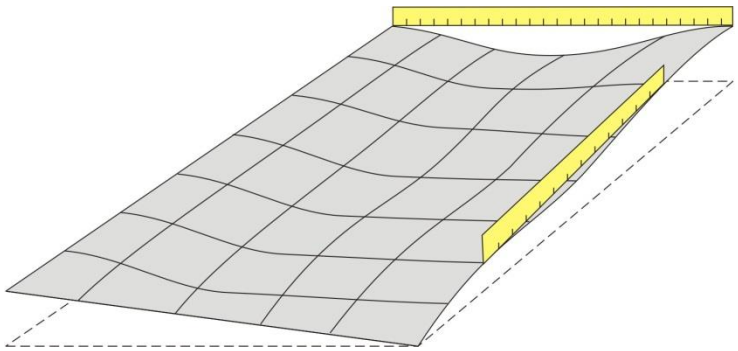
Merkblatt Nr. 6

Toleranzen und Passungsberechnungen für Betonfertigteile (09/2023)



Inhalt

1 Vorbemerkungen ... 2
2 Begriffe und Definitionen ... 2
3 Maßabweichungen ... 3
3.1 Allgemeines ... 3
3.2 Technische Regelwerke ... 3
3.3 Herstellungstoleranzen ... 3
3.4 Montagetoleranzen ... 4
3.5 Toleranzen für Bauwerke ... 4
3.6 Toleranzen von Einbauteilen und Verbindungsmitteln ... 7
3.7 Statisch-konstruktive und sonstige materialabhängige Toleranzen ... 7
3.8 Toleranzen aus Messunsicherheiten ... 8
4 Optische und ästhetische Anforderungen ... 9
5 Zeit- und lastabhängige Verformungen ... 9
6 Passungsberechnungen ... 9
7 Prüfungen ... 10
7.1 Allgemeines ... 10
7.2 Prüfungen im Werk ... 11
7.3 Prüfungen auf der Baustelle ... 11
8 Normen und technische Regelwerke ... 12
9 Literatur ... 12
Anhang A Zusammenstellung der Toleranzen von Bauteilen und Bauwerken ... 13
A.1 Herstellungstoleranzen von Betonfertigteilen ... 13
A.2 Toleranzen für Bauwerke ... 24
A.3 Toleranzen von Einbauteilen und Verbindungsmitteln ... 26
Anhang B Beispiel: Fuge am Auflager eines Spannbetonbinders ... 27
B.1 Allgemeines ... 27
B.2 Ermittlung der Fugenbreite ... 27
B.3 Nennmaß der Fugenbreite und Länge des Binders ... 28
B.4 Fugenbild ... 28
B.5 Alternativen ... 28
Anhang C Beispiel: Fugenbreite von Fassadenplatten ... 29
C.1 Einfügung von Fassadenelementen zwischen bestehende Gebäudestrukturen ... 29
C.2 Ansatz mit geringeren Herstellungstoleranzen ... 32
C.3 Alternative mit anderen Bezugspunkten als in Abschnitt C.1 und C.2 ... 33
Anhang D Beispiel: Maßkontrollen ... 35

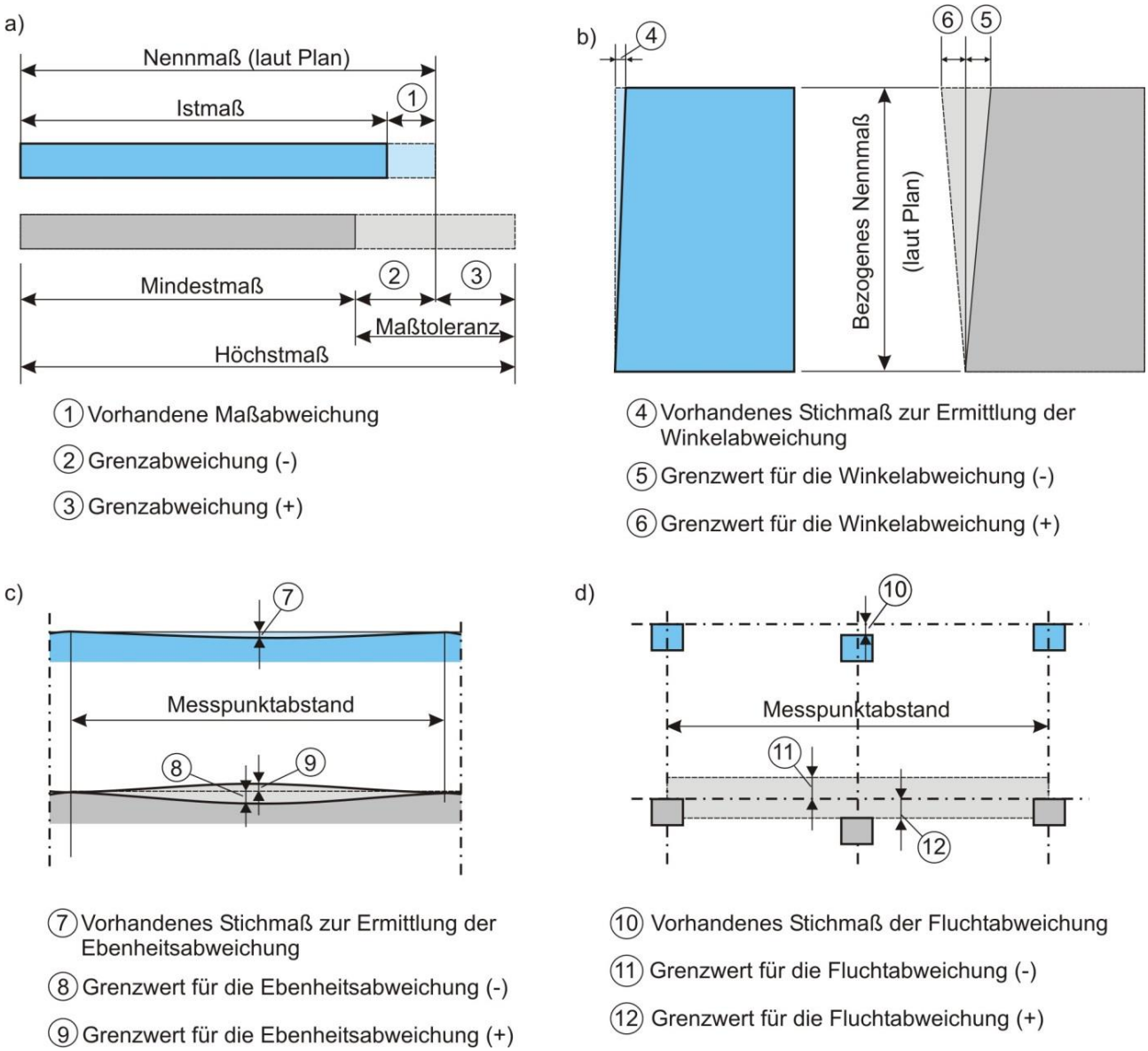
1 Vorbemerkungen

Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Maßen sind im Bauwesen unvermeidbar. Um das pass- und funktionsgerechte Zusammenfügen von Bauwerken und Bauteilen des Roh- und Ausbaus ohne Nacharbeiten zu ermöglichen, ist die Einhaltung von Toleranzen erforderlich. Überlegungen zu Toleranzen sind insbesondere für das Bauen mit Betonfertigteilen von großer Bedeutung.

Dieses Merkblatt gilt für die Planung, Herstellung und Ausführung von Bauwerken aus Betonfertigteilen. Wesentliche Inhalte sind den einschlägigen Regelwerken entnommen und auf die speziellen Belange des Betonfertigteilbaus angepasst.

2 Begriffe und Definitionen

Bild 1 zeigt die wichtigsten Begriffe und Definitionen gemäß DIN 18202.



① Vorhandene Maßabweichung
② Grenzabweichung (-)
③ Grenzabweichung (+)

④ Vorhandenes Stichmaß zur Ermittlung der Winkelabweichung
⑤ Grenzwert für die Winkelabweichung (-)
⑥ Grenzwert für die Winkelabweichung (+)

⑦ Vorhandenes Stichmaß zur Ermittlung der Ebenheitsabweichung
⑧ Grenzwert für die Ebenheitsabweichung (-)
⑨ Grenzwert für die Ebenheitsabweichung (+)

⑩ Vorhandenes Stichmaß der Fluchtabweichung
⑪ Grenzwert für die Fluchtabweichung (-)
⑫ Grenzwert für die Fluchtabweichung (+)

Bild 1: Maß- und Grenzabweichungen gemäß DIN 18202 a) Abweichungen von Längen- und Querschnittsabmessungen, b) Winkelabweichungen c) Ebenheitsabweichung, d) Fluchtabweichung

3 Maßabweichungen

3.1 Allgemeines

Es können folgende Maßabweichungen auftreten:

- Maßabweichungen bei der Herstellung des Bauteils im Fertigteilwerk (Abschnitt 3.3);
- Maßabweichungen bei der Montage bzw. beim Versetzen der Betonfertigteile (Abschnitt 3.4);
- Maßabweichungen bei der Vermessung oder Markierung auf der Baustelle (Abschnitt 3.5).

