

1. Geltungsbereich

1.1 Die technischen Regeln gelten für Verglasungen, die an mindestens zwei gegenüberliegenden Seiten durchgehend linienförmig gelagert sind¹. Je nach ihrer Neigung zur Vertikalen werden sie eingeteilt in

- Überkopfverglasungen: Neigung $> 10^\circ$
- Vertikalverglasungen: Neigung $\leq 10^\circ$

1.2 Die technischen Regeln gelten nicht für

- geklebte Fassadenelemente,
- Verglasungen, die planmäßig zur Aussteifung herangezogen werden,
- gekrümmte Überkopfverglasungen.

1.3 Für Verglasungen, die gegen Absturz sichern, und für begehbare Verglasungen sind zusätzliche Anforderungen zu berücksichtigen.

1.4 Die Bestimmungen für Überkopfverglasungen gelten auch für Vertikalverglasungen, sofern diese nicht nur kurzzeitigen veränderlichen Einwirkungen wie z. B. Windeinwirkungen unterliegen. Dazu zählen z. B. lotrechte Teile von Shed-Verglasungen, bei denen eine Belastung durch Schneeanhäufung möglich ist.

1.5 Die technischen Regeln brauchen nicht angewendet zu werden für Verglasungen von Kulturgewächshäusern (siehe DIN V 11 535: 1998-02) und für alle Vertikalverglasungen, deren Oberkante nicht mehr als 4 m über einer Verkehrsfläche liegt (z. B. Schaufensterverglasungen).

2. Baustoffe

2.1 Als Glaserzeugnisse dürfen verwendet werden:

- a) Spiegelglas nach DIN 1249-3: 1980-02,
- b) Gußglas (Drahtglas oder Ornamentglas) nach DIN 1249-4: 1981-08,
- c) Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) nach DIN 1249-12: 1990-09, aus Glas nach a) oder b),

- d) Verbund-Sicherheitsglas (VSG) aus Gläsern nach a) bis c) mit Zwischenfolien aus Polyvinyl-Butyral (PVB) nach Abschnitt 2.4 oder aus anderen Gläsern bzw. mit anderen Zwischenschichten, deren Verwendbarkeit nachgewiesen ist²,
- e) Verbundglas (VG) aus Gläsern nach a) bis c) mit sonstigen Zwischenschichten.

2.2 Für Glas nach den Abschnitten 2.1a) bis 2.1c) ist ein Elastizitätsmodul von $E = 70.000 \text{ N/mm}^2$ und eine Querdehnungszahl von $\mu = 0,23$ anzunehmen. Im übrigen gelten hinsichtlich der physikalischen Eigenschaften DIN 1249-10: 1990-08 und DIN 1249-12: 1990-09.

2.3 ESG-Scheiben sind auf Kantenverletzungen zu prüfen. Scheiben mit Kantenverletzungen, die tiefer als 15 % der Scheibendicke ins Glasvolumen eingreifen, dürfen nicht eingebaut werden.

2.4 Zwischenfolien aus Polyvinyl-Butyral (PVB) müssen bei 23°C die folgenden mechanischen Eigenschaften aufweisen³:

- Reißfestigkeit: $> 20 \text{ N/mm}^2$
- Bruchdehnung: $> 250 \%$

Diese Eigenschaften sind vom Hersteller der Folien durch Werksbescheinigung „2.1“ nach DIN EN 10 204: 1995-08 zu bestätigen.

3. Anwendungsbedingungen

3.1 Allgemeines

3.1.1 Der Glaseinstand ist so zu wählen, daß die Standsicherheit der Verglasung langfristig sichergestellt ist. Als Grundlage hierfür ist DIN 18 545-1: 1992-02 oder DIN 18 516-4: 1990-02, Abschnitte 3.3.2 und 3.3.3 heranzuziehen.

3.1.2 Die Durchbiegung der Auflagerprofile darf nicht mehr als $1/200$ der aufzulagernden Scheibenlänge, höchstens jedoch 15 mm betragen. Bei der Ermittlung der Schnittgrößen der Glasscheiben kann näherungsweise eine kontinuierliche starre Auflagerung vorausgesetzt werden.

3.1.3 Auch für Windsoglasten muß eine linienförmige Lagerung der Scheiben vorhanden sein. Dies ist durch hinreichend steife Abdeckprofile oder entsprechende mechanische Befestigungen sicherzustellen.

3.1.4 Unter Last- und Temperatureinwirkung darf kein Kontakt zwischen Glas und harten Werkstoffen (z. B. Metall, Glas) auftreten.

