

Bock auf BSP?

Planen und Bauen mit Brettsper Holz von A - Z | Block 2

# ***Aussteifung von BSP-Bauwerken***

## **Grundsätze und wesentliche Zusammenhänge**

G. Flatscher, A. Ringhofer

SIHGA, Ohlsdorf bei Gmunden, 06. Februar 2025

---

# INHALT

- Grundlagen Gebäudeaussteifung
  - Grundsätze
  - Aussteifung mit Wandsystemen
- Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP
  - Modellbildung / Rechenansätze
  - Hinweise für die Praxis
- Erdbeben – Relevanz und Vergleich mit Windlasten

# INHALT

- Grundlagen Gebäudeaussteifung
  - Grundsätze
  - Aussteifung mit Wandsystemen
- Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP
  - Modellbildung / Rechenansätze
  - Hinweise für die Praxis
- Erdbeben – Relevanz und Vergleich mit Windlasten

# Grundlagen Gebäudeaussteifung

## Grundsätze für Aussteifungssysteme

- **ÖNORM EN/B 1995-1-1 | 9.2.5.1 (Verbände | Allgemeines)**
  - (1)P Tragwerke, die sonst nicht ausreichend steif sind, sind so auszusteifen, dass ein **Versagen oder übermäßige Verformungen** verhindert werden.
  - (2)P **Zusätzliche Beanspruchungen** aus geometrischen und strukturellen Imperfektionen sowie aus Verformungen nach Theorie II. Ordnung (einschließlich der Anteile aus Verschiebungen in Verbindungen) **sind zu berücksichtigen.**
  
- **OIB-Richtline 2 | 2.2.2 (Allgemeine Anforderungen)**
  - Die für die Standsicherheit von Wänden und Decken erforderlichen **aussteifenden und unterstützenden** Bauteile müssen im Brandfall über jenen Zeitraum hindurch **wirksam sein**, welcher der für diese Wände und Decken **geforderten Feuerwiderstandsdauer** entspricht.

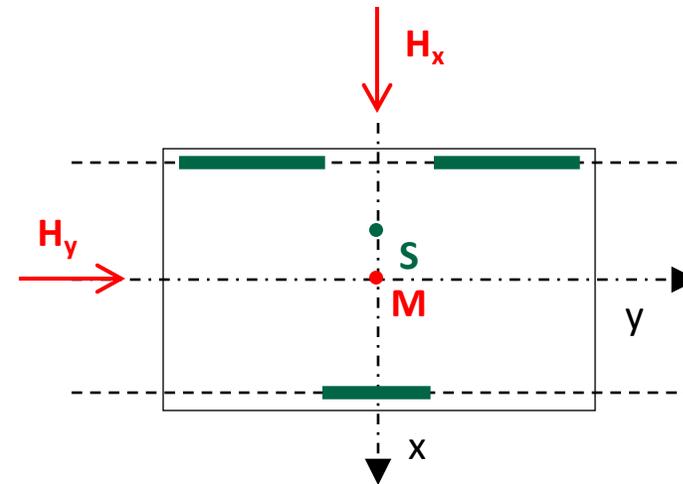
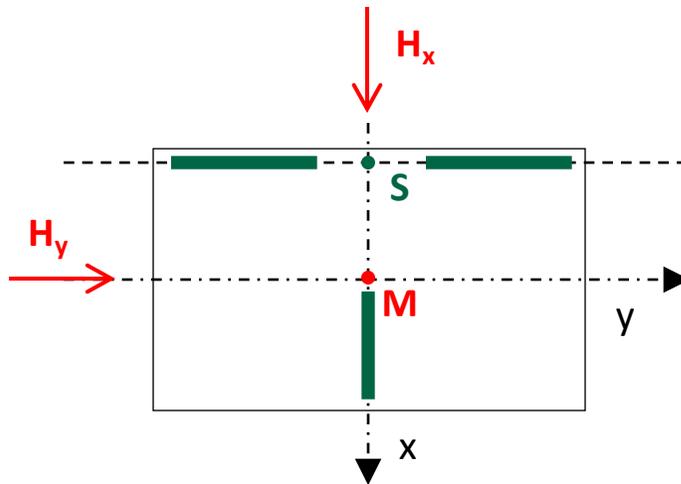
# Grundlagen Gebäudeaussteifung

## Grundsätze für Aussteifungssysteme

- Es müssen **min. drei lastabtragende** Wandscheiben im Grundriss vorhanden sein.
- Die Wirkungslinien der drei Wandscheiben dürfen sich **nicht in einem Punkt schneiden**.
- Es dürfen **höchstens zwei der drei Tragwände parallel** gerichtet sein.
- Die für die Gebäudeaussteifung berücksichtigten vertikalen Bauteile müssen durch eine **ausreichend steife Deckenscheibe** miteinander verbunden sein.
- Der Schubmittelpunkt des Aussteifungssystems (S) sollte **möglichst nahe** beim Gesamtschwerpunkt des Geschosses (M) liegen.
- Aussteifende Systeme sollten bei mehrgeschossigen Bauwerken **über die Höhe durchgehend** (ohne seitliche Versätze) ausgebildet werden.

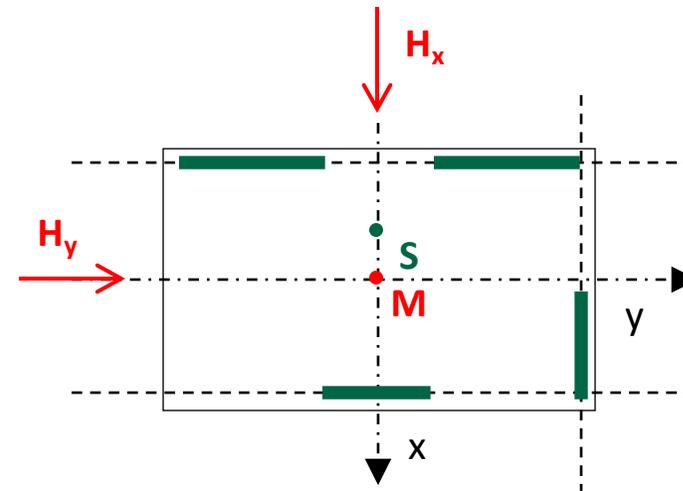
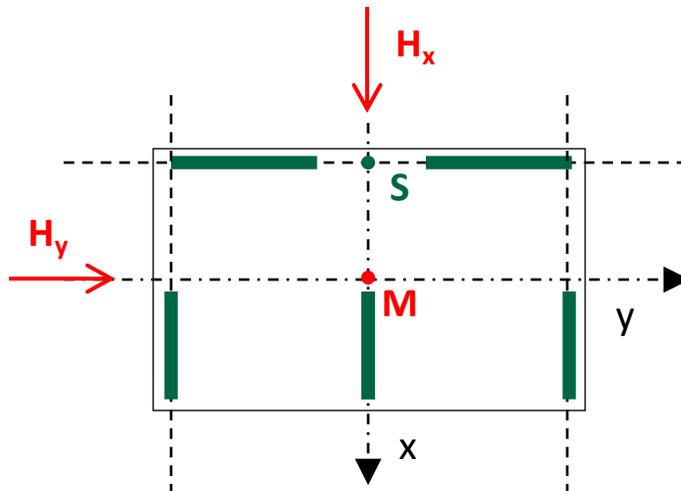
# Grundlagen Gebäudeaussteifung

## Beispiele für labile (=instabile) Systeme



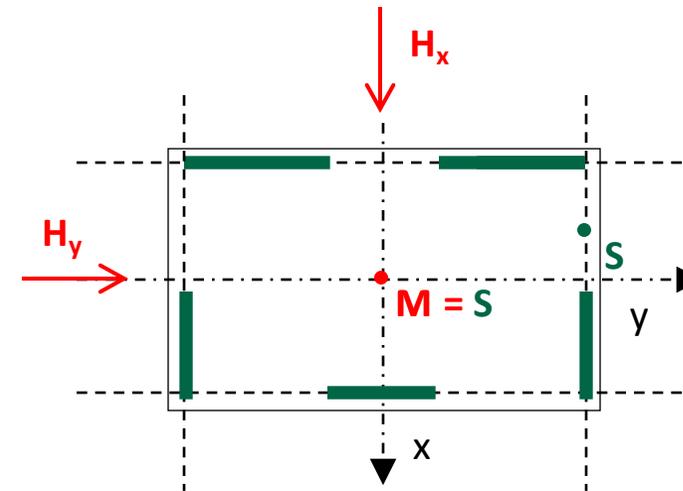
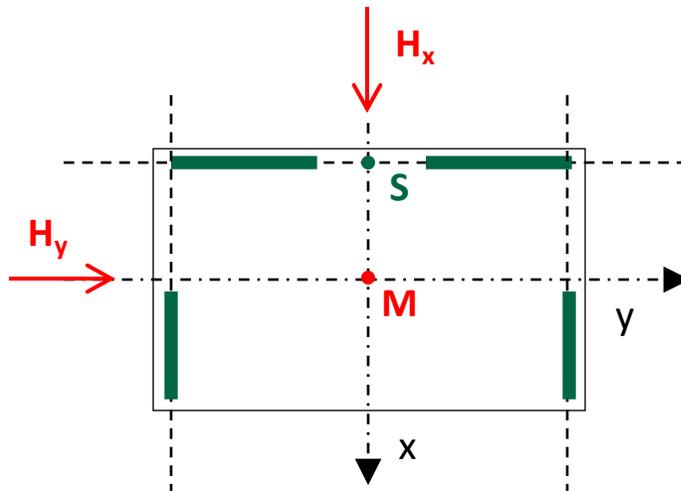
# Grundlagen Gebäudeaussteifung

