

1. Grundlagen und Hintergründe der 70%-Regel

a. DIN 1052

Schon in den Normen DIN 1052 von 2004-08, von 2008-12 und deren Berichtigung von 2010-05 wurde im Kapitel „8.3 Zeitabhängige Verformungen“, Abschnitt (3) auf druckbeanspruchte Bauteile in Nutzungsklasse 2 und 3 eingegangen. Wenn der Bemessungswert des ständigen und quasi-ständigen Lastanteils (ergänzt in DIN 1052 Ber 1:2010-05) 70% der Gesamtlast überschreitet, dann muss der Einfluss des Kriechens berücksichtigt werden. Dies kann durch Abminderung der Steifigkeit mit dem Faktor $1/(1+k_{def})$ erfolgen. In den Erläuterungen zur DIN1052:2004-08 heißt es: *„Beim Nachweis nach dem Ersatzstabverfahren ist der charakteristische 5%-Quantilwert ... der Steifigkeitskennwerte entsprechend abzumindern. Dies gilt für die Stabilitätsnachweise Knicken und Kippen.“*

b. Nationaler Anhang EC5 für Deutschland und Österreich

Im NA des EC5 findet man die zu DIN 1052 analoge 70%-Regelung im Kapitel NCI NA.5.9 „Zeitabhängiges Verhalten von Druckstützen mit großen Lastanteilen der KLED „ständig“. Obwohl nur auf „Druckstützen“ Bezug genommen wird, sind auch die entsprechenden Elemente eines Fachwerkbinders betroffen. Eine Auslegungsanfrage der Firma MiTek an das DIN hat bestätigt, dass diese Vorgehensweise bei allen druckbelasteten Bauteilen erfolgen muss.

Es werden, wie nachfolgend unter 2.a gezeigt, die Bemessungswerte der Lasten gegenüber gestellt und das Verhältnis ermittelt.

2. Umsetzung in Version 2016 nach EuroCode 5 (EC.DE)

a. Feststellung des Verhältnisses der Bemessungslasten

Es wird das Verhältnis der ständigen + quasi-ständigen Last zur der Bemessungsgesamtlast aus den Auflagerreaktionen ermittelt.

Bemessungswert des ständigen und des quasi-ständigen Lastanteils

Bemessungswert der **Gesamtlast**

In Parameter- und Einwirkungsschreibweise kann dies wie folgt ausgedrückt werden:

$$\frac{\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot E_{Gk,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot E_{Qk,i}}{\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot E_{Gk,j} + \gamma_{Q,1} \cdot E_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot E_{Qk,i}} =$$
$$= \frac{1,35 \cdot E_{Gk,j} + 1,5 \cdot \psi_{2,1} \cdot E_{Qk,1} + 1,5 \cdot \psi_{2,i} \cdot E_{Qk,i} + \dots}{1,35 \cdot E_{Gk,j} + 1,5 \cdot E_{Qk,1} + 1,5 \cdot \psi_{0,i} \cdot E_{Qk,i} + \dots}$$

Für die **Gesamtlast** wird die maximale Belastung aus den für die Binderbemessung betrachteten Lastkombinationen herangezogen. Dabei bleiben alle Lastkombinationen mit Windbelastung unberücksichtigt und werden somit nicht mit zugrunde gelegt.

Der quasi-ständige Lastanteil setzt sich aus dem Produkt der jeweiligen veränderlichen Bemessungseinwirkung ($\gamma_{Q,i} \cdot E_{Qk,i}$) und dem zugehörigen Kombinationsbeiwert $\psi_{2,i}$ zusammen. Der ψ_2 -Wert beträgt für Schneelasten bis NN + 1000m sowie für Windlasten 0. Diese Lasten bleiben somit bei der Ermittlung des quasi-ständigen Lastanteils unberücksichtigt. Nutzlasten hingegen gehen in die Ermittlung entsprechend mit ein. Bei Gebäudekategorie A und B beträgt der quasi-ständige Lastanteil 30% der Nutzlast.