Jeder einzelne Arbeitsschritt hat Maßabweichungen zur Folge, so dass die Maßgenauigkeit des Bauwerks im fertigen Zustand von den Maßabweichungen der einzelnen Arbeitsschritte abhängt (vergleiche ISO 1803).

3.2 Technische Regelwerke

Allgemeine Herstellungstoleranzen für Betonfertigteile sind in DIN 1045-4:2023-08 angegeben. Weitere Herstellungstoleranzen für spezielle Betonfertigteile enthalten die europäischen Produktnormen für Betonfertigteile.

ANMERKUNG Herstellungstoleranzen für Betonfertigteile waren bis 2012 in DIN 18203-1 geregelt. DIN 18203-1 wurde dann aus formalen Gründen vom DIN aus dem aktiven Normenbestand genommen. Die Toleranzwerte aus DIN 18203-1 entsprechen jedoch weiterhin dem Stand der Technik. DIN 1045-4:2023-08 setzt DIN EN 13369:2018-09 in die deutsche Normung um und enthält neben dem Text von DIN EN 13369:2018-09 nationale Ergänzungen. Eine dieser Ergänzungen in DIN 1045-4:2023-08 ist der Anhang Q, in dem die Toleranzen aus DIN 18203-1 aufgenommen wurden.

Toleranzen im Bauwerk nach DIN 18202 berücksichtigen Markierungs-, Vermessungs- und Montagetoleranzen sowie Toleranzen der anderen Gewerke. Betonfertigteile fallen mit dem Einfügen in das Bauwerk in den Anwendungsbereich der DIN 18202. Es müssen sowohl Bauteiltoleranzen als auch Bauwerkstoleranzen eingehalten werden. Damit im Bauwerk keine Passungsprobleme auftreten, sind Bauteiltoleranzen im Allgemeinen geringer als Bauwerkstoleranzen.

ANMERKUNG Die Anforderungen in DIN 18202 sind material- und bauartunabhängig. Es wird somit lediglich die Funktion des Bauteils und nicht dessen Baustoff oder Herstellungsprozess betrachtet. Eine wesentliche Aufgabe von DIN 18202 ist somit die Sicherstellung der Passung des Gesamtbauwerks sowie die Regelung der Schnittstellen zwischen einzelnen Gewerken und Bauabschnitten.

Maßtoleranzen nach DIN 18202 sind auch dann einzuhalten, wenn diese Norm nicht ausdrücklich vereinbart wurde. So sind z. B. in DIN 1045-3:2023-08, 11.1 (5) und den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen der VOB/C (ATV DIN 18331 Betonarbeiten) Verweise auf DIN 18202 und damit auf die einzuhaltenden Maßabweichungen enthalten, so dass diese somit auch indirekt Anwendung finden (siehe hierzu auch [1] und [2]).

Die in DIN 18202 angegebenen Toleranzen stellen die erreichbare Genauigkeit dar

- für Standardleistungen,
- für Bauteile und Bauwerke im Hochbau mit herkömmlicher Ausführung und üblichen Abmessungen,
- im Rahmen üblicher Sorgfalt.

Toleranznormen decken somit einen durchschnittlichen Erfahrungsbereich ab. Wird dieser Erfahrungsbereich verlassen oder werden für Bauteile oder Bauwerke höhere Genauigkeiten verlangt, so dass der Rahmen üblicher Sorgfalt überschritten wird, sind zulässige Maßabweichungen und die hierfür erforderlichen Messmethoden gesondert zu beauftragen und ausdrücklich in der Leistungsbeschreibung anzugeben.

Grundsätzlich ist bei der Festlegung abweichender Toleranzen zwischen dem technisch Machbaren, den Funktionsanforderungen, dem zusätzlichen Aufwand und den damit verbundenen zusätzlichen Kosten sinnvoll abzuwägen (siehe [2] und [3]).

3.3 Herstellungstoleranzen

Maßabweichungen bei der Herstellung von Betonfertigteilen werden von folgenden Aspekten beeinflusst:

- Herstellung der Schalung: Messungenauigkeiten in Abhängigkeit der gewählten Messgeräte und Messverfahren, Arbeits- bzw. Montageungenauigkeiten bei der Bearbeitung und beim Zusammenbau der Schalungsteile.

- Beanspruchung und Verschleiß der Schalung: Lockerung und Verschiebung innerhalb des Schalungsaufbaus, Abnutzung und Verschleiß der Schalung und ihrer Bestandteile, Verformungen der Schalung während des Herstellungsprozesses.
- Fertigung: Reinigen und Vorbereiten der Schalung, Einbringen und Verdichten des Betons, Nachbehandlung, Ausschalzeitpunkt, Transport und Lagerung.

Zulässige Grenzabweichungen für Stahlbeton- oder Spannbetonfertigteile wie Decken- und Dachplatten, Stützen, Wandtafeln, Binder, Pfetten, Unterzüge oder sonstige Balken enthalten die Tabellen im Anhang A.1.

Die Ebenheit von Betonfertigteilen wird im Allgemeinen nach DIN 18202 beurteilt (Anhang A.2, Tabelle A.3). Die Produktnormen für Wandplatten (Bild A.4), Treppen (Bild A.5) und Deckenplatten mit Ortbetonergänzung (Bild A.8) enthalten ebenfalls Grenzwerte für Ebenheitsabweichungen, die im Zuge der Herstellung eingehalten werden müssen. Auch in diesen Fällen gelten jedoch im eingebauten Zustand die Toleranzen nach DIN 18202.

3.4 Montagetoleranzen

Die Montage wird durch Montageart und Hebezeug, Zugänglichkeit der Montagestelle, Umwelteinflüsse (Wind), Korrektur- und Nachjustiermöglichkeiten sowie angewandte Messverfahren und damit verbundene Messunsicherheiten beeinflusst. Darüber hinaus spielen Erfahrung und Qualifikation des Montagepersonals eine entscheidende Rolle.

Montage- oder Versetztoleranzen sind Erfahrungswerte. Regelwerke mit einheitlichen Richtwerten sind nicht vorhanden. Im Allgemeinen wird eine kontrollierte Montage vorgenommen, bei der nach Zielmarken versetzt und das Justieren mit Mess- und Hilfswerkzeugen durchgeführt wird. Da die Genauigkeiten in diesen Fällen wesentlich höher sind als die üblichen Genauigkeiten auf der Baustelle, ist das Fehlen einheitlicher Werte auch für Passungsüberlegungen oder das Aufstellen von Passungsberechnungen von untergeordneter Bedeutung (siehe auch [2]).

3.5 Toleranzen für Bauwerke

3.5.1 Allgemeines

Toleranzen auf der Baustelle entstehen z. B. beim Einmessen und Abstecken von Achsmaßen durch Messungenauigkeiten in Abhängigkeit der Messpunktentfernung, der Messgeräte und des Messverfahrens sowie durch Ablesefehler. Darüber hinaus spielen örtliche Gegebenheiten, z. B. die Zugänglichkeit der Messstelle sowie Umwelteinflüsse (Wind oder schlechte Sicht) eine Rolle. Vermessungs- oder Markierungstoleranzen treten beim Bauen mit Betonfertigteilen immer dann auf, wenn z. B. Fertigteile in ein Achsraster eingepasst oder in bereits errichteten Bauteilabschnitten montiert werden.

Folgende Grenzabweichungen für Bauwerke sind in DIN 18202 angegeben und in Anhang A.2 zusammengestellt:

- Grenzabweichungen für Maße (Tabelle A.1);
- Grenzwerte für Winkelabweichungen (Tabelle A.2);
- Grenzwerte für Ebenheitsabweichungen (Tabelle A.3);
- Grenzwerte für Abweichungen von der Flucht (Tabelle A.4).

Es müssen sowohl Grenzabweichungen für Längen- oder Querschnittsmaße als auch Grenzwerte für Winkelabweichungen eingehalten werden. Es gilt das jeweils strengere Kriterium. Grenzabweichungen nach Tabelle A.1, Tabelle A.2 und Tabelle A.4 können üblicherweise bei Nennmaßen bis etwa 60 m angewendet werden. Bei größeren Abmessungen sind besondere Überlegungen erforderlich oder sinnvolle objektbezogene Festlegungen zu treffen. Für die Prüfung von Abweichungen auf der Baustelle sind die Anmerkungen in Abschnitt 7.3 zu beachten.

ANMERKUNG 1 Das Messen und Ablesen von Höhenmaßen ist mit größeren Fehlern behaftet als das Messen einer Strecke im Grundriss. Grenzabweichungen im Grundriss sind daher generell geringer als Grenzabweichungen im Aufriss.

ANMERKUNG 2 Grenzabweichungen für die Maße zwischen zwei Bauteilen (lichte Maße) werden von der Vermessung, Herstellung und Montage beider Bauteile beeinflusst und sind daher größer als die Grenzabweichungen von Maßen für Öffnungen in einem Bauteil, die lediglich von der Herstellung dieses Bauteils abhängen.