## Beispiele für stabile Systeme



# Grundlagen Gebäudeaussteifung

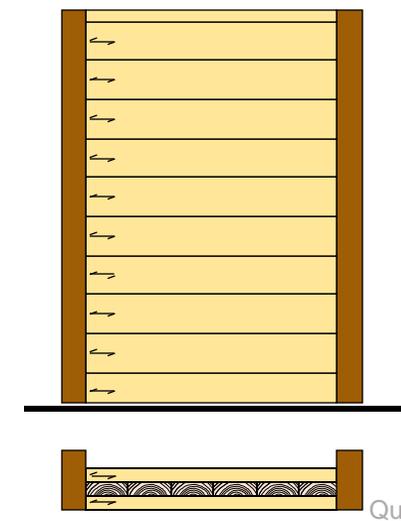
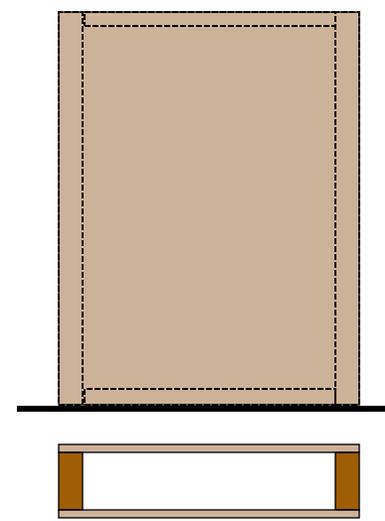
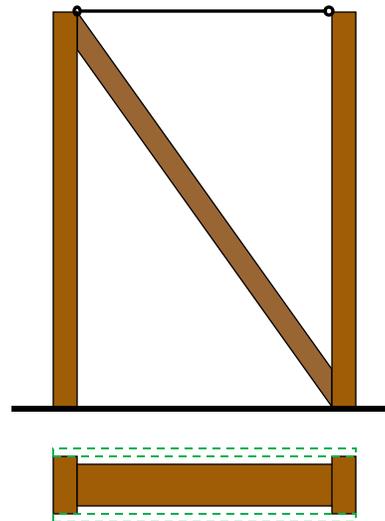
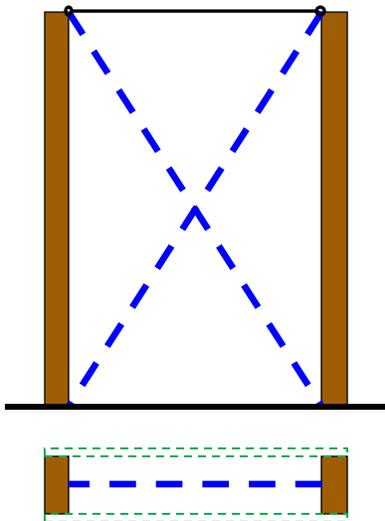
## Beispiele für stabile Systeme



# Grundlagen Gebäudeaussteifung

## Typische Lösungen im Holzbau

- Aufgelöste Wandscheiben mit
  - Zugverband
  - Druckstreben
  - tragender (aussteifender) Beplankung **(BRAND!)**
  - tragender (aussteifender) Ausfachung



Quelle: A. Ringhofer

# Grundlagen Gebäudeaussteifung

## Typische Lösungen im Holzbau

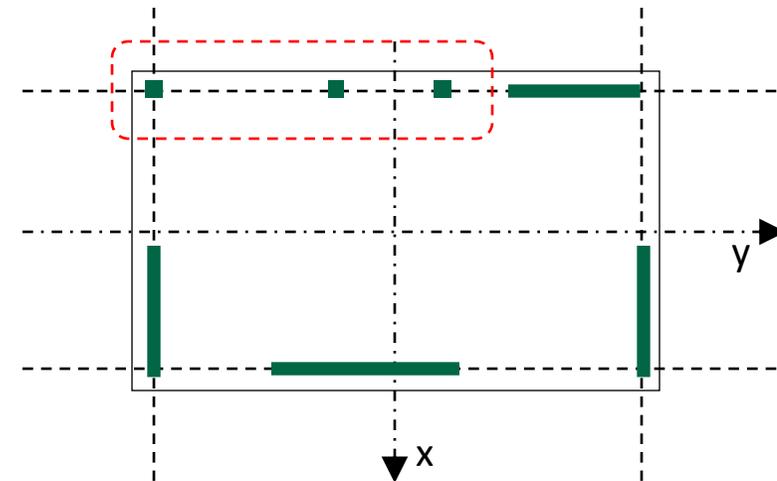
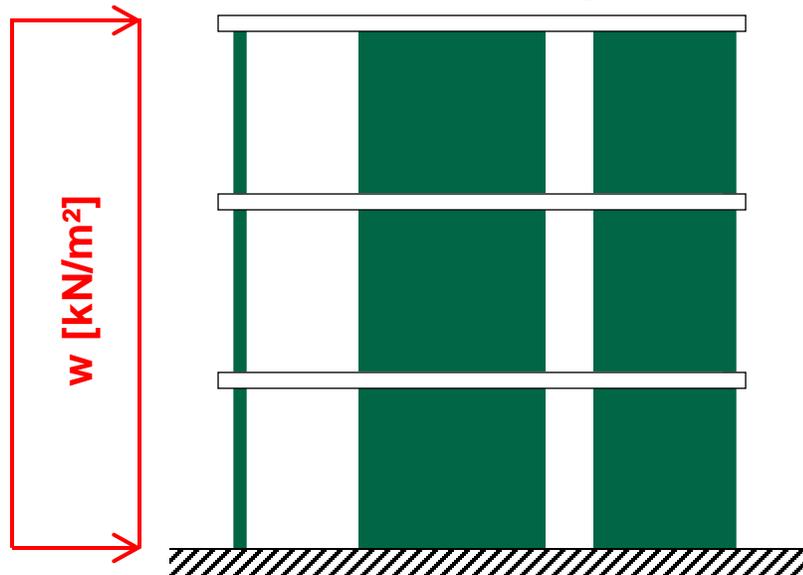
- Vollflächige Wandscheiben



# Grundlagen Gebäudeaussteifung

## Allgemeine Grundsätze und Annahmen für Systeme mit Wandscheiben

- horizontales Aussteifungssystem besteht aus in ihrer Ebene (quasi-)starrten Deckenplatten (horizontale Scheiben) und
- in ihrer Ebene lastabtragenden Wänden (Wandscheiben)
- weitere, vertikal lastabtragende, jedoch horizontal labile bzw. biegeeweiche Bauteile (Stützen) werden vernachlässigt

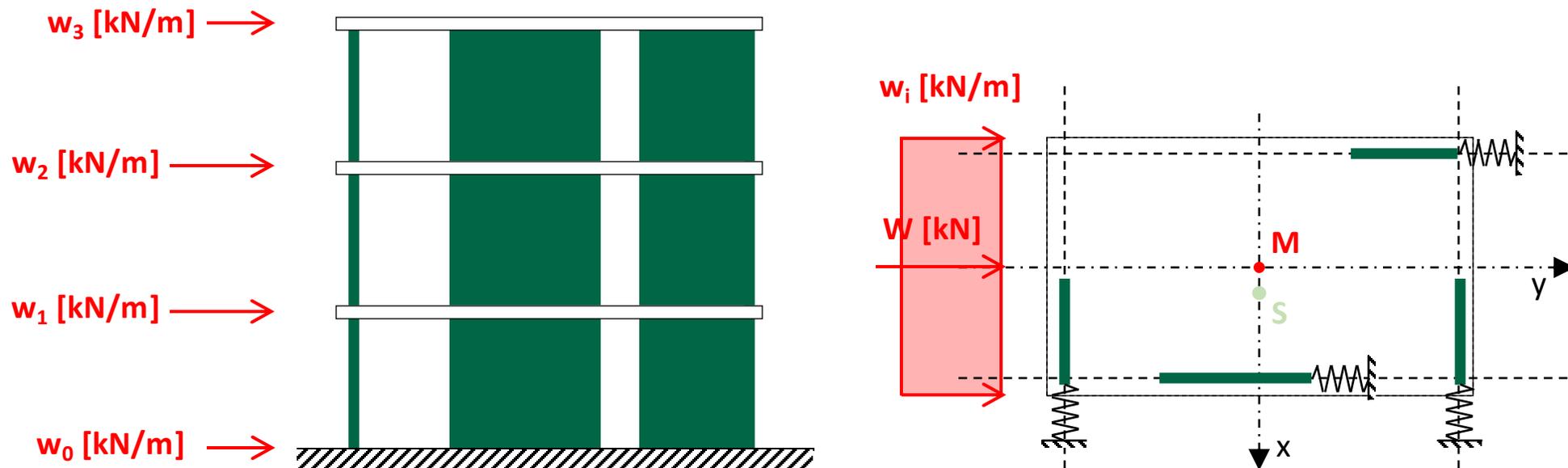


Quelle: A. Ringhofer

# Grundlagen Gebäudeaussteifung

## Allgemeine Grundsätze und Annahmen für Systeme mit Wandscheiben

- jeweilige Geschossdecke verteilt die horizontalen Kräfte auf die Tragwände
- Deckenscheibe erfährt Translation und Rotation (um Steifigkeitsmittelpunkt)
- einzelne Tragwände wirken dem wie Federn entgegen
- Federsteifigkeit entspricht der **Steifigkeit** der Tragwand in Achsrichtung



Quelle: A. Ringhofer

# Grundlagen Gebäudeaussteifung

## Bestimmung der Wandlasten – statisch **bestimmtes** Tragsystem

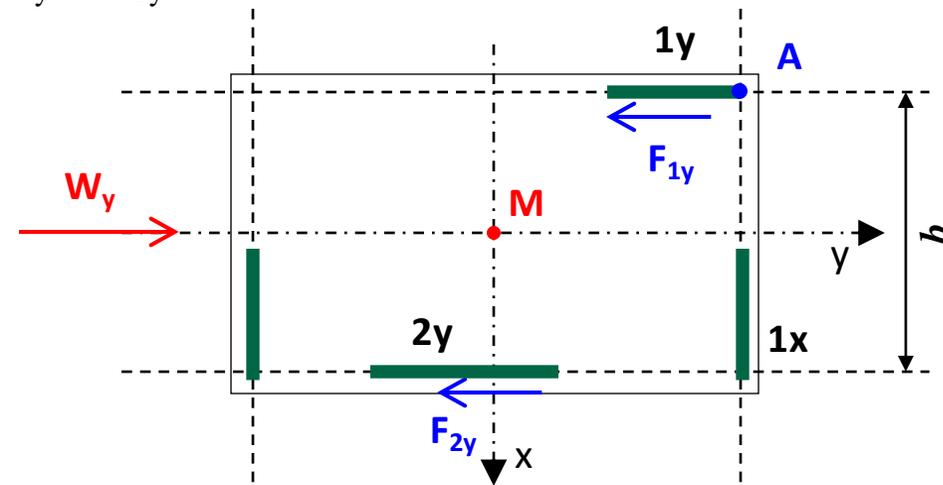
- Verteilung der Stockwerkquerkraft allein über die Gleichgewichtsbedingungen