Ist das Verhältnis von ständiger + quasi-ständiger Last zur Gesamtlast aus den Auflagerreaktionen größer als 70% wird bei der Ermittlung von k_c und k_{crit} die abgeminderte Steifigkeit angesetzt. Die mit abgeminderten Steifigkeiten ermittelten Beiwerte für Biegeknicken k_c und Biegedrillknicken k_{crit} werden bei der Bemessung für alle Lastkombinationen angesetzt.

b. Dokumentation über die Berücksichtigung der 70%-Regel

Während der Bemessung erfolgt kein Hinweis darüber, dass der Einfluss des Kriechens bei der Ermittlung von k_c und k_{crit} mit abgeminderten Steifigkeiten berücksichtigt wird. Im Protokoll hingegen werden unter der **Zusammenfassung der Benutzereinstellungen** das errechnete Verhältnis von ständiger + quasi-ständiger Last zur Bemessungsgesamtlast aus den Auflagerreaktionen und die Information über die Anwendung bzw. auch Nicht-Anwendung der abgeminderten Steifigkeit gemäß NCI NA.5.9. aufgeführt.

ZUSAMMENFASSUNG DER BENUTZEREINSTELLUNGEN

Die Statische Berechnung wurde nach Spannungstheorie I. Ordnung ausgeführt.
Das statische Modell wurde nach Kapitel 5.4.2 als Rahmentragwerk strukturiert.
Das Verhältnis zwischen der ständigen und quasi-ständigen Last zur Gesamtlast beträgt: 46.41 / 65.79 = 0.71
Die Abminderung der Steifigkeit der druckbeanspruchten Bauteile erfolgte gemäß NCI NA.5.9.

Abb. 1: Information über die Anwendung von abgeminderten Steifigkeiten bei Ermittlung von k_c und k_{crit}

ZUSAMMENFASSUNG DER BENUTZEREINSTELLUNGEN

Die Statische Berechnung wurde nach Spannungstheorie I. Ordnung ausgeführt.
Das statische Modell wurde nach Kapitel 5.4.2 als Rahmentragwerk strukturiert.
Das Verhältnis zwischen der ständigen und quasi-ständigen Last zur Gesamtlast beträgt: 21.99 / 41.37 = 0.53
Die Steifigkeit der druckbelasteten Elemente wurde nicht reduziert, da Kriterien entsprechend NCI NA.5.9 nicht zutreffen.

Abb. 2: Information über die Nicht-Anwendung von abgeminderten Steifigkeiten bei Ermittlung von k_c und k_{crit}

Am Ende der **Tabelle zu den Bemessungseinwirkungen – Ausnutzung – Ort der max. Werte** wird man durch die folgende Fußnote darauf hingewiesen, dass k_c und k_{crit} mit abgeminderten Steifigkeiten zur Berücksichtigung des Kriechinflusses ermittelt wurden:

*) Lastfallkombination hat dominierende Lasten über 70% aus ständigen und ggf. quasi ständigen Lasten.
 k_{crit} und k_c wurden für den Nachweis in dieser Lastkombination mit der abgeminderten Steifigkeit ermittelt.

Diese Fußnote entfällt, wenn das Verhältnis der ständigen und quasi-ständigen Last zur Bemessungsgesamtlast kleiner als 70% beträgt und der Einfluss des Kriechens nicht berücksichtigt werden muss.

c. Option zur Berücksichtigung von NCI NA.5.9 in TrussCon

Ab Programmversion 2016 besteht die Möglichkeit, dass der Anwender den Einfluss des Kriechens, auch wenn das Verhältnis der ständigen und quasi-ständigen Last zur Bemessungsgesamtlast kleiner als 70% beträgt, erzwingen kann.

