzt.

## Zusatzbeanspruchung infolge Normalkraft aus Eigengewicht und Verkehrslast



Lasteinzugsfläche für Zusatzbeanspruchung

### Lastzusammenstellung

#### Decke

Ständige Einwirkung Decken $G_k =$			3,40 kNm
Verkehrslast $q_1 =$	1*1,50	=	1,50 kN/m <sup>2</sup>
Trennwandzuschlag $q_2 =$	1*0,75	=	0,75 kN/m <sup>2</sup>
	Veränderliche Einwirkung $Q_k =$		2,25 kN/m <sup>2</sup>

#### Dach

Ständige Einwirkung Dach $G_k =$			1,52 kNm
aus Schnee und Schneesack $Q_k =$	0,75 + 1,00/3	=	1,08 kNm

$N_{k,5} =$	$(1,52 + 0,75 + 0,33) * 66,8$	=	173,68 kN
$H_{k,5} =$	$N_{k,5}/100$	=	1,74 kN
$N_{k,4} =$	$N_{k,5} + (3,4 + 2,25) * 66,8$	=	551,10 kN
$H_{k,4} =$	$N_{k,4}/100$	=	5,51 kN
$N_{k,3} =$	$N_{k,4} + (3,4 + 2,25) * 66,8$	=	928,52 kN
$H_{k,3} =$	$N_{k,3}/100$	=	9,29 kN
$N_{k,2} =$	$N_{k,3} + (3,4 + 2,25) * 66,8$	=	1305,94 kN
$H_{k,2} =$	$N_{k,2}/100$	=	13,06 kN
$N_{k,1} =$	$N_{k,2} + (6 + 2,25) * 66,8$	=	1857,04 kN
$H_{k,1} =$	$N_{k,1}/100$	=	18,57 kN

Die Zusatzbeanspruchungen werden als charakteristische Werte wie die Windeinwirkungen behandelt.

## Nachweise der Deckenscheiben

Da bei den Deckenscheiben 2 unterschiedliche Konstruktionen vorliegen, werden beide Konstruktionsvarianten nachgewiesen.

### Pos. 4.8 - Dachscheibe über 3.OG

#### Bemessung der Dachscheibe aus KVH und beidseitig OSB

Die Dachscheibe wird vereinfacht als rechteckförmige Scheibe angenommen, d.h. die Schrägstellung der Wand in Achse A` wird vernachlässigt.

Maßgebend für die Bemessung der Deckenscheiben ist der Lastfall Wind auf Traufe, da die als Einfeldträger angenommene Deckenscheibe hier die größte Spannweite bei gleichzeitig geringster Querschnittshöhe aufweist. Zusätzlich kann hier nicht die ganze Höhe der Deckenscheibe angenommen werden, da keine Verteilerrippen in Lastrichtung vorhanden sind (KVH-Balken orthogonal zur Einwirkung)(s. DIN 8.5.3 (4))

Zusammenstellung der horizontalen Beanspruchung

Scheibenhöhe $h_s$ =			5,63 m
Scheibenhöhe $h_{s,max}$ =	12,4/4	=	3,10 m
Spannweite $l_s$ =			12,40 m
Beanspruchung infolge Imperfektion:	$H_{k,5}/l_s$	=	0,14 kN/m
Windbeanspruchung $w_{y,5,k}$ =			1,25 kN/m
		<b>q<sub>y,k</sub> =</b>	<b><u>1.39 kN/m</u></b>

Deckenaufbau:	15 mm OSB/3		
	200 mm KVH 60/200 CD24 (Cellulosedämmung)		
	15mm OSB/3		
	Randrippen: Kopfrippe der Wände in A und B´ (A= 51/90mm <sup>2</sup> )		
	Gurte: Randunterzug in Achse 5 bzw. Kopfrippen in Achse 4 (A=s.o)		
$M_{k,max}$ =	$q_{y,k} \cdot l_s^2 \cdot 12,40^2/8$	=	26,72 kNm
$M_{d,max}$ =	$M_{k,max} \cdot 1,5$	=	40,08 kNm
$F_t$ =	$M_{d,max}/h_{s,max}$	=	12,93 kN
$V_{k,max}$ =	$q_{y,k} \cdot l_s \cdot 12,4/2$	=	8,62 kN
$V_{d,max}$ =	$V_{k,max} \cdot 1,5$	=	12,93 kN

Nachweis der Randrippen

Querschnitt: 51/90mm<sup>2</sup>, Kerto-S(=Kopfrippe der Wände)