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_{1x} = 0$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow W_y = F_{1y} + F_{2y} \rightarrow F_{2y} = W_y - F_{1y}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow W_y \cdot \frac{b}{2} = F_{2y} \cdot b$$

$$\rightarrow F_{2y} = \frac{W_y}{2} = F_{1y}$$



Quelle: A. Ringhofer

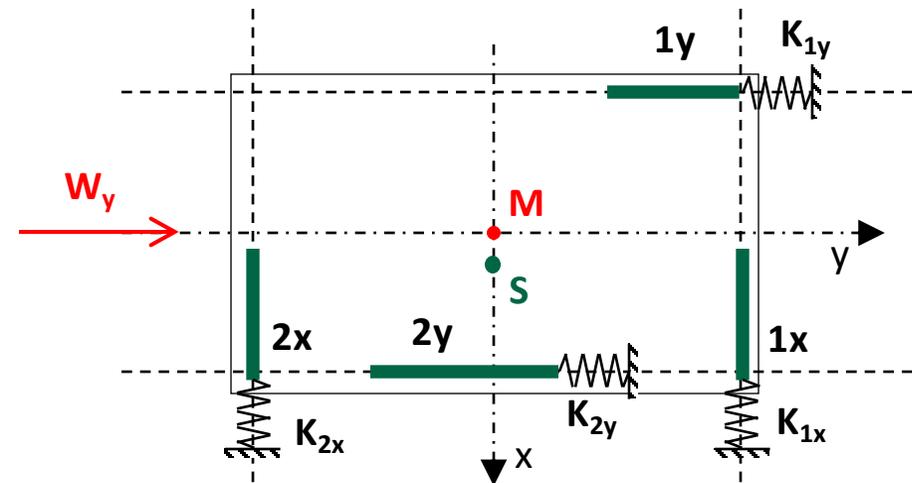
# Grundlagen Gebäudeaussteifung

## Bestimmung der Wandlasten – statisch **unbestimmtes** Tragsystem

- Schrittweises Vorgehen
  - Bestimmung des Steifigkeitsmittelpunktes S

$$x_s = \frac{\sum K_{y,i} \cdot x_i}{\sum K_{y,i}}$$

$$y_s = \frac{\sum K_{x,i} \cdot y_i}{\sum K_{x,i}}$$



Quelle: A. Ringhofer

# Grundlagen Gebäudeaussteifung

## Bestimmung der Wandlasten – statisch **unbestimmtes** Tragsystem

- Schrittweises Vorgehen

- Bestimmung des Steifigkeitsmittelpunktes S
- Verteilung der Stockwerkquerkraft in Abhängigkeit der Wandsteifigkeiten und ihrer Lage zum **Steifigkeitsmittelpunkt**

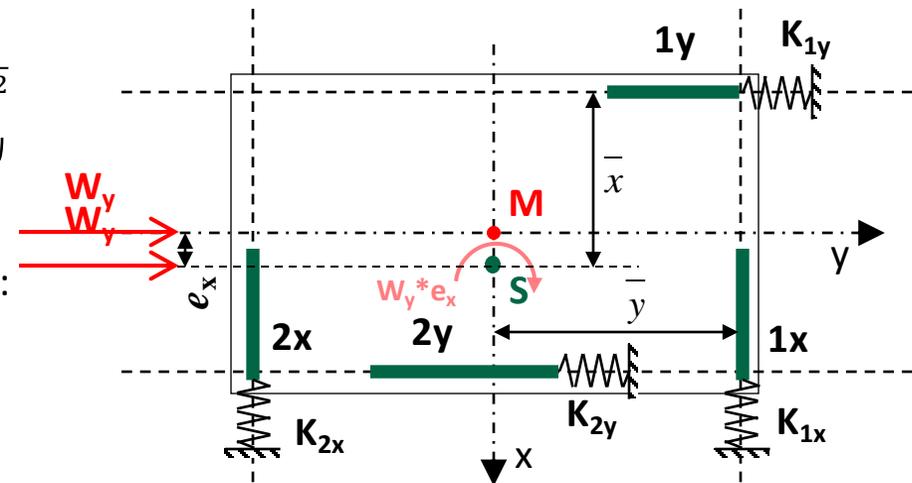
**Belastung in y-Richtung:**

Beanspruchung Wände in y-Richtung [1y, 2y]:

$$F_{y,k} = W_y \cdot \underbrace{\frac{K_{y,k}}{\sum K_{y,i}}}_{\text{Translation}} - W_y \cdot e_x \cdot \underbrace{\frac{K_{y,k} \cdot \bar{x}_k}{\sum K_{y,i} \cdot \bar{x}_i^2 + \sum K_{x,i} \cdot \bar{y}_i^2}}_{\text{Rotation}}$$

Beanspruchung Wände in x-Richtung [1x, 2x]:

$$F_{x,r} = W_y \cdot e_x \cdot \frac{K_{x,r} \cdot \bar{y}_r}{\sum K_{y,i} \cdot \bar{x}_i^2 + \sum K_{x,i} \cdot \bar{y}_i^2}$$



Quelle: A. Ringhofer

# Grundlagen Gebäudeaussteifung

## Bestimmung der Wandlasten – statisch **unbestimmtes** Tragsystem

### ▪ Schrittweises Vorgehen

- Bestimmung des Steifigkeitsmittelpunktes S
- Verteilung der Stockwerkquerkraft in Abhängigkeit der Wandsteifigkeiten und ihrer Lage zum **Steifigkeitsmittelpunkt**

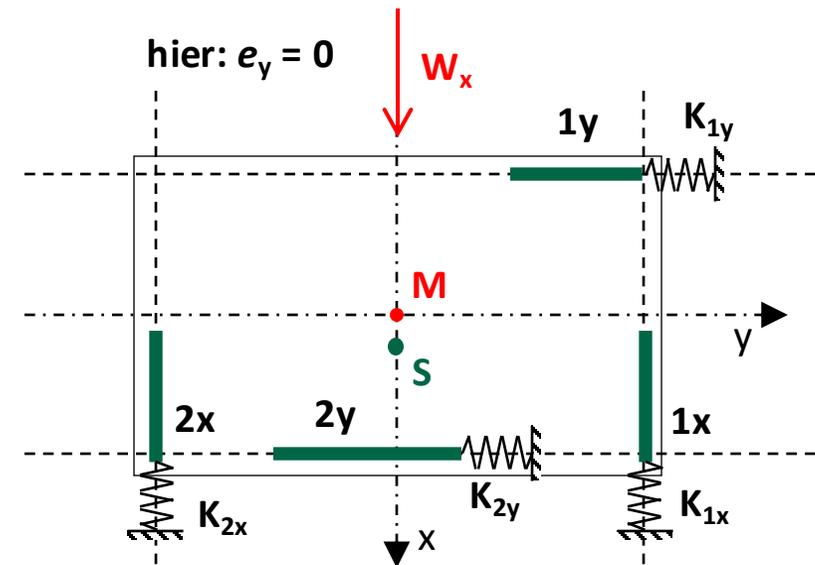
**Belastung in x-Richtung:**

Beanspruchung Wände in x-Richtung [1x, 2x]:

$$F_{x,r} = W_x \cdot \underbrace{\frac{K_{x,r}}{\sum K_{x,i}}}_{\text{Translation}} - W_x \cdot e_y \cdot \underbrace{\frac{K_{x,r} \cdot \bar{y}_r}{\sum K_{y,i} \cdot \bar{x}_i^2 + \sum K_{x,i} \cdot \bar{y}_i^2}}_{\text{Rotation}}$$

Beanspruchung Wände in y-Richtung [1y, 2y]:

$$F_{y,k} = W_x \cdot e_y \cdot \frac{K_{y,k} \cdot \bar{x}_k}{\sum K_{y,i} \cdot \bar{x}_i^2 + \sum K_{x,i} \cdot \bar{y}_i^2}$$



Quelle: A. Ringhofer

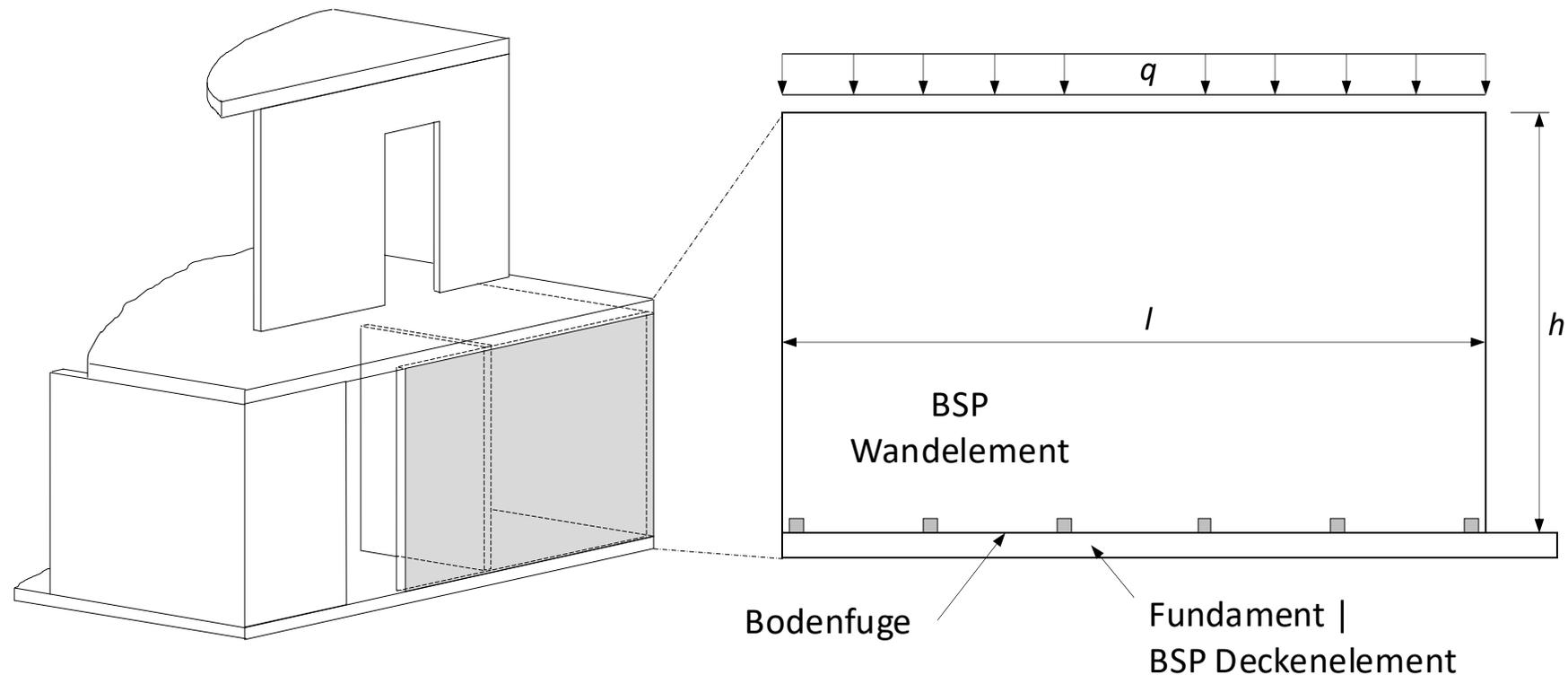
# INHALT

- Grundlagen Gebäudeaussteifung
  - Grundsätze
  - Aussteifung mit Wandsystemen
- Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP
  - Modellbildung / Rechenansätze
  - Hinweise für die Praxis
- Erdbeben – Relevanz und vergleich mit Windlasten

# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

## Modellbildung BSP-Wandscheiben – Allgemein

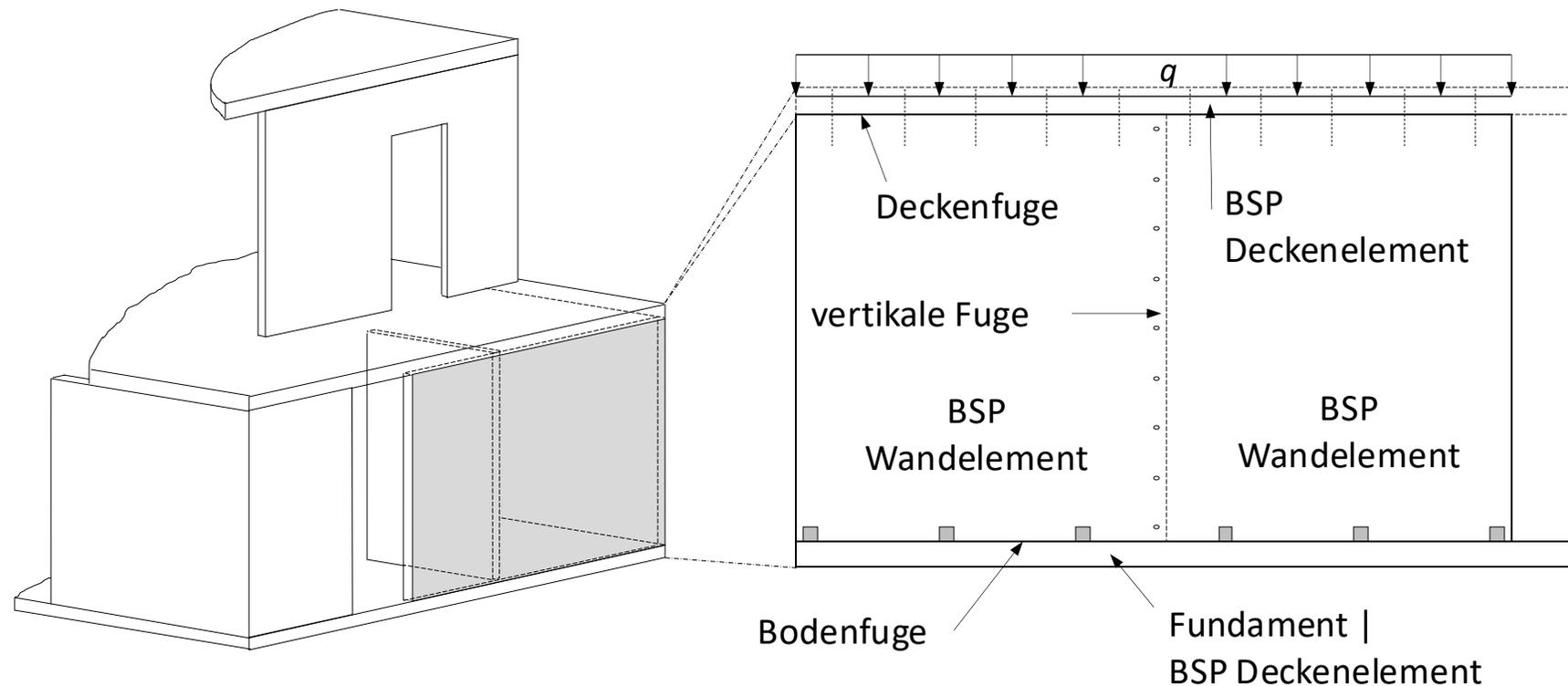
- Elemente eines BSP-Wandsystems



# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

## Modellbildung BSP-Wandscheiben – Allgemein

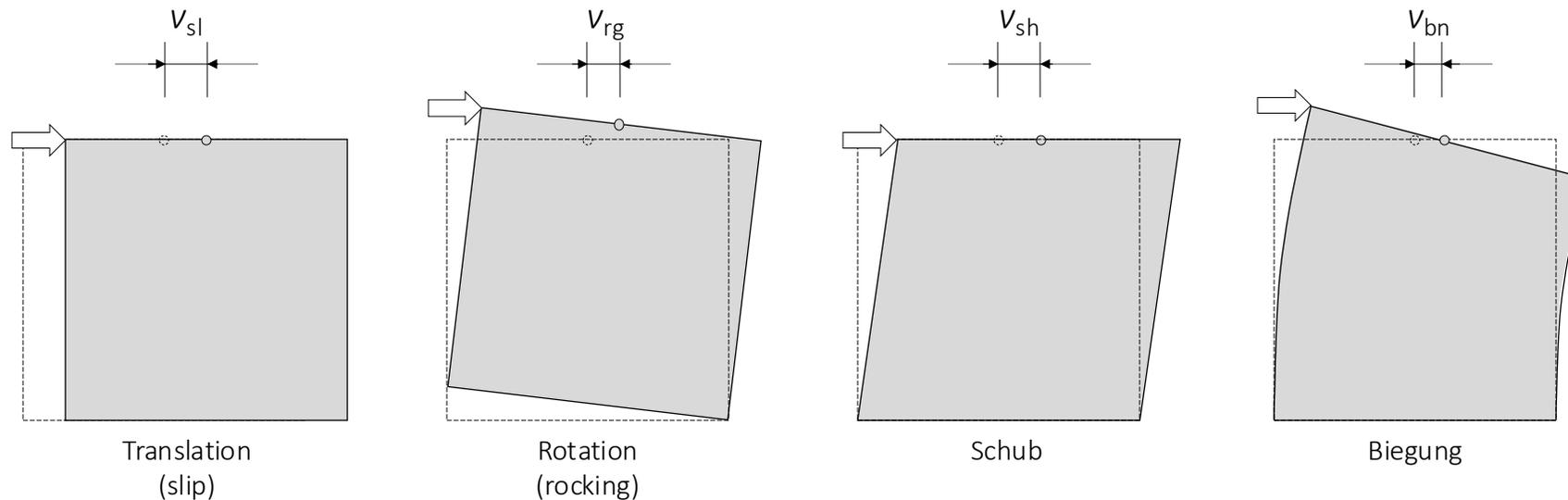
- Elemente eines BSP-Wandsystems



# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

## Modellbildung BSP-Wandscheiben – Allgemein

- Verformungsanteile bei horizontaler Beanspruchung



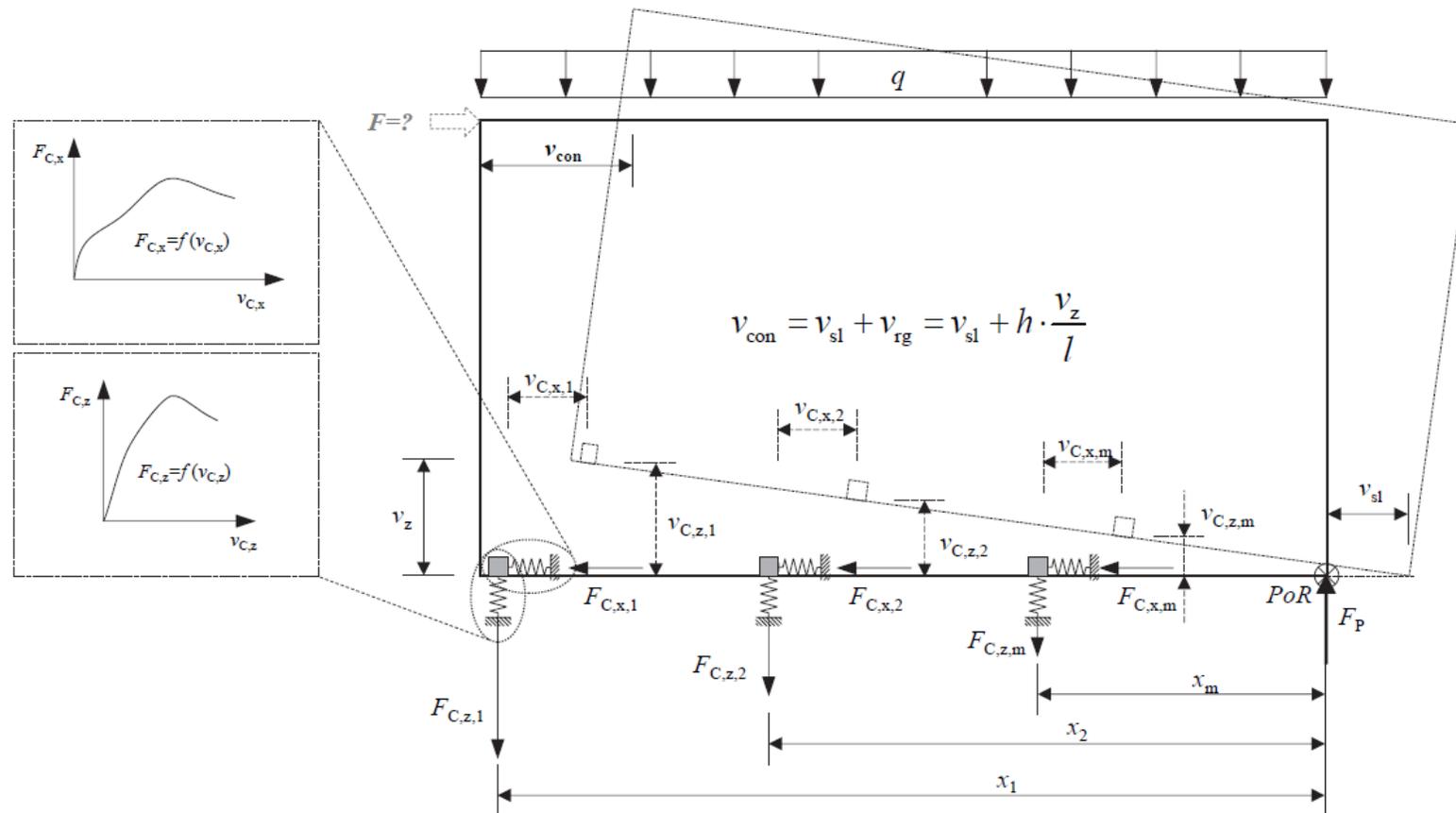
$$V_{\text{tot}} = \underbrace{V_{\text{sl}} + V_{\text{rg}}}_{V_{\text{con}} \sim 90\%} + \underbrace{V_{\text{sh}} + V_{\text{bn}}}_{V_{\text{BSP}} \sim 10\%}$$

→ primärer Fokus auf Verbindungen

**HINWEIS:** Bei vertikal hochbelasteten Wänden ist die absolute Verformung idR gering, der BSP-Verformungsanteil liegt dabei jedoch häufig über 10%.