In den **Projektangaben** kann man über die Auswahlliste zur Option **Hoher ständiger Lastanteil** auswählen, ob bei der Ermittlung von k_c und k_{crit} mit abgeminderten Steifigkeiten der Einfluss des Kriechens automatisch (= **Auto**) vom Programm oder vom Anwender erzwungen über **Ja** zu berücksichtigt ist. Diese Option ist bei NKL1 deaktiviert.

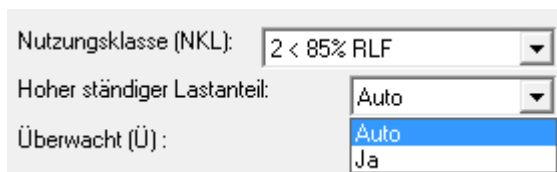


Abb. 3: Option **Hoher ständiger Lastanteil** in den **Projektangaben**

Im Abschnitt **Zusammenfassung der Benutzereinstellungen** wird dokumentiert, dass der Anwender, unabhängig davon, ob das Verhältnis der ständigen und quasi-ständigen Last zur Bemessungsgesamtlast erreicht ist oder nicht, den Einfluss des Kriechens in NKL2 bzw. NKL3 bei der Ermittlung von k_c und k_{crit} mit abgeminderten Steifigkeiten berücksichtigt lassen möchte.

ZUSAMMENFASSUNG DER BENUTZEREINSTELLUNGEN

Die Statische Berechnung wurde nach Spannungstheorie I. Ordnung ausgeführt.
Das statische Modell wurde nach Kapitel 5.4.2 als Rahmentragwerk strukturiert.
Der Lastanteil aus ständiger und quasi-ständiger Last wurde vom Anwender auf >70% gesetzt.
Bei der Ermittlung von k_c und k_{crit} wird die abgeminderte Steifigkeit gemäß NCI NA 5.9 angesetzt.

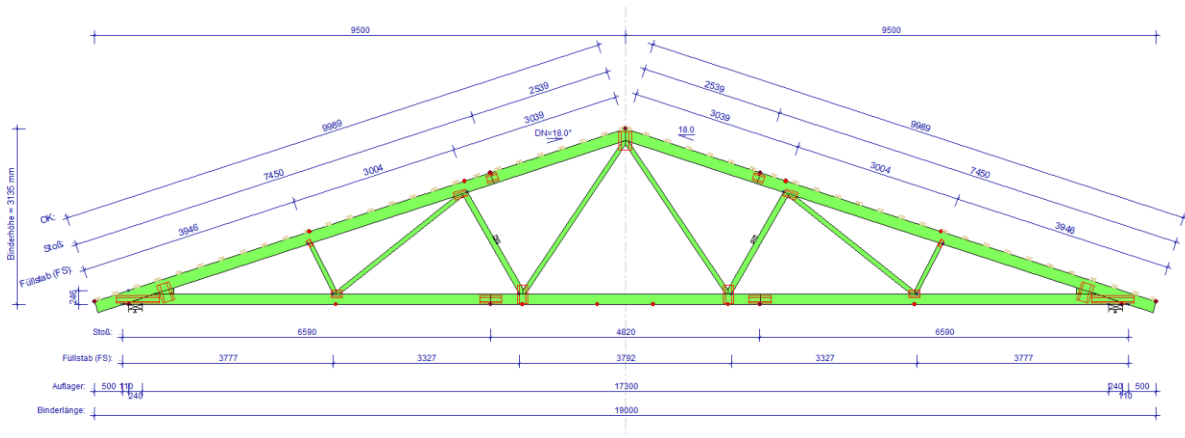
Abb. 4: Information über die „erzwungene“ Anwendung von abgeminderten Steifigkeiten bei Ermittlung von k_c und k_{crit}

Zusätzlich weist am Ende der **Tabelle zu den Bemessungseinwirkungen – Ausnutzung – Ort der max. Werte** die folgende Fußnote darauf hin, dass k_c und k_{crit} mit abgeminderten Steifigkeiten zur Berücksichtigung des Kriecheinflusses ermittelt wurden:

*) Lastfallkombination hat dominierende Lasten über 70% aus ständigen und ggf. quasi ständigen Lasten.
 k_{crit} und k_c wurden für den Nachweis in dieser Lastkombination mit der abgeminderten Steifigkeit ermittelt.