3.1.5 Ein Verrutschen der Scheiben ist durch Distanzklötze zu verhindern. Der Abstand zwischen Falzgrund und Scheibenrand muß unter Beachtung der Grenzabmaße von Unterkonstruktion und Verglasung so groß sein, daß ein Dampfdruckausgleich möglich ist.

3.1.6 Kanten von Drahtglas dürfen nicht ständig der Feuchtigkeit ausgesetzt sein. Freie Kanten dürfen der Bewitterung ausgesetzt sein, wenn die Abtrocknung nicht behindert wird.

3.2 Zusätzliche Regelungen für Überkopfverglasungen

3.2.1 Für Einfachverglasungen bzw. für die untere Scheibe von Isolierverglasungen darf nur Drahtglas oder VSG aus Spiegelglas verwendet werden.

3.2.2 VSG-Scheiben aus Spiegelglas mit einer Stützweite größer 1,20 m sind allseitig zu lagern. Dabei darf das Seitenverhältnis nicht größer als 3:1 sein.

3.2.3 Bei VSG als Einfachverglasung oder als untere Scheibe von Isolierverglasungen muß die Gesamtdicke der PVB-Folien im allgemeinen mindestens 0,76 mm betragen. Eine Dicke von 0,38 mm ist zulässig bei allseitiger Lagerung mit einem Seitenverhältnis nicht größer als 3:1 und einer Stützweite in Haupttragrichtung bis zu 0,8 m.

3.2.4 Die Auflagerung von zweiseitig gelagerten Verglasungen ist mit Dichtstoffen nach DIN 18 545-2 Gruppe E auszuführen. Bei geschraubten Andruckprofilen (Pressleisten) sind vorgefertigte Dichtprofile nach DIN 7863 Gruppen A bis D zulässig.

3.2.5 Drahtglas ist nur bei einer Stützweite in Haupttragrichtung bis zu 0,7 m zulässig. Der Glaseinstand von Drahtglas muß mindestens 15 mm betragen.

3.2.6 Von den Anwendungsbedingungen der Abschnitte 3.1 und 3.2.1 bis 3.2.5 abweichende Überkopfverglasungen dürfen verwendet werden, wenn durch geeignete Maßnahmen das Herabfallen größerer Glasteile auf Verkehrsflächen verhindert wird. Dies kann z. B. durch ausreichend tragfähige und dauerhafte Netze mit einer Maschenweite ≤ 40 mm erreicht werden.

3.2.7 Bohrungen und Ausschnitte in den Scheiben sind nicht zulässig.

3.3 Zusätzliche Regelungen für Vertikalverglasungen

3.3.1 Einfachverglasungen aus Spiegelglas, Ornamentglas oder VG müssen allseitig gelagert sein.

3.3.2 Scheiben aus ESG,

- bei denen die Gefahr besteht, daß sie einer besonderen Temperaturbeanspruchung unterliegen können (z. B. einer Aufheizung aufgrund unmittelbar dahinter angeordneter Dämmungen) oder
- die eine Energieabsorption von mehr als 65 % aufweisen (z. B. aufgrund von Einfärbung oder Beschichtung) oder
- die nicht auf allen Seiten durchgehend eingefaßt sind,

sind durch Heißlagerung nach DIN 18516-4: 1990-02 zu prüfen. Diese Prüfung ist vom Hersteller durch Werksbescheinigung „2.1“ nach DIN EN 10 204: 1995-08 zu bestätigen.

3.3.3 Bohrungen und Ausschnitte sind nur in Scheiben aus ESG oder VSG zulässig.

4. Einwirkungen

4.1 Es sind die Einwirkungen nach DIN 1055 zu berücksichtigen.

4.2 Bei Isolierverglasungen ist zusätzlich die Wirkung von Druckdifferenzen p_0 zu berücksichtigen, die sich aus der Veränderung der Temperatur ΔT und des meteorologischen Luftdruckes Δp_{met} sowie aus der Differenz

ΔH der Ortshöhe zwischen Herstellungs- und Einbauort ergeben. Als Herstellungsort gilt der Ort der endgültigen Scheibenabdichtung.

Es sind die beiden Einwirkungskombinationen nach Tabelle 1 zu berücksichtigen.