$f_{t,0,d}$ =	$0,9 \cdot 38/1,3$	=	26,31 N/mm <sup>2</sup>
$s_{0,t,d}$ =	$V_{d,max} \cdot 10^3/(51 \cdot 90)$	=	2,82 N/mm <sup>2</sup>
$s_{0,t,d} / f_{t,0,d}$		=	<b>0,11 &lt; 1,0</b>

Die Gurte der Scheibe sind in Achse 5 zweimal unterbrochen (Anschluß Unterzug an Stütze). Die Tragfähigkeit der Verbindung der Gurte muß dem 1,5 fachen Wert der Tragfähigkeit der Gurte entsprechen. Siehe hierzu Pos. 4.2.A . In Achse 4 erfolgt der zugfeste Anschluß der Kopfrippen über Windrispen. (s. Nachweise Wandscheiben)

Nachweis der Schubtragfähigkeit

OSB/3. beidseitig t=		15,00 mm
Sondernägel III d =		2,50 mm
Sondernägel III l=		63,00 mm
$f_{h,k} =$	$65 \cdot d^{-0,7} \cdot t^{0,1}$	= 44,87 N/mm <sup>2</sup>
$M_{y,k} =$	$0,3 \cdot f_{h,k} \cdot d^{2,6}$	= 145,79 Nmm
$R_k =$	$0,8 \cdot \ddot{0} (2M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d)$	= 392,49 N/ Nagel und Scherfuge
$t_{req} =$	$7 \cdot d$	= 17,50 mm
$R_{k,1} =$	$t/t_{req} \cdot R_k$	= 336,42 N/ Nagel und Scherfuge

Erhöhen der der Tragfähigkeit um  $\Delta R_k$

$\varphi_k =$		600,00 kg/m <sup>3</sup>
$f_{1,k} =$	$50 \cdot 10^{-6} \cdot \varphi_k^2$	= 18,00 kg/m <sup>3</sup>
$f_{2,k} =$		8,00 mm
$l_{ef} = l - t =$	48,00 mm	
$R_{ax,k} =$	$\text{MIN}(f_{1,k} \cdot d \cdot l_{ef} ; f_{2,k} \cdot d^2)$	= 50,00 N
$\Delta R_k =$	$\text{MIN}(0,5 \cdot R_k ; 0,25 \cdot R_{ax,k})$	= 12,50 N
$R_k =$	$\Delta R_k + R_{k,1}$	= 348,92 N
$R_d =$	$2 \cdot R_k \cdot 0,9/1,1$	= 570,96 N
Gewählt $a_v =$		150,00 mm
$a_v \leq a_{v,max} = 150\text{mm}$ (8.5.2 (7))		
$k_{v1} =$		0,66
$k_{v2} =$		0,50
$f_{v,d} =$	$7,2 \cdot 0,9/1,3$	= 4,98 N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,0,d} =$	$\text{MIN}(k_{v1} \cdot R_d / a_v ; k_{v2} \cdot f_{v,d} \cdot t ; f_{v,d} \cdot 35 \cdot t^2 / a_v)$	= 2,51 N/mm
$s_{v,0,d} =$	$V_{d,max} / h_s$	= 2,30 kN/m
$s_{v,0,d} / f_{v,0,d}$		= <b>0,92 &lt; 1</b>

**gewählt:** beidseitig. OSB/3 t=15 mm; Nägel III, 2,5 x 63;  $a_v = 150$  mm

## Pos. 2.8 - Deckenscheibe über 1.OG

Bemessung der Deckenscheibe aus Lignatur LKE und oberseitig OSB

Die Deckenscheibe wird vereinfacht als rechteckförmige Scheibe angenommen, d.h. die Schrägstellung der Wand in Achse A` wird vernachlässigt.

Maßgebend für die Bemessung der Deckenscheiben ist der Lastfall Wind auf Traufe, da die als Einfeldträger angenommene Deckenscheibe hier die größte Spannweite bei gleichzeitig geringster Querschnittshöhe aufweist. Zusätzlich kann hier nicht die ganze Höhe der Deckenscheibe angenommen werden, da keine Verteilerrippen in Lastrichtung vorhanden sind (LKE spannt orthogonal zu Einwirkung)(s. DIN 8.5.3 (4))

Zusammenstellung der horizontalen Beanspruchung

Scheibenhöhe $h_s$ =			5,63 m
Scheibenhöhe $h_{s,max}$ =	12,4/4	=	3,10 m
Spannweite $l_s$ =			12,40 m
Beanspruchung infolge Imperfektion: $H_{k,4}/l_s$		=	0,44 kN/m
Windbeanspruchung $w_{y,4,k}$ =			2,02 kN/m
		<b>q<sub>y,k</sub> =</b>	<b><u>2,46 kN/m</u></b>