3. Beispiel

HB1 mit Spannweite 17,54 m und Dachneigung 18° in NKL2 (Belastung aus g + s + w ohne Nutzlast)



ZUSAMMENFASSUNG DER BENUTZEREINSTELLUNGEN

Die Statische Berechnung wurde nach Spannungstheorie I. Ordnung ausgeführt.
 Das statische Modell wurde nach Kapitel 5.4.2 als Rahmentragwerk strukturiert.
 Das Verhältnis zwischen der ständigen und quasi-ständigen Last zur

Gesamtlast beträgt: $46.41 / 65.79 = 0.71$

Die Abminderung der Steifigkeit der druckbeanspruchten Bauteile erfolgte gemäß NCI NA.5.9.

Nutzungsklasse : 2
 Systemfestigkeit k_{sys} : 1.0

Lastkombinationen nach DIN EN 1990 inkl. NA; (T=Trag./G=Gebrauch./A=Außergew.)

Nr.	Grenz	KLED	Bezeichnung
1	T	S	1.35*st.Last
2	T	K	1.35*st.Last + 1.5*Schnee + 1.05*(Q1 + Q2 + Q3)
3	T	K	1.35*st.Last + 1.5*SchneeLi + 1.05*(Q1 + Q2 + Q3)
4	T	K	1.35*st.Last + 1.5*SchneeRe + 1.05*(Q1 + Q2 + Q3)
5	T	K	1.35*st.Last + 0.75*Schnee + 1.5*Q1 + 1.05*(Q2 + Q3)
6	T	K	1.35*st.Last + 0.75*SchneeLi + 1.5*Q1 + 1.05*(Q2 + Q3)
7	T	K	1.35*st.Last + 0.75*SchneeRe + 1.5*Q1 + 1.05*(Q2 + Q3)
8	T	M	1.35*st.Last + 1.5*Q1 + 1.05*(Q2 + Q3)
9	T	K*	1.35*st.Last + 1.5*Schnee + 1.05*(Q1 + Q2 + Q3) + 0.9*WiLimax
10	T	K*	1.35*st.Last + 1.5*SchneeLi + 1.05*(Q1 + Q2 + Q3) + 0.9*WiLimin
11	T	K*	1.35*st.Last + 1.5*SchneeRe + 1.05*(Q1 + Q2 + Q3) + 0.9*WiLimax
12	T	K*	1.35*st.Last + 1.5*Schnee + 1.05*(Q1 + Q2 + Q3) + 0.9*WiRemax
13	T	K*	1.35*st.Last + 1.5*SchneeLi + 1.05*(Q1 + Q2 + Q3) + 0.9*WiRemax
14	T	K*	1.35*st.Last + 1.5*SchneeRe + 1.05*(Q1 + Q2 + Q3) + 0.9*WiRemin
15	T	K*	1.35*st.Last + 0.75*Schnee + 1.05*(Q1 + Q2 + Q3) + 1.5*WiLimax
16	T	K*	1.35*st.Last + 0.75*SchneeLi + 1.05*(Q1 + Q2 + Q3) + 1.5*WiLimin
17	T	K*	1.35*st.Last + 0.75*SchneeRe + 1.05*(Q1 + Q2 + Q3) + 1.5*WiRemax
18	T	K*	1.35*st.Last + 0.75*Schnee + 1.05*(Q1 + Q2 + Q3) + 1.5*WiRemax
19	T	K*	1.35*st.Last + 0.75*SchneeLi + 1.05*(Q1 + Q2 + Q3) + 1.5*WiLimax
20	T	K*	1.35*st.Last + 0.75*SchneeRe + 1.05*(Q1 + Q2 + Q3) + 1.5*WiRemin
21	T	K*	st.Last + 1.5*WiGiebel
22	T	K*	st.Last + 1.5*WiLiSog
23	T	K*	st.Last + 1.5*WiReSog

Alle Lastkombinationen mit Windbelastung bleiben bei der Ermittlung der Bemessungsgesamtlast unberücksichtigt.