ANMERKUNG 3 Bei Fluchtabweichungen werden lediglich Zwischenstützen betrachtet. Die Lage der gesamten Stützenreihe im Achsraster wird z. B. über Grenzabweichungen im Grundriss beurteilt.

Ebenheitsabweichungen an Bauteilen werden grundsätzlich getrennt von Grenz- oder Winkelabweichungen betrachtet. Die in Tabelle A.3 genannten „erhöhten Anforderungen“ an die Ebenheit von Flächen sind gesondert zu vereinbaren, da in diesen Fällen besondere Geräte bzw. Technologien zum Einsatz kommen (vgl. DIN 18202, 5.4). Grenzwerte für Ebenheitsabweichungen nichtflächenfertiger Oberflächen sind unabhängig von denen flächenfertiger Oberflächen einzuhalten und dürfen somit nicht addiert werden.

Höhenversätze (siehe Abschnitt 3.5.2) oder singuläre Fehlstellen der Oberflächen von Betonfertigteilen wie z. B. Lunker, Blasen oder Furchen sind nicht durch Toleranznormen abgedeckt und somit sind zulässige Abweichungen gesondert zu vereinbaren.

3.5.2 Höhenversätze und Versprünge zwischen benachbarten Fertigteilen

Anforderungen an die Ebenheit von flächenartigen Bauteilen wie Decken- und Wandplatten beziehen sich auf einzelne Bauteile (Bild 2). Höhenversätze bzw. Versprünge an den Rändern dieser Fläche, also zwischen benachbarten Betonfertigteilen werden vom Anwendungsbereich der DIN 18202 nicht erfasst. Sie sind aus baupraktischen Gründen unvermeidbar, da sie sich einerseits aus Herstellungs- und Montageabweichungen, andererseits aus Vermessungs- und Markierungsabweichungen sowie unter Umständen aus den Abweichungen der Vorgängergewerke ergeben. Allgemein verbindliche Festlegungen für Höhenversätze und Versprünge können daher nicht getroffen werden.

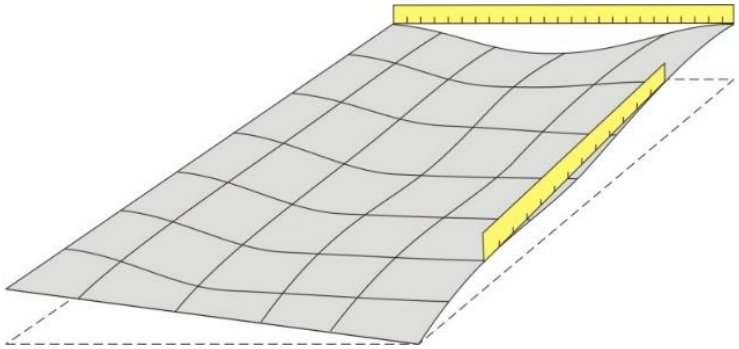


Bild 2: Ebenheitsabweichungen eines Bauteils

Grenzwerte von Höhenversätzen und Versprüngen sowie die jeweils erforderlichen Ausgleichsmaßnahmen sind gesondert festzulegen und zu vereinbaren. Dies gilt insbesondere dann, wenn aus Gründen der Verkehrssicherheit oder Gebrauchstauglichkeit schärfere Toleranzen, z. B. an die Passung von Deckenplatten („Stolperkanten“) oder besondere optische Ansprüche erfüllt werden sollen.

Geringe Versprünge zwischen benachbarten Bauteilen können im Zuge der Montage ausgeglichen werden. Weitergehende Maßnahmen können z. B. sein:

- Ausziehen der Spachtelung,
- Aufspachteln von Teilflächen,
- Ausgleich durch Putzschichten.

Hinweise hierzu enthält [2].

Es ist ebenfalls festzulegen, ob die Höhengleichheit von Bauteilen an der Ober- oder Unterseite bzw. an der Außen- oder Innenseite erzielt werden soll. Eine bündige Montage auf einer Seite der Decken- oder Wandplatten bedeutet, dass der Toleranzausgleich ausschließlich auf der jeweils anderen Seite erfolgen muss.

Bei Wandplatten empfiehlt sich eine bündige Montage an der Innenseite, wenn ein Ausgleich der Toleranzen und ein entsprechender Versatz an der Außenseite aufgrund des größeren Betrachtungsabstands und der häufig strukturierten oder behandelten Oberfläche optisch als weniger störend empfunden wird.

ANMERKUNG Die Ebenheit einer Fläche, die aus vielen kleinen Elementen zusammengesetzt ist, kann mit Hilfe der Toleranznormen bewertet werden, wenn nicht die Höhenversätze oder Versprünge selbst, sondern die gesamte Fläche betrachtet wird. Bei einer ausreichenden Anzahl an Messpunkten ergibt sich ein nahezu kontinuierlicher Verlauf innerhalb dieser Fläche, so dass eine hinreichend genaue Betrachtung der Ebenheitsabweichung auch über benachbarte Elemente hinweg möglich ist. Die Höhenversätze selbst bzw. die Versprünge werden allerdings auch bei dieser Art der Betrachtung außer Acht gelassen. Weitere Hinweise hierzu enthält [2].

3.5.3 Höhenversätze bei vorgespannten Betonfertigteilen

Bei vorgespannten Bauteilen treten neben den in Abschnitt 3.5.2 genannten Aspekten zusätzliche Verformungen in Abhängigkeit von Vorspannkraft und Vorspanngrad auf, die im Zuge der statischen Berechnung erfasst werden (siehe auch Abschnitt 5). Dabei spielen folgende Aspekte eine Rolle:

- Materialkennwerte wie Festigkeit oder Elastizitätsmodul,
- Witterungsbedingungen wie Temperatur oder Luftfeuchtigkeit,
- Ausschalfristen,
- Lagerungsbedingungen.

ANMERKUNG Die rechnerische Erfassung von Verformungen ist mit Abweichungen verbunden, da die rechnerischen Eingangswerte von den tatsächlichen Bedingungen abweichen. So hängt der für Verformungsberechnungen benötigte Elastizitätsmodul des Betons von den Elastizitätsmoduln seiner Bestandteile, insbesondere der Gesteinskörnung ab. Die Angaben zum Elastizitätsmodul des Betons nach DIN EN 1992-1-1, 3.1.3 stellen Richtwerte für Betonsorten mit quarzithaltigen Gesteinskörnungen dar. Bei Gesteinskörnungen aus Kalkstein oder Sandstein liegen die Werte um 10 % bzw. 30 % niedriger, bei Basaltgesteinskörnungen um 20 % höher.

Grenzabweichungen der Überhöhung sind in den Tabellen in Anhang A.1 angegeben.

Höhenversätze zwischen benachbarten vorgespannten Bauteilen sind darüber hinaus unvermeidbar, wenn Herstellungs-, Witterungs- und Lagerungsbedingungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten voneinander abweichen.

Vorgespannte Bauteile mit unterschiedlichen Spannweiten weisen naturgemäß unterschiedliche Überhöhungen bzw. negative Durchbiegungen auf. Die hierdurch auftretenden Höhenversätze können durch Anpassung der konstruktiven Randbedingungen unter Berücksichtigung last- und zeitabhängiger Verformungen verringert, jedoch nicht gänzlich vermieden werden (Bild 3).

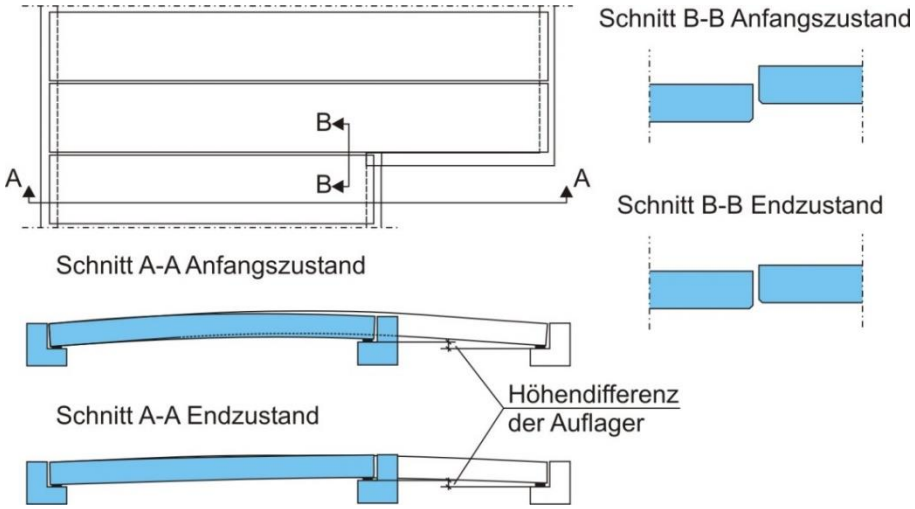


Bild 3: Anpassung der Konstruktion durch hochgezogenes Auflager bei vorgespannten Bauteilen

3.5.4 Fugen

Grundsätzlich hängt die Fugenbreite zwischen Betonfertigteilen von folgenden Einflussfaktoren ab:

- Längenänderungen der Bauteile, z. B. aus Temperaturschwankungen oder Schwinden,
- Verformbarkeit der Fugendichtung,
- Maßabweichungen aus Herstellung und Montage,
- Vermessungs- und Ausführungsungenauigkeiten auf der Baustelle.