In Tabelle 1 ist

- ΔT Temperaturdifferenz zwischen Herstellung und Gebrauch,
- Δp_{met} Differenz des meteorologischen Luftdrucks am Einbauort und bei der Herstellung,
- ΔH Differenz der Ortshöhe zwischen Einbauort und Herstellungsort,
- p_0 aus ΔT , Δp_{met} und ΔH resultierender isochorer Druck (siehe Gleichung A5 in Anhang A).

Falls die Differenz der Ortshöhen ΔH bekannt ist, so ist statt der Rechenwerte

nach Tabelle 1 der tatsächliche Wert zu berücksichtigen.

Voraussetzung für den Ansatz der Rechenwerte für die Temperaturdifferenz ΔT nach Tabelle 1 ist die Verwendung von Isolierglas, das einen Gesamtabsorptionsgrad von weniger als 30 % aufweist und nicht durch andere Bauteile oder Sonnenschutzeinrichtungen aufgeheizt wird.

Ist – aufgrund außergewöhnlicher Einbaubedingungen – mit ungünstigeren Temperaturbedingungen zu rechnen, so sind zusätzlich die Werte ΔT oder Δp_0 nach Tabelle B1 aus Anhang B zu verwenden.

4.3 Für Isolierverglasungen mit allseitig gelagerten, rechteckigen Scheiben ist in Anhang A ein Berechnungsverfahren für den Nachweis der Einwirkungen nach den Abschnitten 4.1 und 4.2 angegeben. Die Anwendung anderer Verfahren ist zulässig.

Tabelle 1: Rechenwerte für klimatische Einwirkungen* und den resultierenden isochoren Druck p_0

Einwirkungskombination	ΔT in K	Δp_{met} in kN/m ²	ΔH in m	p_0 in kN/m ²
Sommer	+ 20	- 2	+ 600	+ 16
Winter	- 25	+ 4	- 300	- 16

* Erläuterungen hierzu siehe Anhang B1.

Tabelle 2: Zulässige Biegezugspannungen in N/mm²

Glassorte	Überkopfverglasung	Vertikalverglasung
ESG aus Spiegelglas	50	50
ESG aus Gußglas	37	37
Emailliertes ESG aus Spiegelglas*	30	30
Spiegelglas	12	18
Gußglas	8	10
VSG aus Spiegelglas	15 (25**)	22,5

* Emaillie auf der Zugseite

** Nur für die untere Scheibe einer Überkopfverglasung aus Isolierglas beim Lastfall „Versagen der oberen Scheibe“ zulässig.

Tabelle 3: Durchbiegungsbegrenzungen

Lagerung	Überkopfverglasung	Vertikalverglasung
vierseitig	1/100 der Scheibenstützweite in Haupttragrichtung	keine Anforderungen**
zwei- und dreiseitig	Einfachverglasung: 1/100 der Scheibenstützweite in Haupttragrichtung	1/100 der freien Kante*
	Scheiben der Isolierverglasung: 1/200 der freien Kante	1/100 der freien Kante**

* Auf die Einhaltung dieser Begrenzung kann verzichtet werden, sofern nachgewiesen wird, daß unter Last ein Glaseinstand von 5 mm nicht unterschritten wird.

** Durchbiegungsbegrenzungen des Isolierglasherstellers sind zu beachten.

5. Standsicherheits- und Durchbiegungsnachweise

5.1 Allgemeines

5.1.1 Die Glasscheiben sind für die Einwirkungen nach den Abschnitten 4.1 und 4.2 unter Beachtung aller beanspruchungserhöhenden Einflüsse (Bohrungen, Ausschnitte) zu bemessen. Bei Isolierverglasungen ist die Kopplung der Einzelscheiben über das eingeschlossene Gasvolumen zu berücksichtigen. Das besondere Tragverhalten gekrümmter Scheiben (Schalenwirkung) ist gegebenenfalls zu berücksichtigen.

5.1.2 Bei Standsicherheits- und Durchbiegungsnachweisen von VSG- oder VG-Einfachverglasungen darf ein günstig wirkender Schubverbund der Scheiben nicht berücksichtigt werden. Gleiches gilt für die Schubkopplung von Isolierverglasungen über den Randverbund.

Bei Vertikalverglasungen aus Isolierglas mit VSG oder VG ist bei diesen Nachweisen für veränderliche Einwirkungen zusätzlich der Grenzstand des vollen Schubverbunds zu berücksichtigen.