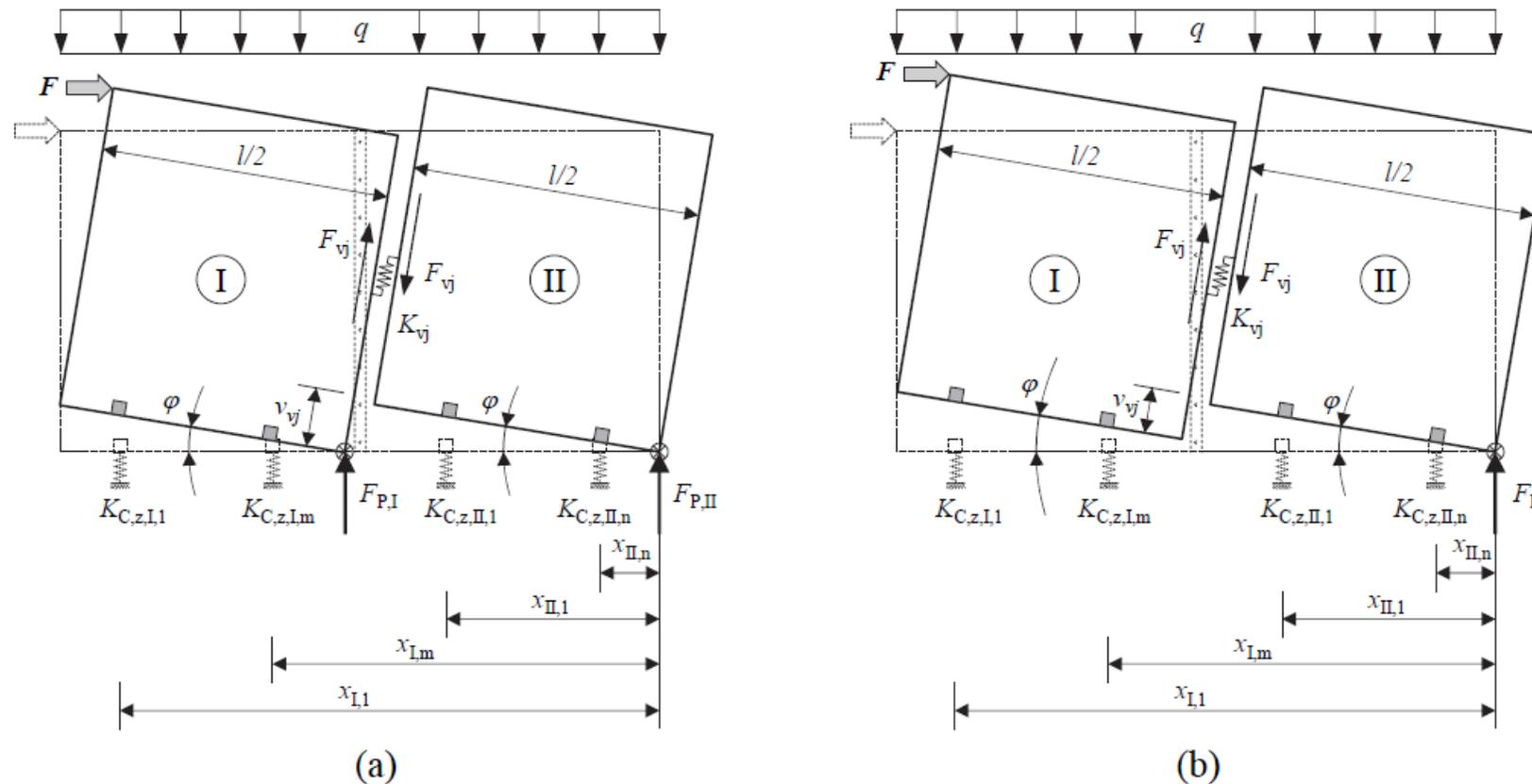
# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

## Modellbildung BSP-Wandscheiben – Steifigkeiten



# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

## Modellbildung BSP-Wandscheiben – Steifigkeiten



(a)

(b)

# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

## Modellbildung BSP-Wandscheiben – Steifigkeiten – Vereinfachungen

- Für Bauwerke, wo innerhalb von Geschossen für die Lastabtragung **ausschließlich einheitliche** Wandsysteme berücksichtigt werden (z.B. nur BSP-Wände oder nur Riegelwände), können für die Lastverteilung die folgenden baupraktischen Vereinfachungen (**relative Steifigkeiten**) genutzt werden:
    - Riegelwände:  $L^{1,0}$
    - BSP-Wände:  $L^{1,5}$
    - Betonbau:  $L^3$
- VORSICHT BEI MISCHSYSTEMEN!!!**
- Sofern Aussagen zu Verformungen erforderlich sind,  
**MÜSSEN DIE ABSOLUTWERTE DER STEIFIGKEITEN BERÜCKSICHTIGT WERDEN.**

# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

## Exkurs: Mischsysteme

maßgebende relative Steifigkeit	primär schubbeanspruchte Systeme	primär durch Verbindungsmittel bestimmte Systeme	primär normalkraftbeanspruchte Systeme	primär biegebeanspruchte Systeme
Beispiel	Holzrahmenbau	Brettsperrholz (Standardausführung)	Strebensysteme und Fachwerke	Stahlbetonwände
Ansatz der relativen Steifigkeit $K_{ser,i}$ abhängig von der Scheibenlänge $l_i$ [R]	$K_{ser,i} \sim l_i$	$K_{ser,i} \sim l_i^{1,5}$	$K_{ser,i} \sim l_i^2$	$K_{ser,i} \sim l_i^3$
Richtwert für das Verhältnis der absoluten Steifigkeiten der Systeme bezogen auf den Holzrahmenbau	$k_{rel} = 1$	$k_{rel} = 4 \text{ bis } 16$	k.A.	$k_{rel} \sim 100$
Für Mischsysteme mit Wänden in Holzrahmenbauweise und aus Brettsperrholz kann das Steifigkeitsverhältnis abgeschätzt werden zu:				
Ansatz der relativen Steifigkeit $K_{ser,i}$ abhängig von der Scheibenlänge $l_i$ [R]	$K_{ser,i} \sim 1,0 \left( \frac{l_i}{1,25} \right)$	$K_{ser,i} \sim k_{rel} \left( \frac{l_i}{1,25} \right)^{1,5}$		

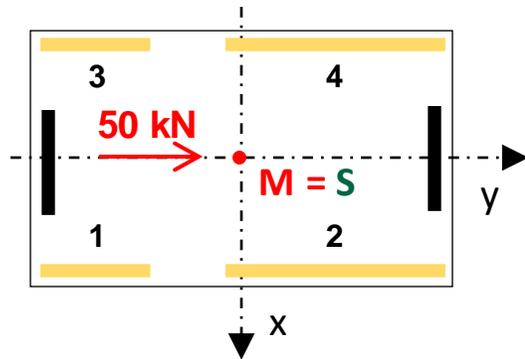
**Wenn vorhanden: Absolutwerte der Steifigkeiten verwenden!**

Quelle: IHBV – Holzbau\_Kompakt | Aussteifungssysteme im Holz-Hochbau (M. Wallner-Novak | P. Wörle)

# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

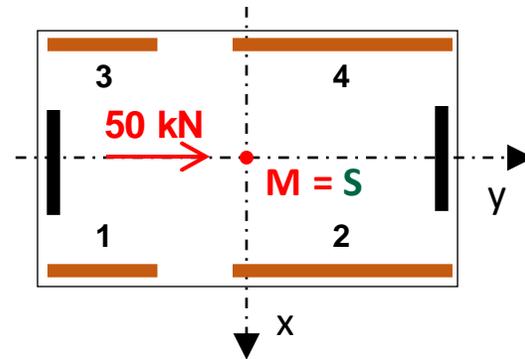
## Exkurs: Mischsysteme – ein Beispiel

Fall 1: nur Riegelwände



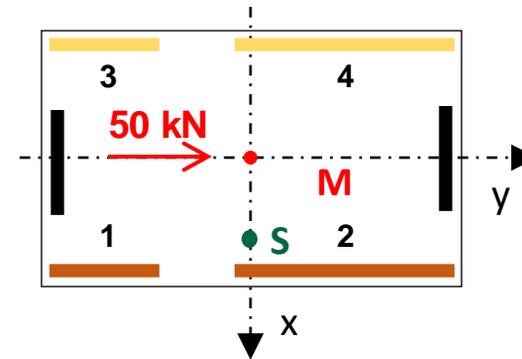
Nr.	L	Typ	$K_{ser,rel,i}$	$F_i$	$F_i$
[-]	[m]	[-]	[-]	[kN]	[kN/m]
1	2,0	Rie	2,00	8,33	4,17
2	4,0	Rie	4,00	16,67	4,17
3	2,0	Rie	2,00	8,33	4,17
4	4,0	Rie	4,00	16,67	4,17

Fall 2: nur BSP-Wände



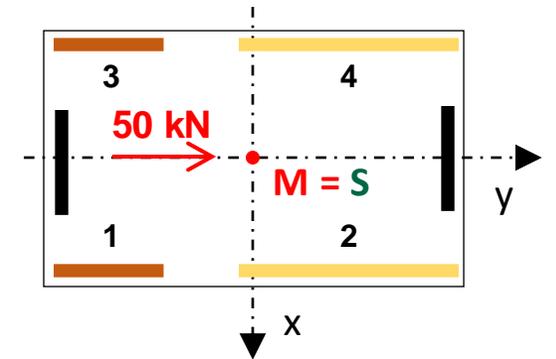
Nr.	L	Typ	$K_{ser,rel,i}$	$F_i$	$F_i$
[-]	[m]	[-]	[-]	[kN]	[kN/m]
1	2,0	BSP	2,83	6,53	3,27
2	4,0	BSP	8,00	18,47	4,62
3	2,0	BSP	2,83	6,53	3,27
4	4,0	BSP	8,00	18,47	4,62

Fall 3: BSP & Riegel A



Nr.	L	Typ	$K_{ser,rel,i}$	$F_i$	$F_i$
[-]	[m]	[-]	[-]	[kN]	[kN/m]
1	2,0	BSP	10,12	8,99	4,50
2	4,0	BSP	28,62	25,43	6,36
3	2,0	Rie	1,60	5,19	2,60
4	4,0	Rie	3,20	10,38	2,60