AUFLAGERREAKTIONEN ALLER LASTKOMBINATIONEN (kN)			
Knoten	Knoten	Knoten	
Richt.	Richt.	Richt.	LK
1	1	9	
Hori	Vert	Vert	
0.00	23.20	23.20	1
0.00	32.89	32.89	2
0.00	31.78	29.16	3
0.00	29.16	31.78	4
0.00	28.05	28.05	5
0.00	27.49	26.18	6
0.00	26.18	27.49	7
0.00	23.20	23.20	8
0.31	33.62	33.30	9
1.08	31.81	27.90	10
0.31	29.88	32.19	11
-0.31	33.30	33.62	12
-0.31	32.19	29.88	13
-1.08	27.90	31.81	14
0.51	29.26	28.73	15
1.79	27.54	24.08	16
-0.51	26.86	28.70	17
-0.51	28.73	29.26	18
0.51	28.70	26.86	19
-1.79	24.08	27.54	20
0.00	12.23	12.23	21
0.19	13.39	13.98	22
-0.19	13.98	13.39	23

VERTIKALE CHARAKTERISTISCHE AUFLAGERREAKTIONEN ALLER LASTFÄLLE (kN)		
Lastfall	Knoten 1	Knoten 9
Ständige Last	17.19	17.19
Schnee links	5.72	3.97
Schnee rechts	3.97	5.72
Schnee	6.46	6.46
Wind von links - max	0.80	0.45
Wind von rechts - max	0.45	0.81
Wind auf Giebel	-3.30	-3.30
Nutzlast 1	0.00	0.00
Nutzlast 2	0.00	0.00
Nutzlast 3	0.00	0.00
Nutzlast 2, alt plaz	0.00	0.00
Wind von links - min	0.03	-1.40
Wind von rechts - min	-1.40	0.03
Wind von links - max sog	-2.53	-2.14
Wind von rechts - max sog	-2.14	-2.53

Ermittlung des Verhältnisses der ständigen und quasi-ständigen Last zur Bemessungsgesamtlast:

Es sind keine Nutzlasten vorhanden. Somit reduziert sich der Zähler auf den Bemessungswert der ständigen Last. Dieser entspricht dem Wert aus LK1. Die Bemessungsgesamtlast wird ohne den Anteil aus Wind bestimmt. In diesem Beispiel entspricht dies dem Wert aus LK2.

$$\frac{1,35 \cdot E_{Gk,j}}{1,35 \cdot E_{Gk,j} + 1,5 \cdot E_{Qk,1}} = \frac{1,35 \cdot (17,19kN + 17,19kN)}{1,35 \cdot (17,19kN + 17,19kN) + 1,5 \cdot (6,46kN + 6,46kN)} = \frac{46,41kN}{65,79kN} = 0,71 > 70\%$$

- ⇒ bei der Ermittlung der Beiwerte k_c für Biegeknicken und k_{crit} für Biegedrillknicken wird die Steifigkeit mit dem Faktor $1/(1+k_{def})$ abgemindert
- ⇒ diese verringerten Beiwerte werden in allen Lastkombinationen für die entsprechenden Nachweise verwendet

BEMESSUNGSEINWIRKUNGEN - AUSNUTZUNG - ORT DER MAX. WERTE (horizontal in x-Richtung)
 Beschreibung: s=vorh.Sigma (M,N,V); fM=Biegetragfähigkeit;fK=Biegeknick- bzw. Knicktragf.;
 fV=Schubtragfähigkeit;A=Gesamt - Ausnutzungsgrad
 Nachweise gemäß DIN EN 1995-1-1 inkl. NA