Lediglich die beiden erstgenannten Einflussfaktoren können vorab rechnerisch hinreichend exakt ermittelt werden (siehe Abschnitt 3.5.3). Maß- und Ausführungsungenauigkeiten hingegen sind rein zufällige Größen, die sich erst im Laufe des Herstellungs- und Montageprozesses ergeben und daher weder vom Vorzeichen noch zahlenmäßig vorhergesagt werden können. Die Toleranzwerte der Normen geben Höchstwerte an, die sich zwar im Zuge der Herstellung maximal ergeben können, aber nicht zwangsläufig müssen.

Die Aufgabe einer Fuge besteht darin, sowohl zufällige Maßabweichungen als auch Längenänderungen auszugleichen. Ein einheitliches Fugenbild und somit gleiche Fugenbreiten in allen Feldern widersprechen diesem Gedanken. Bei einem einheitlichen Fugenbild dient die Fuge nicht mehr dem Ausgleich von Verformungen und Toleranzen, sondern ausschließlich dazu, optische Ansprüche zu erfüllen. Da aber auch in diesen Fällen weiterhin Maßabweichungen auftreten und ausgeglichen werden müssen, sind besondere Überlegungen anzustellen und Maßnahmen zu vereinbaren, die das übliche Maß der handwerklichen Sorgfalt eines qualifizierten Montageunternehmens übersteigen können.

ANMERKUNG Grenzwerte für die zulässige Dehnung des Fugendichtstoffes sind in DIN 18540 mit 25 % zulässiger Gesamtverformung angegeben, d. h. dass die Breite der Fuge um 25 % gedehnt oder gestaucht werden darf. Da insbesondere Fassadenplatten erheblichen Temperaturschwankungen unterworfen sind, schwankt die Fugenbreite mindestens um diese temperaturbedingten Längenänderungen. Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit des Fugendichtstoffes sind nur dann sichergestellt, wenn die Fugenbreite so groß dimensioniert wird, dass die zulässige Gesamtverformung von 25 % nicht überschritten wird. Bei zu geringen Fugenbreiten besteht die Gefahr, dass die Fuge aufreißt oder zu stark gestaucht wird (siehe IVD-Merkblatt Nr. 27 und Beispiele in Anhang C).

3.6 Toleranzen von Einbauteilen und Verbindungsmitteln

Einbauteile und Verbindungsmittel beim Bauen mit Betonfertigteilen sind z. B.:

- Ankerschienen,
- Querkraftdollen,
- Befestigungsmittel für Fassaden- oder Balkonplatten,
- Ankerplatten und Schweißlaschen,
- Hüllwellrohre,
- Elektrodosen,
- Tür- und Fensterzargen.

Einbauteile und Verbindungsmittel spielen für das pass- und funktionsgerechte Zusammenfügen von Bauteilen oftmals eine wesentliche Rolle. Einige der genannten Einbauteile und Verbindungsmittel besitzen die Möglichkeit der Höhen-, Seiten- oder Abstandjustierung, was das passgerechte Zusammenfügen erleichtert. Toleranzwerte sind auch den Hersteller- und Verwendungsanleitungen der Verbindungsmittelhersteller zu entnehmen.

Toleranzen für Einbauteile und Verbindungsmittel werden in DIN 18202 nicht explizit angegeben. Nennmaße für die Lage von Einbauteilen im Bauwerk müssen allerdings den Grenzabweichungen für Maße nach DIN 18202, Tabelle 1, genügen [2] (Anhang A.3, Tabelle A.6). Um die Passung sicherzustellen, sollte die Lage der Einbauteile im Fertigteil den Grenzabweichungen in DIN 1045-4:2023-08, Tabelle Q.1 genügen (Anhang A.3, Tabelle A.5).

Für Nachfolgegewerke mit besonders hohen Anforderungen an die Genauigkeit (z. B. bei Trägern für die Montage von Stahlbauteilen), müssen Lage und Grenzabweichungen sowie notwendige Bezugspunkte von Einbauteilen unter Umständen gesondert festgelegt und vereinbart werden. Dies gilt auch für Einbauteile, die einen wesentlichen Einfluss auf die Tragfähigkeit eines Bauteils oder auf die Standsicherheit eines Tragwerks haben. In den genannten Fällen können besondere Maßnahmen wie z. B. konstruktive Ausgleichsmöglichkeiten erforderlich sein. Unter Umständen empfiehlt es sich, Maße im eingebauten Zustand zu nehmen und Einbauteile vor Ort einzubauen.

3.7 Statisch-konstruktive und sonstige materialabhängige Toleranzen

Der Teilsicherheitsbeiwert für Beton γ_c nach DIN EN 1992-1-1 deckt Toleranzen hinsichtlich des angewandten Rechenmodells und der Rechenannahmen ebenso ab wie Streuungen der Materialkennwerte wie z. B. der Betondruckfestigkeit.

ANMERKUNG Der Teilsicherheitsbeiwert von Beton beträgt γ_c = 1,50 nach DIN EN 1992-1-1, 2.4.2.4. Bei Fertigteilen besteht nach DIN EN 1992-1-1, A.2.3 (1) die Möglichkeit der Reduzierung des Teilsicherheitsbeiwerts auf γ_c = 1,35, wenn eine Überprüfung der Betondruckfestigkeit an jedem fertigen Bauteil durchgeführt wird und somit die Streuungen der Betondruckfestigkeit eliminiert werden.

Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen berücksichtigen Abweichungen bzw. Vereinfachungen von Lastmodellen oder statischen Systemen sowie Streuungen der Festbeton- und Stahlwichte.

ANMERKUNG Die Teilsicherheitsbeiwerte für Transport- und Montagezustände von Betonfertigeilen dürfen nach DIN EN 1992-1-1, 10.2 (NA.4) u. a. aufgrund der geringeren Schwankung der Einwirkungen auf $\gamma_G = \gamma_Q$ = 1,15 reduziert werden. Der Teilsicherheitsbeiwert für das Eigengewicht von Betonfertigteilen γ_G kann nach DIN 1045-4:2023-08, Anhang C.5 bei bestimmten Maßnahmen um den Faktor 0,95 bzw. 0,90 verringert werden.

Abweichungen der vorhandenen Betondeckung c von den in den Ausführungsplänen festgelegten Werten (Nennmaß der Betondeckung c_{nom} bzw. Verlegemaß der Betondeckung c_v) werden als Vorhaltemaß Δc_{dev} bezeichnet. Bei der Festlegung dieser Abweichungen spielt neben statisch-konstruktiven Aspekten in erster Linie die Dauerhaftigkeit eine Rolle.

ANMERKUNG Werte für das Vorhaltemaß Δc_{dev} finden sich in DIN EN 1992-1-1, 4.4.1.3. Es bestehen Möglichkeiten zur Reduzierung von Δc_{dev} bei Einhaltung entsprechender Qualitätskontrollen (DIN EN 1992-1-1, Abschnitte 4.4.1.3 (3) und NA.10.4). Eine Verringerung von Δc_{dev} unter 5 mm ist nicht zulässig. Das Vorhaltemaß muss auf den Elementzeichnungen angegeben werden.

Falls für Bauteile statisch erforderliche Mindestnennmaße definiert sind, ist die Einhaltung dieser Mindestnennmaße mit ausreichender Zuverlässigkeit sicherzustellen. Angaben zu Mindestnennmaßen sind z. B. in DIN EN 1992-1-1 enthalten. Insbesondere Längen und Breiten von Auflagerbereichen (z. B. Konsolen) sind unter Berücksichtigung entsprechender Toleranzwerte sorgfältig zu planen.

Ausführungstoleranzen, die von den üblichen Toleranzwerten der Normen abweichen, sind in den Ausführungsplänen gesondert anzugeben. Bestimmte Konstruktionen benötigen bei der Ausführung ausreichend Arbeitsraum, der bei den Passungsberechnungen zu berücksichtigen ist (z. B. für Vergusskammern oder Lager).

Geometrische und strukturelle Ungleichmäßigkeiten der Baustoffeigenschaften oder Spannungsumlagerungen infolge Kriechen und Schwinden, die bei speziellen Bauteilen wie z. B. Druckgliedern einen wesentlichen Einfluss auf die Tragfähigkeit haben, werden im Zuge der statischen Berechnung über Ersatzimperfektionen nach DIN EN 1992-1-1 berücksichtigt.