Fall 4: BSP & Riegel B



Nr.	L	Typ	$K_{ser,rel,i}$	$F_i$	$F_i$
[-]	[m]	[-]	[-]	[kN]	[kN/m]
1	2,0	BSP	10,12	18,99	<b>9,50</b>
2	4,0	Rie	3,20	6,01	1,50
3	2,0	BSP	10,12	18,99	<b>9,50</b>
4	4,0	Rie	3,20	6,01	1,50

$$K_{ser,rel,Rie-Rie} = L^{1,0}$$

$$K_{ser,rel,BSP-BSP} = L^{1,5}$$

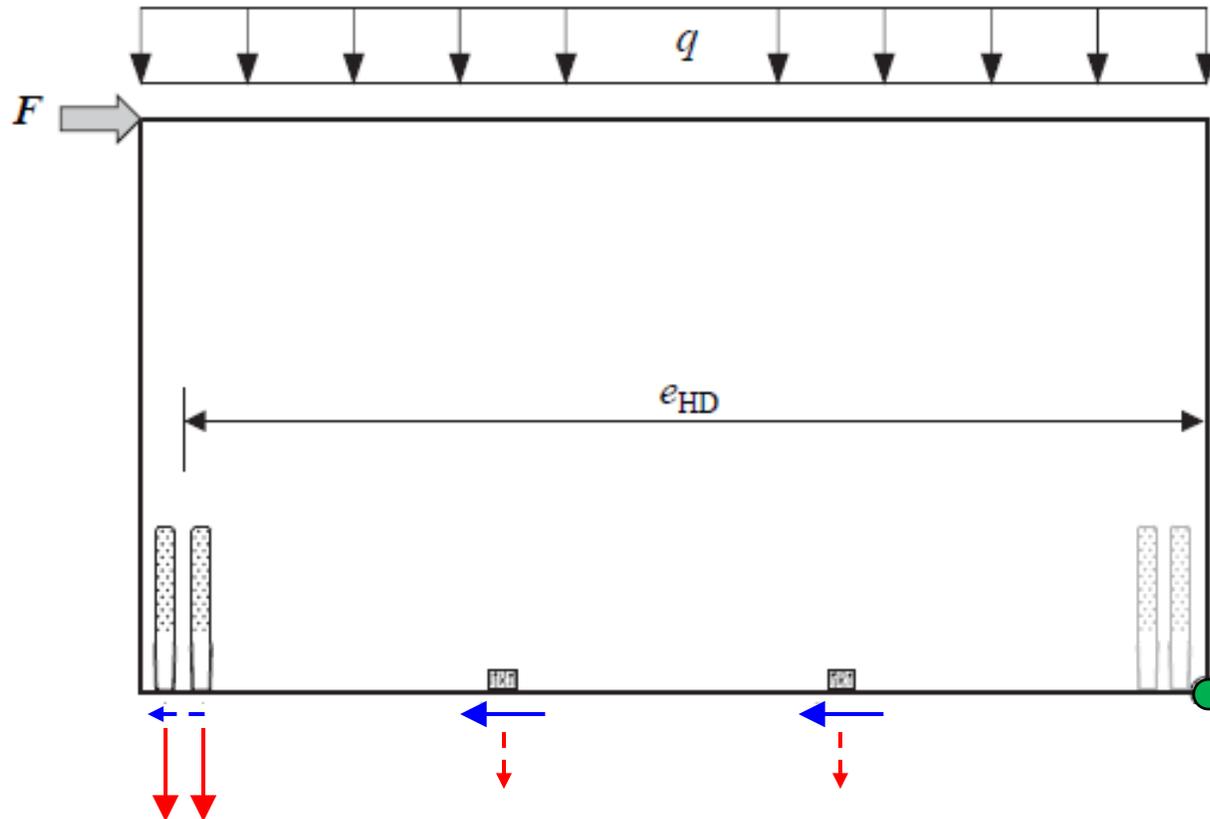
$$K_{ser,rel,Rie(BSP)} = \frac{L}{1,25}$$

$$K_{ser,rel,BSP(Rie)} = k_{rel} \cdot \left(\frac{L}{1,25}\right)^{1,25}$$

$$k_{rel} = 5,0 \text{ (Annahme für Beispiel)}$$

# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

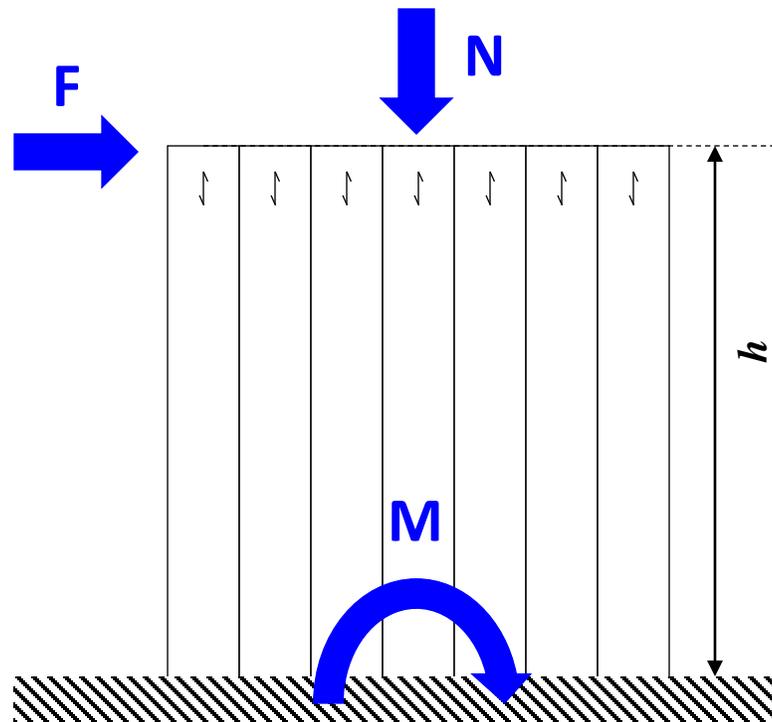
## Modellbildung BSP-Wandscheiben – Tragverhalten



# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

## Modellbildung BSP-Wandscheiben – Tragverhalten

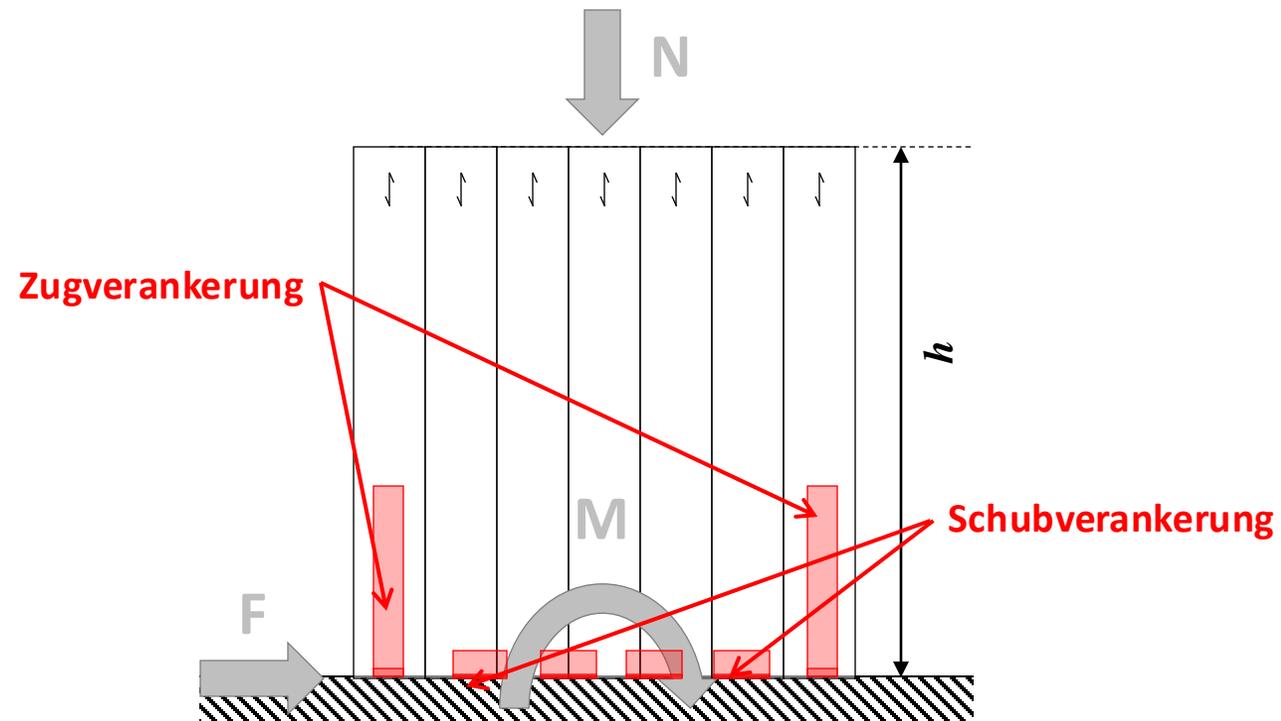
$$M = F \cdot h$$



# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

## Modellbildung BSP-Wandscheiben – Tragverhalten

$$M = F \cdot h$$



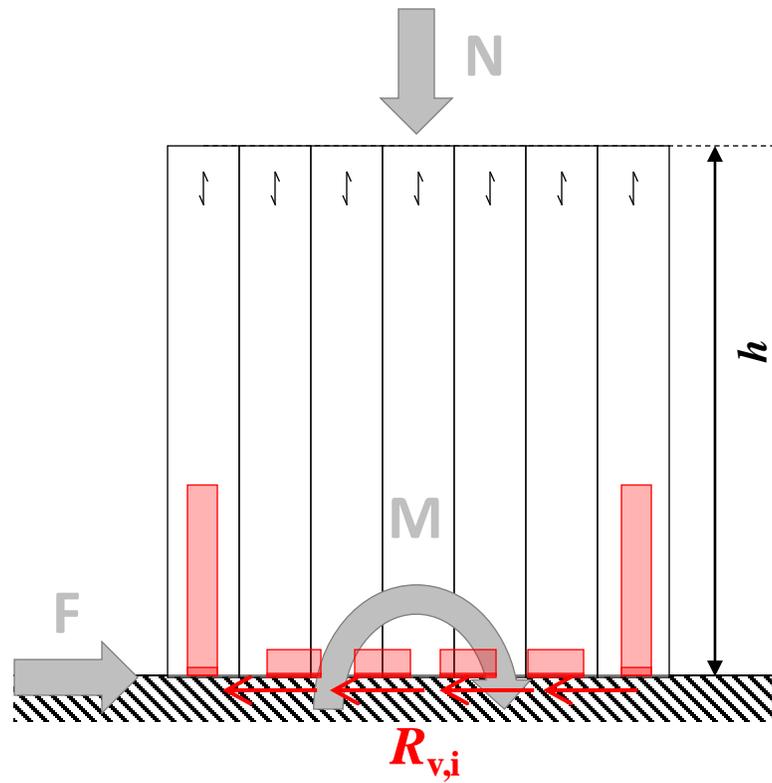
# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