Deckenaufbau: 22 mm OSB/3  
240 mm Lignatur LKE 240 Silence  
Randrippen: Kopfrippe (min A= 80/90mm<sup>2</sup>)  
Gurte: Randunterzug in Achse 5 bzw. Unterzug in Achse 4

$M_{k,max}$ =	$2,46 \cdot 12,40^2 / 8$	=	47,28 kNm
$M_{d,max}$ =	$M_{k,max} \cdot 1,5$	=	70,92 kNm
$F_{t,d}$ =	$M_{d,max} / h_{s,max}$	=	22,88 kN
$V_{k,max}$ =	$2,46 \cdot 12,4 / 2$	=	15,25 kN
$V_{d,max}$ =	$V_{k,max} \cdot 1,5$	=	22,88 kN

Nachweis der Randrippen

Querschnitt: 51/90mm<sup>2</sup>, Kerto-S (=Kopfrippe der Wände)

$f_{t,0,d}$ =	$0,9 \cdot 38 / 1,3$	=	26,31 N/mm <sup>2</sup>
$s_{0,t,d}$ =	$V_{d,max} \cdot 10^3 / (51 \cdot 90)$	=	4,98 N/mm <sup>2</sup>
$s_{0,t,d} / f_{t,0,d}$		=	<b>0,19 &lt; 1,0</b>

Die Gurte der Scheibe sind in Achse 5 und 4 zweimal unterbrochen (Anschluß Unterzug an Stütze). Die Tragfähigkeit der Verbindung der Gurte muß dem 1,5 fachen Wert der Tragfähigkeit der Gurte entsprechen. Siehe hierzu Pos. 2.3.A

### Nachweis der Schubtragfähigkeit

OSB/3. einseitig t=		22,00 mm
Sondernägel III d =		2,50 mm
Sondernägel III l =		63,00 mm
$f_{h,k} =$	$65 \cdot d^{-0,7} \cdot t^{0,1}$	= 46,62 N/mm <sup>2</sup>
$M_{y,k} =$	$0,3 \cdot f_{h,k} \cdot d^{2,6}$	= 151,47 Nmm
$R_k =$	$0,8 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d}$	= 400,60 N/ Nagel und Scherfuge
$t_{req} =$	$7 \cdot d$	= 17,50 mm < 22 mm
$R_{k,1} =$	$R_k$	= 400,60 N/ Nagel und Scherfuge

### Erhöhen der der Tragfähigkeit

$\varphi_k =$		380,00 kg/m <sup>3</sup> ( DIN 12,8,1 (10))
$f_{1,k} =$	$50 \cdot 10^{-6} \cdot \varphi_k^2$	= 7,22 kg/m <sup>3</sup>
$f_{2,k} =$	$100 \cdot 10^{-6} \cdot \varphi_k^2$	= 14,44 kg/m <sup>3</sup>
$l_{ef} =$	$l - t$	= 41,00 mm
$R_{ax,k} =$	$\text{MIN}(f_{1,k} \cdot d \cdot l_{ef} ; f_{2,k} \cdot d^2)$	= 90,25 N
$\Delta R_k =$	$\text{MIN}(0,5 \cdot R_k ; 0,25 \cdot R_{ax,k})$	= 22,56 N
$R_k =$	$\Delta R_k + R_{k,1}$	= 423,16 N
$R_d =$	$(1 \cdot R_k \cdot 0,9/1,1) \cdot 1,2$	= 415,47 N

Bei allseitig schubsteif verbundenen Plattenrändern 20% Erhöhung möglich (10.6.(4))

Bei LKE-Element gewährleistet

Gewählt $a_v =$		100,00 mm
$k_{v1} =$		1,00
$k_{v2} =$		0,33
$f_{v,d} =$	$7,2 \cdot 0,9/1,3$	= 4,98 N/mm <sup>2</sup>
$f_{v,0,d} =$	$\text{MIN}(k_{v1} \cdot R_d / a_v ; k_{v2} \cdot f_{v,d} \cdot t ; f_{v,d} \cdot 35 \cdot t^2 / a_v)$	= 4,15 N/mm
$s_{v,0,d} =$	$V_{d,max} / h_s$	= 4,06 kN/m
$s_{v,0,d} / f_{v,0,d}$		= <b>0,98 &lt; 1</b>

**gewählt:** oberseitig. OSB/3 t=22 mm; Nägel III, 2,5 x 63;  $a_v = 100$  mm ringsum

Im Stoßbereich der Tafелеlemente auf den Unterzügen (Achse A und B) ist der Abstand der Verbindungsmittel  $\varepsilon_v$  bei **allen** Dach- und Deckenscheiben ebenfalls mit  $\varepsilon_v$  auszuführen.(auf der sicheren Seite liegend, da hier geringere Schubkräfte)