Für Toleranzen, die Auswirkungen auf die Tragsicherheit haben, gilt am fertig gestellten Tragwerk die Toleranzklasse 1 nach DIN 1045-3:2023-08, Abschnitt 11, sofern in den bautechnischen Unterlagen nichts Abweichendes festgelegt ist.

ANMERKUNG Die in DIN 1045-3:2023-08, Abschnitt 11 angegebenen zulässigen Abweichungen der Toleranzklasse 1 entsprechen dem erforderlichen Sicherheitsniveau von DIN EN 1990 und beziehen sich auf die in DIN EN 1992-1-1 angegebenen Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe (siehe DIN 1045-3:2023-08, 11.1 (4)).

Die zulässigen geometrischen Abweichungen in Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit während der Nutzung des Tragwerks und die Passgenauigkeit sind in DIN 1045-3:2023-08, 11 (5) mit Verweis auf DIN 18202 festgelegt. Bei Einhaltung der in DIN 18202 (für Bauwerke) und DIN 1045-4:2023-08, Anhang Q (für Bauteile) festgelegten Toleranzen ist daher von einer ausreichenden Maßgenauigkeit im Sinne von DIN 1045-3 auszugehen. Bei Einhaltung der Bauteiltoleranzen nach DIN 1045-4:2023-08, Anhang Q (siehe Anhang AA.1) kann zudem davon ausgegangen werden, dass keine nachteiligen Auswirkungen auf Tragfähigkeit oder Gebrauchstauglichkeit auftreten.

3.8 Toleranzen aus Messunsicherheiten

Jedes im Bauwesen übliche Messverfahren weist folgende Ungenauigkeiten auf:

- Ungenauigkeit des Messgerätes,
- Ableseungenauigkeit,
- Abweichung der Messtemperatur von der Eichtemperatur des Messgerätes.

Eine Übersicht über gebräuchliche Messgeräte und Anhaltswerte für deren Fehlergrenze zeigt Tabelle 1. Als Fehlergrenze wird die Ungenauigkeit der Messgeräte selbst bezeichnet. Die Messunsicherheit gibt alle bei der Messung auftretenden Abweichungen wieder.

Tabelle 1: Übersicht üblicher Messgeräte und Anhaltswerte für deren Fehlergrenze und Messunsicherheit

Messgerät	**Messlänge [m]**	**Fehlergrenze / Grenzabweichung [mm]**	**Messunsicherheit [mm]**
Gliedermaßstab aus Holz	1,0	1	2
Bandmaß aus Stahl (bei 20°C und einer Zugbelastung von 50 N)	10 20 50	1,2 2,2 5,2	- 5 10
Distanzlasergerät	ca. 70	1,5	1,5

Weitere Hinweise enthält [2]. Zahlenbeispiele enthalten die Anhänge B und C.

4 Optische und ästhetische Anforderungen

Toleranznormen sind nicht für ästhetische Anforderungen oder für die Beurteilung des optischen Erscheinungsbildes eines Bauteils oder Bauwerks erarbeitet worden, sondern für das pass- und funktionsgerechte Zusammenfügen von Bauteilen. Darüber hinaus soll sichergestellt werden, dass die technischen Anforderungen an die Funktion von Bauteilen oder Bauprodukten, z. B. die Abdichtung einer Außenwandfuge, erfüllt werden.

Der Zweck von Toleranznormen ist somit die Erfüllung der Maßhaltigkeit von Bauteilen oder Bauwerken für die im üblichen Hochbau auftretenden Regelfälle. Dies stellt jedoch nicht automatisch sicher, dass auch optische und ästhetische Ansprüche erfüllt werden. Falls Bauaufgaben von Regelfällen abweichen, weil z. B. besondere optische Belange erfüllt werden sollen, liefern die Angaben der Toleranznormen unter Umständen keine zufriedenstellenden Ergebnisse.

Grenzwerte und geeignete Ausgleichsmaßnahmen zur Erzielung optischer und ästhetischer Anforderungen sind daher im Einzelfall zu vereinbaren. Dies gilt auch, falls Toleranznormen als Beurteilungsmaßstab für ästhetische Anforderungen dienen sollen. Hierfür ist eine rechtzeitige Abstimmung zwischen allen Beteiligten erforderlich.

Ansprüche an die Ästhetik müssen jedoch in jedem Fall die Grenzen der herstellungstechnischen und baupraktischen Möglichkeiten berücksichtigen.

5 Zeit- und lastabhängige Verformungen

Zeit- und lastabhängige Verformungen von Stahlbeton- oder Spannbetonfertigteilen sind z. B.:

- Längenänderungen durch gleichmäßige Temperaturänderungen,
- Lastabhängige Verformungen,
- Verformungen infolge Schwinden und Kriechen.

Die genannten zeit- und lastabhängigen Verformungen sind ähnlich wie Herstellungs- oder Montagetoleranzen unvermeidbar, werden aber nicht durch Toleranznormen abgedeckt, sondern können objektbezogen im Zuge der statischen Bemessung rechnerisch ermittelt werden. Eine rechnerische Ermittlung kann jedoch nur so genau sein wie die Genauigkeit der Eingangswerte (siehe Abschnitt 3.5.3).

Bei einigen Verformungen ändern sich Wert und Vorzeichen im Laufe der Nutzungsdauer, z. B. durch Temperaturänderungen, während andere Verformungen, z. B. durch Kriechen und Schwinden, im Allgemeinen irreversibel sind.

Weitere zeit- und lastabhängige Verformungen sind nur mit großem Aufwand berechenbar, da sie durch eine Vielzahl von Eingangsparametern beeinflusst werden, z. B.:

- Verwölbungen infolge ungleichmäßiger Temperaturänderungen,
- Schwindverformungen infolge ungleichmäßigen Schwindens.

6 Passungsberechnungen

Das Bauen ist trotz moderner Fertigungstechniken weiterhin ein mit viel Handarbeit verbundener Prozess, an dessen Ende alle Bauwerke Unikate darstellen. Die Realisierung einer pass- und funktionsgerechten Konstruktion hängt in allen Gewerken von einer Vielzahl von Arbeitsschritten ab, die jeweils mit unvermeidbaren Ungenauigkeiten verbunden sind (siehe Abschnitt 3).

In Toleranznormen sind Grenzabweichungen für Einzelbauteile festgelegt, mit deren Einhaltung die erforderliche Passung mehrerer Bauteile nicht automatisch sichergestellt wird. Um trotz aller Ungenauigkeiten das Zusammenfügen von Bauteilen sicherzustellen, sind daher bereits zu Beginn der Planungsphase Passungsüberlegungen bzw. -berechnungen durchzuführen.

Im Zuge dieser Passungsüberlegungen muss geklärt werden, ob die Anwendung der einschlägigen Toleranznormen sinnvoll ist oder ob aus Passungs- oder optischen Gründen zusätzliche bzw. höhere Genauigkeiten vereinbart werden müssen. Abstimmungsgespräche über Toleranzen und Schnittstellen zwischen den einzelnen Beteiligten und Gewerken sind daher in allen Fällen durchzuführen.

Es gibt folgende Methoden für Passungsberechnungen:

- Passungsberechnung nach der Additionsmethode: Die Höchstwerte aller Einzeltoleranzen werden addiert. Es ergibt sich somit eine maximale Passungswahrscheinlichkeit, aber auch eine maximale Fehlergröße, z. B. eine maximale Fugenbreite.
- Passungsberechnung unter Berücksichtigung einer statistischen Fehlerfortpflanzung: Je mehr Einzeltoleranzen berücksichtigt werden müssen desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens der Höchstwerte aller Einzeltoleranzen an einer Stelle. Daher werden die Einzeltoleranzen nach dem Gauß'schen Fehlerfortpflanzungsgesetz geometrisch addiert, so dass sich eine Gesamtkonstruktionstoleranz unter Berücksichtigung des statistisch wahrscheinlichen Zusammentreffens der einzelnen Toleranzen ergibt.

Die Wahl der geeigneten Methode sollte nicht willkürlich erfolgen, sondern sich nach den tatsächlichen Gegebenheiten richten. Falls viele Prozessschritte von einem einzigen Unternehmen durchgeführt werden, empfiehlt sich eine Passungsberechnung nach der Methode der statistischen Fehlerfortpflanzung.

Falls die Arbeitsschritte von jeweils verschiedenen Unternehmen (Bauunternehmung, Fertigteilhersteller und Montageunternehmen) ausgeführt werden, sollte das Fehlerfortpflanzungsgesetz nur dann angewendet werden, wenn eine rechtzeitige Abstimmung zwischen allen Beteiligten hinsichtlich der Schnittstellen und Toleranzen der einzelnen Gewerke erfolgt.

Folgender Ansatz verknüpft beide Methoden und liefert erfahrungsgemäß für das Bauen mit Betonfertigteilen hinreichend genaue Ergebnisse:

$$\boldsymbol{\delta_{comb}} = \boldsymbol{\delta_{max}} + \sqrt{\sum(\boldsymbol{\delta_i})^2}$$

mit

δ_{comb} Gesamtkonstruktionstoleranz,

δ_{max} maximale Toleranz in der gesamten Prozesskette,

δ_i jede sonstige Toleranz in der Prozesskette.