## Modellbildung BSP-Wandscheiben – Tragverhalten

$$M = F \cdot h$$

➤ Fall I – „Schubversagen“ der Anschlussfuge

$$\frac{F}{n_{ef} \cdot R_{v,i}} \leq 1,00$$



# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

## Modellbildung BSP-Wandscheiben – Tragverhalten

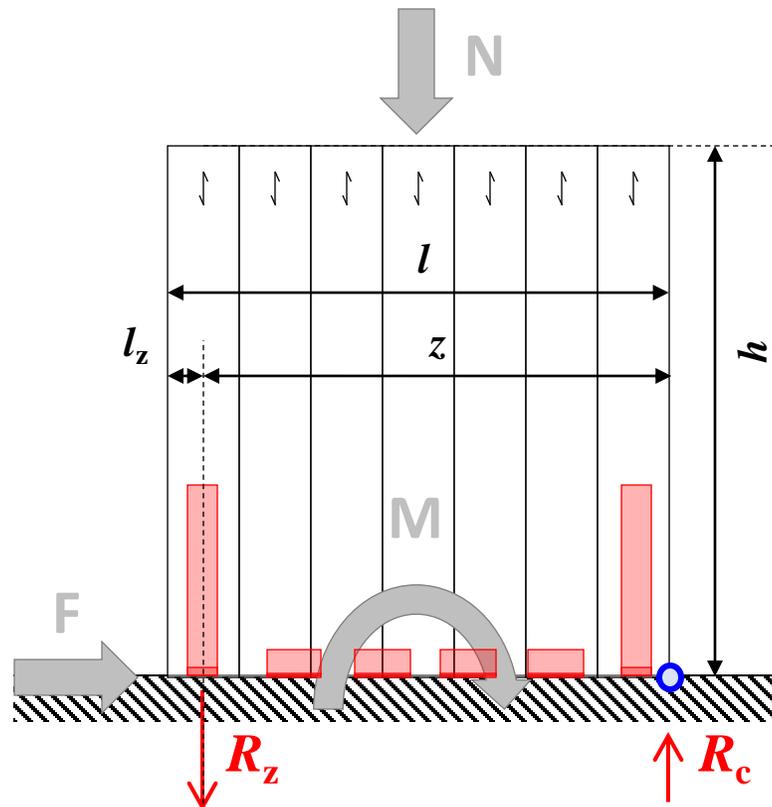
$$M = F \cdot h$$

- Fall I – „Schubversagen“ der Anschlussfuge

$$\frac{F}{n_{ef} \cdot R_{v,i}} \leq 1,00$$

- Fall II - „Biegeversagen“ der Anschlussfuge  
(hier: Anschluss Wand-Bodenplatte)

$$\frac{M}{M_R} \leq 1,00 \quad \left| \quad M_R = R_z \cdot z + N \cdot \left(\frac{l}{2}\right)\right.$$



# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

## Und in der Praxis?

- Ermittlung der **Wandlasten**
  - Einfache, selbsterstellte Exceltabellen

		nw,x							
		Lmax,x							
	Lx	yi	$Lxi^{1,5}$	$Lxi^{1,5} \cdot yi$	eyi	$Lxi^{1,5} \cdot eyi^2$	$\delta xi$	Wand X max	
Wx1	2,5	0	3,95	0,00	-4,89	94,71	1,02	41,33	
Wx2	2,5	0	3,95	0,00	-4,89	94,71	1,02	41,33	
Wx3	2	5,2	2,83	14,71	0,31	0,26	1,00	29,18	
Wx4	4	5,2	8,00	41,60	0,31	0,74	1,00	82,53	
Wx5	7	5,2	18,52	96,31	0,31	1,72	1,00	191,06	
Wx6	2	5,2	2,83	14,71	0,31	0,26	1,00	29,18	
Wx7	2	10	2,83	28,28	5,11	73,72	1,08	31,30	
Wx8	2	10	2,83	28,28	5,11	73,72	1,08	31,30	
<b>Summen</b>	<b>24,00</b>		<b>45,74</b>	<b>223,89</b>		<b>339,85</b>			

# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

## Und in der Praxis?

- Ermittlung der **Wandlasten**
  - Einfache, selbsterstellte Exceltabellen
  - Softwarelösungen (CLTdesigner o.ä.)

The screenshot displays the CLTdesigner software interface. It includes a main window with a floor plan diagram, a table of wall properties, and detailed force and moment data for each wall.

Nummer	Produzent	Querschnitt	Länge	$x_{ref}$	$y_{ref}$	$x_c$	$y_c$	$\phi$
1	KLH	100mm 3s DL	1,35 m	0,005 m	-0,05 m	0,68 m	0 m	0°
2	KLH	100mm 3s DL	2,15 m	2,055 m	-0,05 m	3,73 m	0 m	0°
3	KLH	100mm 3s DL	1,1 m	8 m	-0,05 m	8,55 m	0 m	0°
4	KLH	100mm 3s DL	1,05 m	12,305 m	-0,05 m	12,83 m	0 m	0°
5	KLH	100mm 3s DL	1 m	18,55 m	-0,05 m	17,05 m	0 m	0°
6	KLH	100mm 3s DL	3,4 m	0 m	3,25 m	1,7 m	3,3 m	0°

Wand	$F_x$	$F_y$	$F$	$\alpha_f$
1	2,75 kN	0,0 kN	2,75 kN	0°
2	5,527 kN	0,0 kN	5,527 kN	0°
3	2,023 kN	0,0 kN	2,023 kN	0°
4	1,886 kN	0,0 kN	1,886 kN	0°
5	1,753 kN	0,0 kN	1,753 kN	0°
6	10,501 kN	0,0 kN	10,501 kN	0°
7	9,793 kN	0,0 kN	9,793 kN	0°
8	9,786 kN	0,0 kN	9,786 kN	0°
9	5,584 kN	0,0 kN	5,584 kN	0°
10	5,108 kN	0,0 kN	5,108 kN	0°
11	5,159 kN	0,0 kN	5,159 kN	0°
12	8,614 kN	0,0 kN	8,614 kN	0°
13	9,125 kN	0,0 kN	9,125 kN	0°
14	7,414 kN	0,0 kN	7,414 kN	0°

# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

## Und in der Praxis?

- Nachweis der **Wandverbindungen**
  - Für einfache Systeme „per Hand“ bzw. über einfache, selbsterstellte Exceltabellen

Parameter	Wert	Einheit	Anmerkung
Wandlänge (L)	3,50	m	
Wandhöhe (H)	2,95	m	
Kraft in der Wand ( $F_d$ )	30,00	kN	
Auflast der Wand ( $q_d$ )	5,00	kN/m	vereinf. nur ständige Lasten
Anzahl der Schubwinkel (n)	4	Stück	
Höhe Lastangriff ( $H_{ef}$ )	-	m	bei mehreren Geschossen
Hebel Zuganker	3,15	m	vereinf. $0,9 \cdot L$

$F_{Winkel}$	7,5	kN	Beanspr. je Winkel
$F_{Zuganker}$	18,4	kN	Beanspr. Zuganker (gesamt)

$$F_{Winkel} = F_d / n$$

$$F_{Zuganker} = \frac{F_d \cdot H - q_d \cdot L^2 / 2}{\max(H; H_{ef})}$$

# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

## Und in der Praxis?

### ▪ Nachweis der Wandverbindungen

- Für einfache Systeme „per Hand“ bzw. über einfache, selbsterstellte Exceltabellen
- Für komplexere Systeme ... komplexere Exceltabellen

Wand	
Bezeichnung	VORLAGE
$E_{0,mean}$	11600 [N/mm <sup>2</sup> ]
$G_{0,mean}$	650 [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{c,0,k}$	21 [N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{c,90,k}$	2,5 [N/mm <sup>2</sup> ]
$k_{c,90}$	1,5 [-]
$\rho_m$	380 [kg/m <sup>3</sup> ]
$a$	80 [mm]
$n$	3 [-]
$t_1$	40 [mm]
$t_2$	20 [mm]
$t_3$	40 [mm]

$t_{clt}$	100 [mm]
$t_{max}$	40 [mm]
$t_{min}$	80 [mm]

\*für Biegung BSP

Verbindungen	
$k_{mod}$	1,00
$\gamma_{M5,verbindere}$	1,30
Typ	BSP/BSP
Anzahl Pos.	5
Verteilung	Gleichmäßig

Horizontallast $F_d$	26,00 [kN]
Linienlast $q_d$	5,00 [kN/m]
Länge	3,4 [m]
Höhe	2,85 [m]
Lastangriff	2,85 [m]
Reibbeiwert	0,00 [-]
Außenlagen	Vertikal [-]
Untergrund	Beton [-]

$f_{c,0,d}$	16,8 [N/mm <sup>2</sup> ]
$b_{eff}$	80 [mm]
$p_{5,k}$	0,53 [-]
$G^*$	274 [N/mm <sup>2</sup> ]

$O_{griff}$	1,00 [-]
$K_{clt,rot,eff}$	30,155 [kN/mm]
$K_{clt,druck,eff}$	32,655 [kN/mm]
$K_{clt,biege,eff}$	393,904 [kN/mm]

Randabstand äußerste Verbindung:  
7 [cm]

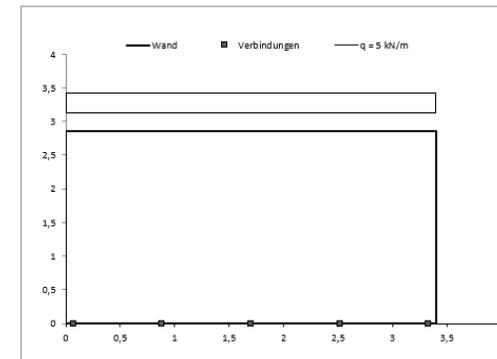
Öffnungen  Nein

$\gamma_{M5,ver}$   1,25

Einzeldruck

Einzeldruck für Serie

Verbindungen Zählen



Kontrolle Kraft	
Translation	26,0 [kN]
Rotation	26,0 [kN]

Rotationspunkt	
Druckkraft	30,85 [kN]
Presslänge	23 [mm]
Presslänge	0,68% [%/L]

Verformungen	
Translation	3,611 [mm]
Rotation	1,659 [mm]
BSP	0,862 [mm]
Gesamt	6,132 [mm]

Steifigkeiten mit BSP Verformung	
$K_{clt,Wand,ges}$	4 240 [kN/m]
$K_{clt,Wand,rel}$	1 247 [kN/m/m]
ohne BSP Verformung	
$K_{clt,Wand,ges}$	4 934 [kN/m]
$K_{clt,Wand,rel}$	1 451 [kN/m/m]

Anzahl nicht erfüllter Nachweise: 0

Position	Firma	Verbindung	Anordnung	$x_i$	$L-x_i$	$R_{d,x}$	$R_{d,z}$	$K_{c,x}$	$K_{c,z}$	$K_{c,z} \cdot (L-x)^2$	$F_{d,x}$	$F_{d,z}$
[-]	[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[kN]	[kN]	[N/mm]	[Nmm]	[Nmm]	[kN]	[kN]
V1	Rothoblaas	WHT340	Einseitig	0,070	3,330	0,0	29,69	0	7000	7,76E+10	0,00	13,57
V2	Simpson S-T	AE116 Holz-HolzS	Einseitig	0,885	2,515	8,9	0,00	2400	0	0,00E+00	8,67	0,00
V3	Simpson S-T	AE116 Holz-HolzS	Einseitig	1,700	1,700	8,9	0,00	2400	0	0,00E+00	8,67	0,00
V4	Simpson S-T	AE116 Holz-HolzS	Einseitig	2,515	0,885	8,9	0,00	2400	0	0,00E+00	8,67	0,00
V5	Rothoblaas	WHT340	Einseitig	3,330	0,070	0,0	29,69	0	7000	3,43E+07	0,00	0,29