5.2 Spannungsnachweis

5.2.1 Bei der Bemessung für die Einwirkungen nach Abschnitt 4.1 gelten die zulässigen Biegezugspannungen nach Tabelle 2. Bei der Bemessung für die Überlagerung der Einwirkungen nach den Abschnitten 4.1 und 4.2 dürfen die zulässigen Biegezugspannungen nach Tabelle 2 im allgemeinen um 15 % und bei Vertikalverglasungen mit Scheiben aus Spiegelglas und Glasflächen bis zu 1,6 m² im besonderen um 25 % erhöht werden.

5.2.2 Die untere Scheibe einer Überkopfverglasung aus Isolierglas ist außer für den Fall der planmäßigen Einwirkungen nach den Abschnitten 4.1 und 4.2 auch für den Fall des Versagens der oberen Scheibe mit deren Belastung zu bemessen.

5.3 Durchbiegungsnachweis

5.3.1 Die Durchbiegungen der Glasscheiben dürfen an ungünstigster Stelle nicht größer als die Werte nach Tabelle 3 sein.

5.3.2 Bei der Bemessung der unteren Scheibe einer Überkopfverglasung aus Isolierglas nach Abschnitt 5.2.2 ist ein Durchbiegungsnachweis nicht erforderlich.

5.4 Nachweiserleichterungen für Vertikalverglasungen

Allseitig gelagerte Isolierverglasungen, bei denen folgende Bedingungen eingehalten sind

- Glaserzeugnis: Spiegelglas oder ESG
- Fläche: $\leq 1,6 \text{ m}^2$
- Scheibendicke: $\geq 4 \text{ mm}$
- Differenz der Scheibendicken: $\leq 4 \text{ mm}$
- Scheibenzwischenraum: $\leq 16 \text{ mm}$
- Windlast w : $\leq 0,8 \text{ kN/m}^2$

können für Einbauhöhen bis 20 m über Gelände bei normalen Produktions- und Einbaubedingungen (Ansatz der Rechenwerte nach Tabelle 1) ohne weiteren Nachweis verwendet werden.

Unterschreitet die Länge der kürzeren Kante den Wert von 500 mm, so erhöht sich jedoch bei Scheiben aus Spiegelglas das Bruchrisiko infolge von Klimateinwirkungen.

Anhang A: Berechnungsverfahren für Isolierglas

Für Isolierverglasungen mit allseitig gelagerten rechteckigen Glasscheiben können der Lastabtragsanteil der äußeren und inneren Scheibe und die Einwirkungen infolge klimatischer Veränderungen bei kleinen Deformationen wie folgt berücksichtigt werden:

- Berechnung der Anteile d_a und die der Einzelscheiben an der Gesamtbiegesteifigkeit

$$\delta_a = \frac{d_a^3}{d_a^3 + d_i^3} \quad (\text{A1})$$

$$\delta_i = \frac{d_i^3}{d_a^3 + d_i^3} = 1 - \delta_a \quad (\text{A2})$$

- Berechnung der charakteristischen Kantenlänge a^*

$$a^* = 28,9 \cdot \sqrt[4]{\frac{d_{\text{SZR}} \cdot d_a^3 \cdot d_i^3}{(d_a^3 + d_i^3) B_v}} \quad (\text{A3})$$

Der Beiwert B_v ist in Abhängigkeit vom Seitenverhältnis a/b in Tabelle A1 angegeben.

Werte für a^* sind für gebräuchliche Isolierglasaufbauten in Abhängigkeit vom Seitenverhältnis a/b in Tabelle A3 zusammengestellt.

- Berechnung des Faktors φ

$$\varphi = \frac{1}{1 + (a/a^*)^2} \quad (\text{A4})$$

- Ermittlung des isochoren Druckes p_0

Der isochore Druck p_0 im Scheibenzwischenraum (Druck bei gleichbleibendem Volumen) ergibt sich wie folgt aus den klimatischen Veränderungen:

$$p_0 = c_1 \cdot \Delta T - \Delta p_{\text{met}} + c_2 \cdot \Delta H \quad (\text{A5})$$

mit $c_1 = 0,34 \text{ kPa/K}$
und $c_2 = 0,012 \text{ kPa/m}$

- Verteilung der Einwirkungen

Die Verteilung der Einwirkungen und der Wirkung des isochoren Druckes auf die äußere und innere Scheibe kann entsprechend den Angaben von Tabelle A2 erfolgen.