Zeit- und lastabhängige Verformungen, z. B. aus Temperaturänderungen, oder funktionsbezogene Anforderungen, z. B. Grenzwerte für die zulässige Dehnung einer Fugendichtung, sind bei Passungsberechnungen zu berücksichtigen, wenn sie für das funktionsgerechte Zusammenfügen von Bauteilen wichtig sind.

Beispiele für Passungsberechnungen enthalten die Anhänge B und C.

7 Prüfungen

7.1 Allgemeines

Es ist zu unterscheiden zwischen

- Prüfungen der Bauteile im Fertigteilwerk im Zuge der werkseigenen Produktionskontrolle (Abschnitt 7.2),
- Prüfungen auf der Baustelle (Abschnitt 7.3).

Messergebnisse sind von folgenden Einflüssen abhängig:

- Messgeräte und Messverfahren,
- Witterungs- und Lichtverhältnisse,
- Erfahrung und Sorgfalt des Beobachters.

Messunsicherheiten sind z. B. in Abschnitt 3.8 angegeben. Geringe Messunsicherheiten, die kleiner sind als etwa ein Zehntel der tolerierbaren Maßabweichung, können in der Regel vernachlässigt werden.

Beispiele zur Berücksichtigung von Messunsicherheiten enthalten die Anhänge B und C.

7.2 Prüfungen im Werk

Prüfungen der Maße der fertiggestellten Bauteile werden im Zuge der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) im Fertigteilwerk durchgeführt. Die Häufigkeit der Prüfungen ergibt sich aus dem WPK-Handbuch [4]. Referenzpläne für die Prüfungen enthält DIN 1045-4:2023-08, Anhang D. Zum WPK-System gehören darüber hinaus eine Dokumentation und Verfügbarkeit der Prüfergebnisse sowie Angaben von Maßnahmen bei Feststellung einer Nichtkonformität.

Die in den Toleranznormen angegebenen Werte gelten für die Endprodukte. Die zulässigen Grenzabweichungen in folgenden Herstellungsphasen müssen auf die zulässigen Grenzabweichungen der Endprodukte abgestimmt werden:

- Schalungsbau,
- Bewehren und
- Betonieren.

So ist der fertige Bewehrungskorb auf die korrekten Maße zu überprüfen und evtl. zu korrigieren, so dass die zulässigen Maßabweichungen eingehalten werden. Eine Korrektur der Bewehrungskorblänge ist möglich, wenn beispielsweise die Bewehrung mit Übergreifungsstößen (statt mit Passeisen) ausgeführt wird. Hinweise zu Maßabweichungen inkl. Passlängen enthält das DBV-Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung nach EC 2“. Vor dem Betonieren sind die Maße der Formen zu überprüfen und evtl. zu korrigieren.

Unmittelbar nach dem Betonieren setzen zeit- und mit dem Ausschalen auch lastabhängige Verformungsprozesse ein, z. B. Schwind-, Kriech- und Temperaturdehnungen, die nicht im Zusammenhang mit den Maßabweichungen des eigentlichen Herstellungsprozesses stehen. Form und Abmessungen von Betonfertigteilen ändern sich somit bereits während des Herstellprozesses.

Der Fertigstellungszeitpunkt, zu dem der Herstellungsvorgang als abgeschlossen betrachtet werden darf und somit die Kontrollfähigkeit des Bauteils zur Bewertung der Herstellungstoleranzen erreicht ist, sollte daher so früh wie möglich definiert sein. Dieser Zeitpunkt ist frühestens nach dem Ausschalen erreicht, wenn die Festigkeit der Bauteile so hoch ist, dass alle Maße zweifelsfrei feststellbar sind [2]. Anhang D enthält ein Beispiel für eine Maßkontrolle im Zuge der werkseigenen Produktionskontrolle.

7.3 Prüfungen auf der Baustelle

Nach der Montage und mit dem Einfügen in das Bauwerk fallen Betonfertigteile in den Anwendungsbereich der DIN 18202. Im Gegensatz zu den ständigen WPK-Prüfungen sind auf der Baustelle keine ständigen Kontrollen durchzuführen. Prüfungen der Toleranzen auf der Grundlage von DIN 18202 sollen nicht um ihrer selbst willen durchgeführt werden, sondern nur dann, wenn es einen konkreten Anlass, z. B. Passungsprobleme oder Beeinträchtigungen der Funktion eines Bauteils, gibt.

Solange Passung und Funktion eines Bauteils sichergestellt sind, besteht aus technischer Sicht selbst dann kein Anlass für die Prüfung von Toleranzen oder für eine Beanstandung, wenn die Toleranzwerte der Normen überschritten sind [2]. Vorbeugende Kontrollen können erforderlich sein, um nachfolgende Passungsprobleme oder Funktionseinschränkungen zu vermeiden. Bei der Ausführung und bei der Prüfung ist von einem gleichen Messbezug (Achsbezug, Grenzbezug) auszugehen, um bezugsbedingte Messdifferenzen zu vermeiden.

Ähnlich wie bei den Prüfungen der Bauteile sollten Prüfungen von Toleranzen auf der Baustelle wegen zeit- und lastabhängiger Verformungen so früh wie möglich durchgeführt werden, spätestens jedoch bei der Übernahme des Bauwerksabschnitts durch die Folgegewerke oder unmittelbar nach Fertigstellung des Bauwerks oder Bauwerkabschnitts.

Falls Prüfungen zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt werden, nachdem ein Teil der zeit- und lastabhängigen Verformungen bereits eingetreten ist, müssen die Prüfergebnisse in die entsprechenden Anteile (zeit- und lastabhängig, herstellungs- und ausführungstechnisch) aufgeteilt werden. Lediglich die Anteile aus herstellungs- und ausführungstechnischen Abweichungen sind dann bei der Prüfung zu berücksichtigen.

Messergebnisse werden durch Umwelteinflüsse (Wind etc.) teilweise stark beeinflusst. Zeitpunkt der Prüfung, Prüfumfang und Auswahl geeigneter Messverfahren und Messgeräte sind im Einzelfall festzulegen und bleiben in der Regel dem Prüfer überlassen. Das angewandte Messverfahren und die damit verbundene Messunsicherheit sind anzugeben und bei der Beurteilung zu berücksichtigen. Ausführliche Hinweise zu Prüfungen sowie Messverfahren und Messunsicherheiten enthält [2].

8 Normen und technische Regelwerke

DIN 1045:2023-08 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton

Teil 3: Bauausführung

Teil 4: Betonfertigteile – Allgemeine Regeln

DIN 18065 Gebäudetreppen – Begriffe, Messregeln, Hauptmaße

DIN 18202 Toleranzen im Hochbau; Bauwerke

DIN 18331 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Betonarbeiten

DIN 18540 Abdichten von Außenwandfugen im Hochbau mit Fugendichtstoffen

DIN 18542 Abdichten von Außenwandfugen mit imprägnierten Dichtungsbändern aus Schaumkunststoff — Imprägnierte Dichtungsbänder – Anforderungen und Prüfung

DIN EN 1168 Betonfertigteile – Hohlplatten

DIN EN 1990 Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung mit DIN EN 1990/NA Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter zu DIN EN 1990

DIN EN 1992-1-1 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau mit DIN EN 1992-1-1/NA Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter zu DIN EN 1992-1-1

DIN EN 13224 Betonfertigteile – Deckenplatten mit Stegen

DIN EN 13225 Betonfertigteile – Stabförmige Bauteile

DIN EN 13747 Betonfertigteile – Deckenplatten mit Ortbetonergänzung

DIN EN 13978-1 Betonfertigteile – Betonfertiggaragen – Teil 1: Anforderungen an monolithische oder aus raumgroßen Einzelteilen bestehende Stahlbetongaragen

DIN EN 14843 Betonfertigteile – Treppen

DIN EN 14844 Betonfertigteile – Hohlkastenelemente

DIN EN 14992 Betonfertigteile – Wandelemente

DIN EN 15050 Betonfertigteile – Fertigteile für Brücken

DIN EN 15258 Betonfertigteile – Stützwandelemente

ISO 1803 Bauwesen – Toleranzen – Ausdruck der Maßgenauigkeit – Grundsätze und Begriffe (nur in englischer Sprache erhältlich)

DAfStb-Richtlinie „Betondecken und -dächer aus Fertigteilhohlplatten“, Teil 2: Planung, Bemessung und Ausführung von Betondecken/-dächern mit Spannbetonhohlplatten

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.: Merkblatt „Betondeckung und Bewehrung nach EC2“

IVD-Merkblatt Nr. 27 „Abdichten von Anschluss- und Bewegungsfugen an der Fassade mit spritzbaren Dichtstoffen“

9 Literatur

[1] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 600: Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2), Beuth-Verlag, Berlin, 2020.

[2] R. Ertl, Toleranzen im Hochbau, 4. Auflage Hrsg., Rudolf Müller Verlag, 2021.