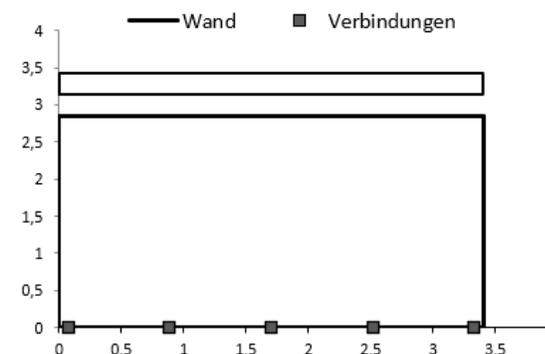
Nachweise			
$\eta_x$	$\eta_z$	$\eta_{comb,Quadr.}$	$\eta_{comb,Linear}$
[-]	[-]	[-]	[-]
-	0,46	-	-
0,97	-	-	-
0,97	-	-	-
0,97	-	-	-
-	0,01	-	-

# Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP

## Und in der Praxis?

- Nachweis der **Wandverbindungen**
  - Für einfache Systeme „per Hand“ bzw. über einfache, selbsterstellte Exceltabellen
  - Für komplexere Systeme ... komplexere Exceltabellen

Beanspruchung (lt. Statik)	$F_d =$	26,00	[kN]
	$q_d =$	5,00	[kN/m]
Wandelement	BSP		
	$L =$	3,400	[m]
	$H =$	2,850	[m]



Verformungen				Wandsteifigkeiten mit BSP		Wandsteifigkeiten nur Verb.	
$v_{sl}$	$v_{rg}$	$v_{CLT}$	$v_{ges}$	$K_{eff,Wand,ges}$	$K_{eff,Wand,rel}$	$K_{eff,Wand,ges}$	$K_{eff,Wand,rel}$
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kN/m]	[kN/m/m]	[kN/m]	[kN/m/m]
3,61	1,66	0,86	6,13	4 240	1 247	4 934	1 451

# INHALT

- Grundlagen Gebäudeaussteifung
  - Grundsätze
  - Aussteifung mit Wandsystemen
- Gebäudeaussteifung im Holzbau – Fokus BSP
  - Modellbildung / Rechenansätze
  - Hinweise für die Praxis
- Erdbeben – Relevanz und Vergleich mit Windlasten

# Erdbeben – Relevanz und Vergleich mit Windlasten

## Erdbeben - Allgemein

- Erdbebenlasten – primäre Einflüsse:
  - Referenzbodenbeschleunigung (abhängig vom Standort)
  - Bodenklasse bzw. -beschaffenheit (Klasse A-E → Faktor 1,0 - 1,4)
  - Bedeutungskategorie (I-IV → Faktor 0,8 - 1,2)

Bedeutungs-kategorie	Bauwerke
I	Bauwerke von geringer Bedeutung für die öffentliche Sicherheit, z. B. landwirtschaftliche Bauten usw.
II	Gewöhnliche Bauwerke, die nicht unter die anderen Kategorien fallen
III	Bauwerke, deren Widerstand gegen Erdbeben wichtig ist im Hinblick auf die mit einem Einsturz verbundenen Folgen, z. B. Schulen, Versammlungsräume, kulturelle Einrichtungen usw.
IV	Bauwerke, deren Unversehrtheit während Erdbeben von höchster Wichtigkeit für den Schutz der Bevölkerung ist, z. B. Krankenhäuser, Feuerwachen, Kraftwerke usw.

Quelle: ON EN 1998-1:2013

# Erdbeben – Relevanz und Vergleich mit Windlasten

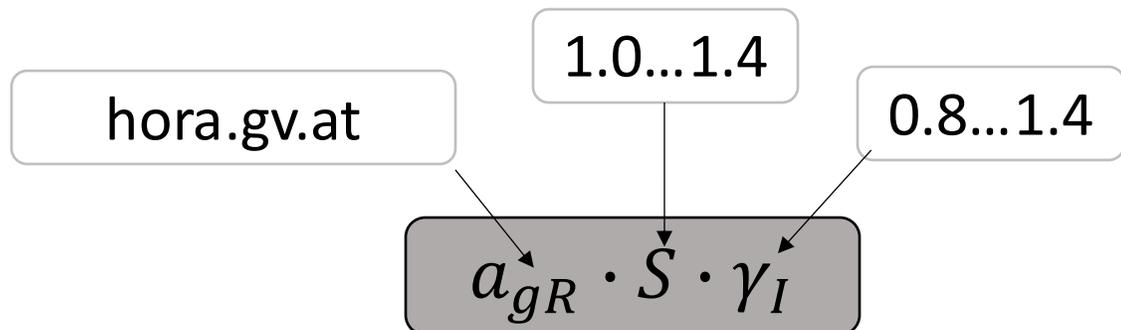
## Erdbeben - Allgemein

- Erdbebenlasten – primäre Einflüsse:
  - Referenzbodenbeschleunigung (abhängig vom Standort)
  - Bodenklasse bzw. -beschaffenheit (Klasse A-E → Faktor 1,0 - 1,4)
  - Bedeutungskategorie (I-IV → Faktor 0,8 - 1,2)
- Erdbebenlasten – sekundäre Einflüsse:
  - Bauweise (Masse/Duktilität)
  - Geometrie → **Regelmäßigkeitskriterien!**
- **Seismizität**
  - **sehr gering → idR kein Erdbebennachweis erforderlich**
  - **gering → vereinfachte Nachweise möglich (für HB in Ausarbeitung)**
  - „normal“ → volle Berücksichtigung

# Erdbeben – Relevanz und Vergleich mit Windlasten

## Erdbeben in Österreich?

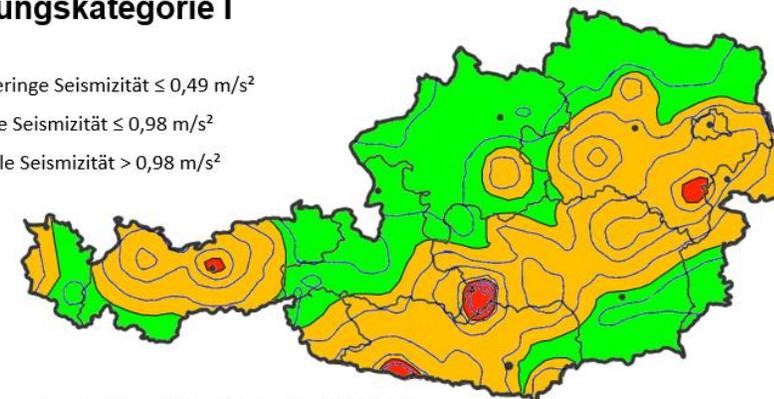
- Bestimmung der Seismizität



Ergebnis  $\leq 0,49\text{m/s}^2$  → sehr geringe Seismizität  
 Ergebnis  $\leq 0,98\text{m/s}^2$  → geringe Seismizität

### Seismizität Bedeutungskategorie I

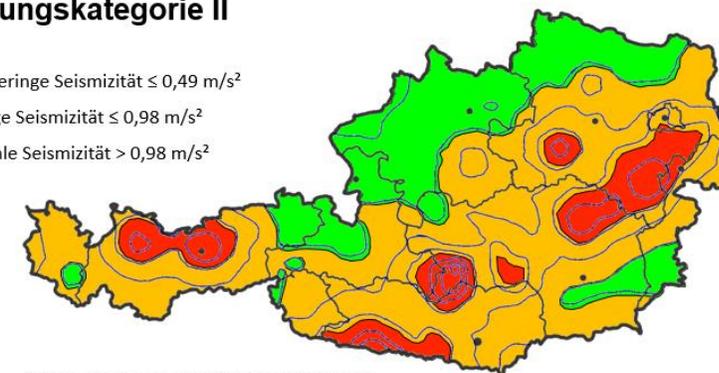
- Sehr geringe Seismizität  $\leq 0,49 \text{ m/s}^2$
- Geringe Seismizität  $\leq 0,98 \text{ m/s}^2$
- Normale Seismizität  $> 0,98 \text{ m/s}^2$



Bemessungsbeschleunigungen mit Zahlen  
 Bodenklasse B → Bodenparameter 1,2  
 Bedeutungskategorie I → Beiwert  $\gamma_I = 0,8$

### Seismizität Bedeutungskategorie II

- Sehr geringe Seismizität  $\leq 0,49 \text{ m/s}^2$
- Geringe Seismizität  $\leq 0,98 \text{ m/s}^2$
- Normale Seismizität  $> 0,98 \text{ m/s}^2$



Bemessungsbeschleunigungen mit Zahlen  
 Bodenklasse B → Bodenparameter 1,2  
 Bedeutungskategorie II → Beiwert  $\gamma_I = 1,0$

# Erdbeben – Relevanz und Vergleich mit Windlasten

## Wind vs. Erdbeben

- Vergleich Erdbebenlast | Windlast

Bezeichnung	Erdbeben		Wind	
	x	y	x	y
Basiswert $F_{ba}$ [char.]	100	100	50	75

$$F_{Vgl} = \frac{F_{Ba} \cdot \gamma_{A,Q} \cdot \gamma_M}{k_{mod}}$$

# Erdbeben – Relevanz und Vergleich mit Windlasten

## Wind vs. Erdbeben

- Vergleich Erdbebenlast | Windlast

Bezeichnung	Erdbeben		Wind	
	x	y	x	y
Basiswert $F_{ba [char.]}$	100	100	50	75
$\gamma_A / \gamma_Q$	1,0		1,5	
$k_{mod}$	1,1		1,0	
$\gamma_M$	1,0		1,3	

$$F_{Vgl} = \frac{F_{Ba} \cdot \gamma_{A,Q} \cdot \gamma_M}{k_{mod}}$$

# Erdbeben – Relevanz und vergleich mit Windlasten

## Wind vs. Erdbeben

- Vergleich Erdbebenlast | Windlast

Bezeichnung	Erdbeben		Wind	
	x	y	x	y
Basiswert $F_{ba}$ [char.]	100	100	50	75
$\gamma_A / \gamma_Q$	1,0		1,5	
$k_{mod}$	1,1		1,0	
$\gamma_M$	1,0		1,3	
Vergleichswert $F_{Vgl}$	91	91	98	146

$$F_{Vgl} = \frac{F_{Ba} \cdot \gamma_{A,Q} \cdot \gamma_M}{k_{mod}}$$

### Faustregel

Erdbebenlast < 2 \* char. Windlast → Wind für **Holzbau** idR maßgebend

Bock auf BSP?

Planen und Bauen mit Brettsperrholz von A - Z | Block 2

# ***Aussteifung von BSP-Bauwerken***

## **Grundsätze und wesentliche Zusammenhänge**

G. Flatscher, A. Ringhofer

SIHGA, Ohlsdorf bei Gmunden, 06. Februar 2025

### ***Kontakt***

DI Dr.techn. Andreas Ringhofer  
[a.ringhofer@freiraum.engineering](mailto:a.ringhofer@freiraum.engineering)

DI Dr.techn. Georg Flatscher  
[g.flatscher@freiraum.engineering](mailto:g.flatscher@freiraum.engineering)