In den Gleichungen A1 bis A5 ist

- a kleinere Kantenlänge der Isolierverglasung in mm
- b größere Kantenlänge der Isolierverglasung in mm
- d_{SZR} Abstand zwischen den Scheiben (Scheibenzwischenraum) in mm
- d_a Dicke der äußeren Scheibe in mm
- d_i Dicke der inneren Scheibe in mm

Anmerkung:

Bei VSG- und VG-Scheiben mit den Einzelscheiben (1, 2 ...) ist als Glasdicke die Ersatzdicke d^* wie folgt zu berücksichtigen:

- voller Verbund: $d^* = d_1 + d_2 + \dots$
- ohne Verbund: $d^* = \sqrt[3]{d_1^3 + d_2^3 + \dots}$

Tabelle A1: Beiwert B_v *

a/b	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
B_v	0,0194	0,0237	0,0288	0,0350	0,0421	0,0501	0,0587	0,0676	0,0767	0,0857

* Die Werte wurden auf der Basis der Kirchhoff'schen Plattentheorie für $\mu = 0,23$ berechnet, Zwischenwerte können linear interpoliert werden.

Tabelle A2: Verteilung der Einwirkungen*

Lastangriff auf	Einwirkung äußere Scheibe	Lastanteil auf innere Scheibe	Lastanteil auf
äußere Scheibe	Wind w_a	$(\delta_a + \varphi\delta_i) \cdot w_a$	$(1 - \varphi)\delta_i \cdot w_a$
	Schnee s	$(\delta_a + \varphi\delta_i) \cdot s$	$(1 - \varphi)\delta_i \cdot s$
innere Scheibe	Wind w_i	$(1 - \varphi)\delta_a \cdot w_i$	$(\varphi\delta_a + \delta_i) \cdot w_i$
beide Scheiben	Isochorer Druck p_0	$-\varphi \cdot p_0$	$+\varphi \cdot p_0$

* Vorzeichenregelung siehe Anhang B

Tabelle A3: Anteil der Einzelscheiben an der Gesamtsteifigkeit eines Zweischeiben-Isolierglases und charakteristische Kantenlänge a^* in mm für den Scheibenabstand $d_{\text{SZR}} = 10; 12; 14$ und 16 mm und für ein Seitenverhältnis von $a/b = 0,33; 0,50; 0,67$ und $1,0$.

d_{SZR} in mm	Glasdicke in mm		Steifigkeitsanteil		a^* in mm			
	d_i	d_a	δ_i	δ_a	0,33	0,50	0,67	1,00
10	4	4	50 %	50 %	243	259	279	328
	4	6	23 %	77 %	270	288	311	365
	4	8	11 %	89 %	280	299	322	379
	4	10	6 %	94 %	284	303	326	384
	6	6	50 %	50 %	329	351	378	444
	6	8	30 %	70 %	358	382	411	484
	6	10	18 %	82 %	373	397	428	503
	8	8	50 %	50 %	408	435	469	551
	8	10	34 %	66 %	438	466	503	591
	10	10	50 %	50 %	483	514	554	652
12	4	4	50 %	50 %	254	271	292	343
	4	6	23 %	77 %	283	302	325	382
	4	8	11 %	89 %	293	313	337	396
	4	10	6 %	94 %	297	317	341	402
	6	6	50 %	50 %	344	367	395	465
	6	8	30 %	70 %	375	400	430	507
	6	10	18 %	82 %	390	415	448	527
	8	8	50 %	50 %	427	455	490	577
	8	10	34 %	66 %	458	488	526	619
	10	10	50 %	50 %	505	538	580	682
14	4	4	50 %	50 %	264	281	303	357
	4	6	23 %	77 %	294	314	338	397
	4	8	11 %	89 %	305	325	350	412
	4	10	6 %	94 %	309	329	355	418
	6	6	50 %	50 %	358	381	411	483
	6	8	30 %	70 %	390	415	447	526
	6	10	18 %	82 %	405	432	465	547
	8	8	50 %	50 %	444	473	510	600
	8	10	34 %	66 %	476	507	547	643
	10	10	50 %	50 %	525	559	603	709
16	4	4	50 %	50 %	273	291	313	369
	4	6	23 %	77 %	304	324	349	411
	4	8	11 %	89 %	315	336	362	426
	4	10	6 %	94 %	320	341	367	432
	6	6	50 %	50 %	370	394	425	500
	6	8	30 %	70 %	403	429	463	544
	6	10	18 %	82 %	419	446	481	566
	8	8	50 %	50 %	459	489	527	620
	8	10	34 %	66 %	492	525	565	665
	10	10	50 %	50 %	543	578	623	733

Anhang B: Erläuterungen

B1: Erläuterungen zu den Mindestwerten für klimatische Einwirkungen

Bei der Festlegung der Klimawerte in Tabelle 1 wurde von folgenden Randbedingungen ausgegangen:

- Einwirkungskombination Sommer
 - Einbaubedingungen
Einstrahlung 800 W/m² unter Einstrahlwinkel 45°;
Absorption der Scheibe 30 %;
Lufttemperatur innen und außen 28 °C;
mittlerer Luftdruck 1010 hPa;
Wärmeübergangswiderstand innen und außen 0,12 m² K/W;
resultierende Temperatur im Scheibenzwischenraum ca. + 39 °C
 - Produktionsbedingungen
Herstellung im Winter bei + 19 °C und einem hohen Luftdruck von 1030 hPa

- Einwirkungskombination Winter

- Einbaubedingungen
keine Einstrahlung;
k-Wert des Glases 1,8 W/m²K;
Lufttemperatur innen 19 °C und außen -10 °C;
hoher Luftdruck 1030 hPa;
Wärmeübergangswiderstand innen 0,13 m² K/W und außen 0,04 m² K/W;
resultierende Temperatur im Scheibenzwischenraum ca. +2 °C
- Produktionsbedingungen
Herstellung im Sommer bei +27 °C und einem niedrigen Luftdruck von 990 hPa

Eventuell vorhandenen besonderen Temperaturbedingungen am Einbauort kann mit den in Tabelle B1 angegebenen zusätzlichen Werten für ΔT und Δp_0 Rechnung getragen werden.

Tabelle B1: Zusätzliche Werte für ΔT und Δp_0 zur Berücksichtigung besonderer Temperaturbedingungen am Einbauort

Einwirkungskombination	Ursache für erhöhte Temperaturdifferenz	ΔT in K	Δp_0 in kN/m ²
Sommer	Absorption zwischen 30 % und 50 %	+ 9	+ 3
	innenliegender Sonnenschutz (ventiliert)	+ 9	+ 3
	Absorption größer 50 %	+ 18	+ 6
	innenliegender Sonnenschutz (nicht ventiliert)	+ 18	+ 6
	dahinterliegende Wärmedämmung (Paneel)	+ 35	+ 12
Winter	unbeheiztes Gebäude	- 12	- 4

B2: Erläuterungen zur Vorzeichenregelung
Das positive Vorzeichen wird in Richtung der „Hauptlast“ gewählt, z. B. bei einer Vertikalverglasung in Richtung des Winddrucks auf die äußere Scheibe (siehe Bild

B2). Der Richtungspfeil zeigt damit von „außen“ nach „innen“. Diese Regelung bleibt auch erhalten, wenn andere Lasten dominieren, z. B. Windsog oder bei Isolierglas der Innendruck.

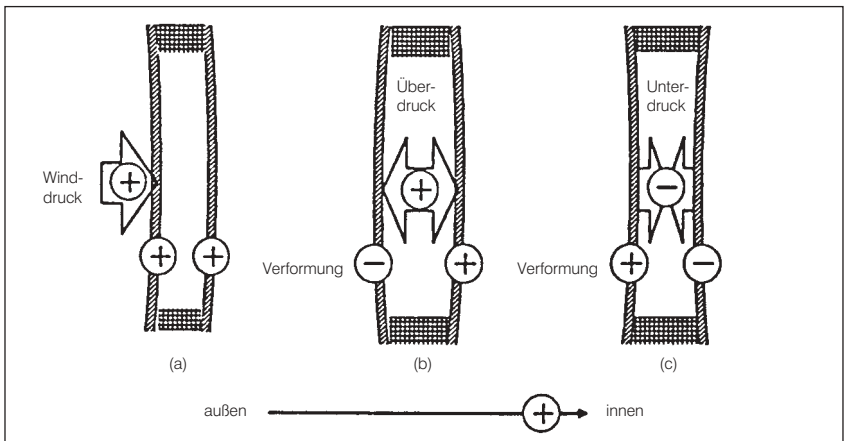


Bild B2: Vorzeichen der Einwirkungen und Vorzeichen der Verformung bei einer Vertikalverglasung (dargestellt ist der verformte Zustand):

(a) Winddruck auf die äußere Scheibe positiv, damit auch die Durchbiegung nach „innen“ positiv

(b) Überdruck im Scheibenzwischenraum (positiv) bewirkt Ausbauchung der Innenscheibe nach innen (positiv) und Ausbauchung der Außenscheibe nach außen (negativ)

(c) Bei Unterdruck im Scheibenzwischenraum ergeben sich die Vorzeichen entsprechend.