[3] K. O. Tiltmann, Toleranzen bei Stahlbetonfertigteilen, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 1977.

[4] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V., Muster-Handbuch der Werkseigenen Produktionskontrolle (Muster-WPK-Handbuch), 2014.

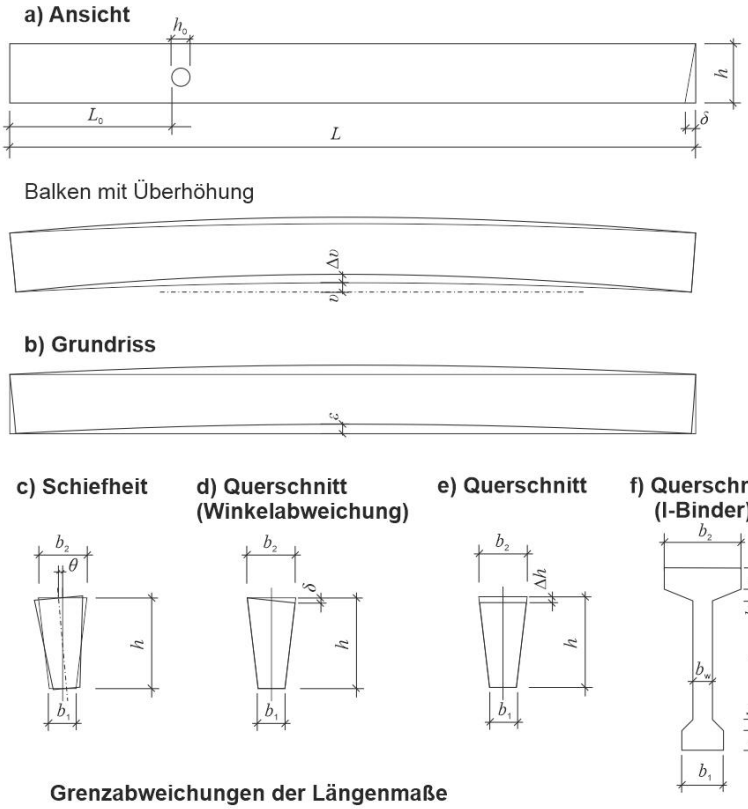
[5] Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V., Spannbetonbinder nach Eurocode 2, 2. Auflage 2015.

Weitere Literatur zu Toleranzen im Betonfertigteilbau:

Paschen, H.; Sack, W.-M.: Maßtoleranzen und Passungsberechnung im Stahlbetonskelett-Fertigteilbau, Bauverlag, 1980

Anhang A Zusammenstellung der Toleranzen von Bauteilen und Bauwerken

A.1 Herstellungstoleranzen von Betonfertigteilen



Grenzabweichungen der Längenmaße

Bauteil	Grenzabweichungen ΔL in [mm] bei Nennmaßen L in [m]							
	≤ 1,5	> 1,5 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0 ≤ 10,0	> 10,0 ≤ 15,0	> 15,0 ≤ 22,0	> 22,0 ≤ 30,0	> 30,0
Längen Stahlbetonbalken	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16	± 18	± 20
Längen Spannbetonbalken	-	-	-	± 16	± 16	± 20	± 25	± 30

Grenzabweichungen der Querschnittsmaße

Bauteil	Grenzabweichungen Δh, Δb in [mm] bei Nennmaßen h, b in [m]					
	≤ 0,15	> 0,15 ≤ 0,3	> 0,3 ≤ 0,6	> 0,6 ≤ 1,0	> 1,0 ≤ 1,5	> 1,5
Querschnittsmaße Balken	± 5	± 6	± 8	± 12	± 16	± 20

Grenzwerte für Winkelabweichungen

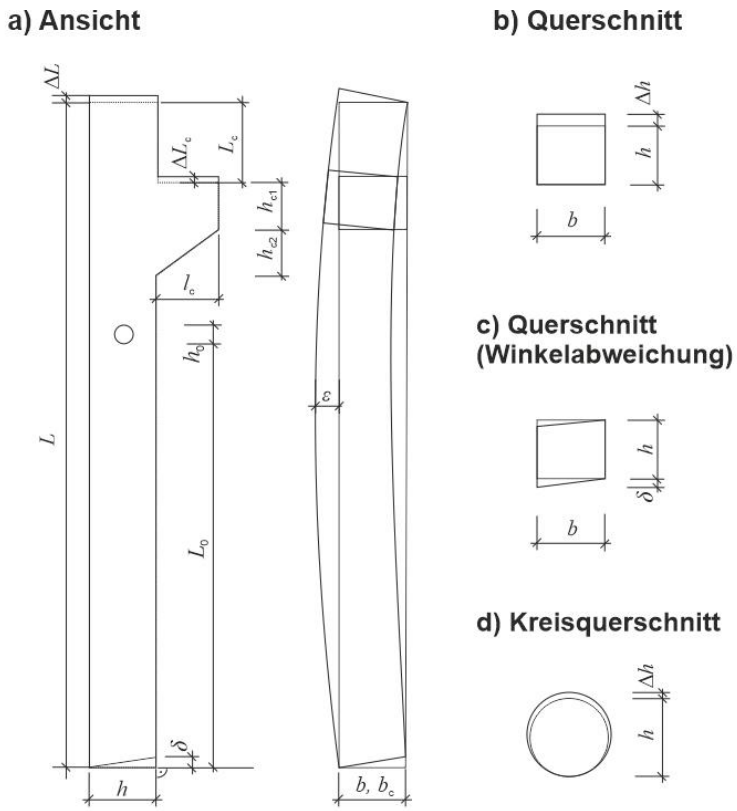
Bauteil	Grenzwerte für Winkelabweichungen δ in [mm]		
Querschnittsmaße Stützen	$\delta \leq h/100$, aber nicht kleiner als 5 mm (h in mm)		
	Vereinfacht können folgende Werte angenommen werden:		
	≤ 0,4 m	> 0,4 m ≤ 1,0 m	> 1,0 m ≤ 1,5 m
	5	6	8

Durch Ausnutzen der Grenzabweichungen der Längen- oder Querschnittsmaße dürfen die Grenzwerte für Winkelabweichungen nicht überschritten werden.
Es gilt das jeweils strengere Kriterium.

Sonstige Grenzwerte

Grenzwert für die Krümmung ε in jeder Hautebene: $\varepsilon = \pm L/700$
Grenzwerte für Abweichungen von der Überhöhung $\Delta v = \pm L/700$ (Bei Spannbetonbalken: $\Delta v = \pm L/470$)
Schiefheit der Längsachse: $\theta = \pm L/700$
Grenzabweichungen für Öffnungen und Einbauteile: - Lage im Bauteil: ΔL_0 wie ΔL (Länge Stahlbetonbalken) - Größe der Öffnung: Δh_0 wie Δh

Bild A.1: Grenzabweichungen für Balken nach DIN 1045-4 und DIN EN 13225



Grenzabweichungen der Längenmaße

Bauteil	Grenzabweichungen ΔL, ΔL_c in [mm] bei Nennmaßen L, L_c in [m]							
	≤ 1,5	> 1,5 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0 ≤ 10,0	> 10,0 ≤ 15,0	> 15,0 ≤ 22,0	> 22,0 ≤ 30,0	> 30,0
Stützenlänge	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16	± 18	± 20

Grenzabweichungen der Querschnittsmaße

Bauteil	Grenzabweichungen Δh, Δb in [mm] bei Nennmaßen h, b in [m]					
	≤ 0,15	> 0,15 ≤ 0,3	> 0,3 ≤ 0,6	> 0,6 ≤ 1,0	> 1,0 ≤ 1,5	> 1,5
Querschnittsmaße Stützen	± 5	± 6	± 8	± 12	± 16	± 20

Grenzwerte für Winkelabweichungen

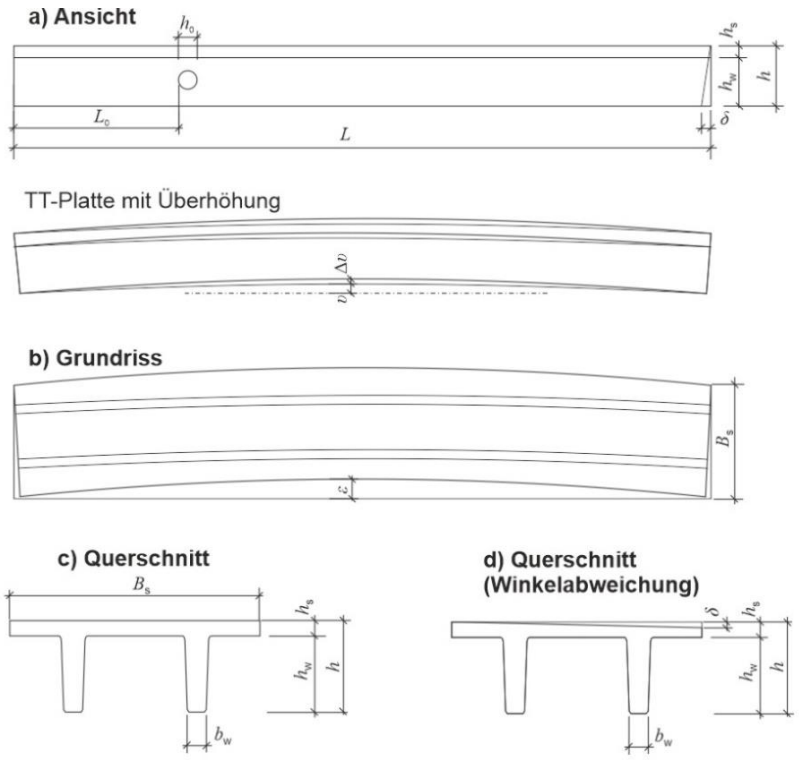
Bauteil	Grenzwerte für Winkelabweichungen δ in [mm]		
Querschnittsmaße Stützen	$\delta \leq h/100$, aber nicht kleiner als 5 mm (h in mm)		
	Vereinfacht können folgende Werte angenommen werden:		
	≤ 0,4 m	> 0,4 m ≤ 1,0 m	> 1,0 m ≤ 1,5 m
	5	6	8