Stab	LK	Ort	Ort	Höhe	FK	Moment	Normal	Quer.	M	N	V	Kippl	Knickl.	kv	Formel	CSI	
Von-Bis	(mm)	(%)	(mm)			M (kNm)	N (kN)	V (kN)	s/fM	s/fK	s/fV	M-Div.	V-Div.	(mm)	k _{crit}	k _c	
1- 2	1	2442	75	200	C24	0.99	-52.37	-0.01	0.22	0.71	0.00	400	2719x	0.64*	6.23	0.93	
2- 3	1	778	27	200	C24	1.11	-51.37	0.08	0.25	0.73	0.01	400	2836x	0.60*	6.23	0.98	
3- 5	1	1291	44	200	C24	0.64	-41.44	0.06	0.14	0.66	0.01	400	3068x	0.54*	6.23	0.81	
1- 18	2	-69	5	200	C24	0.36	0.41	-1.26	0.04	0.00	0.11	1.30	400			6.17	0.11
5- 7	1	1586	56	200	C24	0.64	-41.44	-0.06	0.14	0.66	0.01	400	3068x	0.54*	6.23	0.81	
7- 8	1	1991	73	200	C24	1.11	-51.37	-0.08	0.25	0.73	0.01	400	2836x	0.60*	6.23	0.98	
8- 9	1	801	25	200	C24	0.99	-52.37	0.01	0.22	0.71	0.00	400	2719x	0.64*	6.23	0.93	
9- 19	2	69	5	200	C24	-0.36	0.41	1.26	0.04	0.00	0.11	1.30	400			6.17	0.11
9- 10	1	-2518	68	180	C24	-0.69	49.82	0.14	0.19	0.71	0.02	3037	0.77	*	6.17	0.91	
10- 12	1	-3335	100	180	C24	1.57	42.97	2.35	0.35	0.62	0.00	1.26			6.17	0.96	
12- 15	1	-1838	50	180	C24	-1.03	32.33	0.00	0.29	0.46	0.00	3686	0.69	*	6.17	0.75	
15- 17	1	-5	0	180	C24	1.57	42.97	-2.35	0.35	0.62	0.00	1.26			6.17	0.96	
17- 1	1	-1194	32	180	C24	-0.69	49.82	-0.14	0.19	0.71	0.02	3037	0.77	*	6.17	0.91	
1- 1	2		0	120	C24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	185			6.33	0.00	
9- 9	13		0	120	C24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	185			6.17	0.00	
8- 10	4		84	80	C24	0.07	-4.31	0.08	0.04	0.15	0.02		1074y	0.42*	6.24	0.18	
2- 17	3		84	80	C24	-0.07	-4.31	-0.08	0.04	0.15	0.02		1074y	0.42*	6.24	0.18	
7- 10	1		94	80	C24	0.06	7.51	0.02	0.08	0.21	0.01				6.17	0.29	
3- 17	1		94	80	C24	-0.06	7.51	-0.02	0.08	0.21	0.01				6.17	0.29	
7- 12	4		89	100	C24	0.11	-11.27	0.01	0.06	0.40	0.00		2086x	0.32*	6.23	0.46	
3- 15	3		89	100	C24	-0.11	-11.27	-0.01	0.06	0.40	0.00		2086x	0.32*	6.23	0.46	
5- 12	1		93	80	C24	0.09	12.75	0.04	0.11	0.36	0.01				6.17	0.47	
5- 15	1		93	80	C24	-0.09	12.75	-0.04	0.11	0.36	0.01				6.17	0.47	

*) Lastfallkombination hat dominierende Lasten über 70% aus ständigen und ggf. quasi ständigen Lasten.
 Kcrit und kc wurden für den Nachweis in dieser Lastkombination mit der abgeminderten Steifigkeit ermittelt.