Durch Ausnutzen der Grenzabweichungen der Längen- oder Querschnittsmaße dürfen die Grenzwerte für Winkelabweichungen nicht überschritten werden.
Es gilt das jeweils strengere Kriterium.

Sonstige Grenzwerte

Grenzwert für die Krümmung ε in jeder Hautebene: $\varepsilon = \pm L/700$
Grenzabweichungen für Öffnungen und Einbauteile: - Lage im Bauteil: ΔL_0 wie ΔL (Länge) - Größe der Öffnung: Δh_0 wie Δh

Bild A.2: Grenzabweichungen für Stützen nach DIN 1045-4 und DIN EN 13225



Grenzabweichungen der Längen- und Breitenmaße

Bauteil	Grenzabweichungen ΔL und ΔB_s in [mm] bei Nennmaßen L und B_s in [m]							
	≤ 1,5	> 1,5 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0 ≤ 10,0	> 10,0 ≤ 15,0	> 15,0 ≤ 22,0	> 22,0 ≤ 30,0	> 30,0
Längen von TT-Platten aus Stahlbeton Breiten von TT-Platten aus Stahlbeton und Spannbeton	± 8	± 8	± 10	± 12	± 6	± 20	± 20	± 20
Längen von TT-Platten aus Spannbeton	-	-	-	± 16	± 16	± 20	± 25	± 30

Grenzabweichungen der Querschnittsmaße

Bauteil	Grenzabweichungen $\Delta h_{(w)}$, Δb_w in [mm] bei Nennmaßen in [m]					
	≤ 0,15	> 0,15 ≤ 0,3	> 0,3 ≤ 0,6	> 0,6 ≤ 1,0	> 1,0 ≤ 1,5	> 1,5
Querschnittsmaße der Stege h_w, b_w	± 5	± 6	± 8	± 12	± 16	± 20
Dicke des Deckenspiegels h	± 5	± 8	± 10	-	-	-

Grenzwerte für Winkelabweichungen

Bauteil	Grenzwerte für Winkelabweichungen δ in [mm] bei Nennmaßen in [m]					
	≤ 0,4	> 0,4 ≤ 1,0	> 1,0 ≤ 1,5	> 1,5 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0
Deckenspigel (nicht oberflächenfertig)	6	8	8	8	10	12
Deckenspigel (oberflächenfertig)	5	5	5	6	8	10
Stege	4	6	8	-	-	-

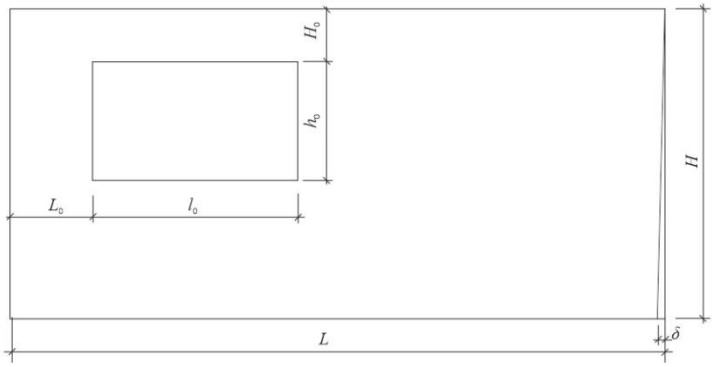
Durch Ausnutzen der Grenzabweichungen der Längen- oder Querschnittsmaße dürfen die Grenzwerte für Winkelabweichungen nicht überschritten werden. Es gilt das jeweils strengere Kriterium.

Sonstige Grenzwerte

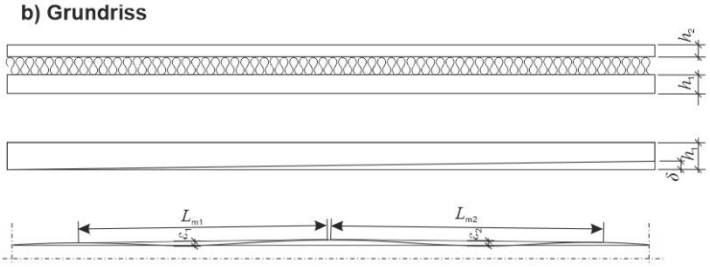
Grenzwert für die seitliche Krümmung: $\varepsilon = \pm L/1000 \geq 10$ mm (Bei vorgespannten TT-Platten: $\varepsilon = L/700 \geq 15$ mm)
Grenzwerte für Abweichungen von der Überhöhung $\Delta v = L/500$
Grenzabweichungen für Öffnungen und Einbauteile: - Lage im Bauteil: ΔL_o wie ΔL (Länge TT-Platten Stahlbeton) - Größe der Öffnung: Δh_o wie Δh_w

Bild A.3: Grenzabweichungen für TT-Platten nach DIN 1045-4 und DIN EN 13224

a) Ansicht



b) Grundriss



Grenzabweichungen der Längen- und Breitenmaße[a]

Bauteil	Grenzabweichungen ΔL, ΔH in [mm] bei Nennmaßen L und H in [m]				
	≤ 1,5	> 1,5 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0 ≤ 10,0	> 10,0 ≤ 15,0
Längen und Breiten von Wandplatten	± 8	± 8	± 10	± 12	± 16
Längen und Breiten von Fassadenplatten	± 5	± 6	± 8	± 10	-

a Die angegebenen Grenzabweichungen erfüllen auch die Anforderungen der Klasse B in DIN EN 14992
Für Klasse A in DIN EN 14992, 4.3.1.1 gelten folgende Grenzwerte:

Grenzabweichungen in [mm] bei Nennmaßen in [m]				
≤ 0,5	> 0,5 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0 ≤ 10,0	> 10,0 ≤ 15,0
± 3[b]	± 5[b]	± 6	± 8	± 10

b Bei kleinteiligen Bekleidungen gilt ± 2 mm

Die Grenzabweichungen der Klasse A müssen gesondert vereinbart werden (siehe DIN EN 14992, 4.3.1.1)

Grenzabweichungen der Querschnittsmaße

Bauteil	Grenzabweichungen Δh in [mm] bei Nennmaßen h in [m]		
	≤ 0,15	> 0,15 ≤ 0,3	> 0,3 ≤ 0,6
Dicke von Wand- und Fassadenplatten	± 5	± 6	± 8

Grenzwerte für Winkelabweichungen

Bauteil	Grenzwerte für Winkelabweichungen δ in [mm] bei Nennmaßen in [m]					
	≤ 0,4	> 0,4 ≤ 1,0	> 1,0 ≤ 1,5	> 1,5 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0
Nicht oberflächenfertige Wandplatten	6	8	8	8	10	12
Oberflächenfertige Wandplatten und Fassadenplatten	5	5	5	6	8	10

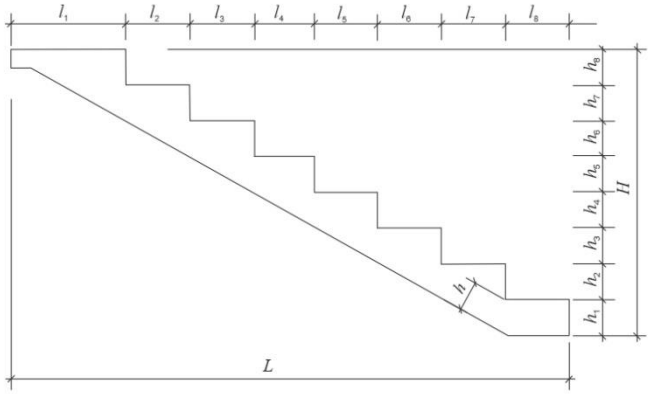
Durch Ausnutzen der Grenzabweichungen der Längenmaße dürfen die Grenzwerte für Winkelabweichungen nicht überschritten werden. Es gilt das jeweils strengere Kriterium.

Sonstige Grenzwerte

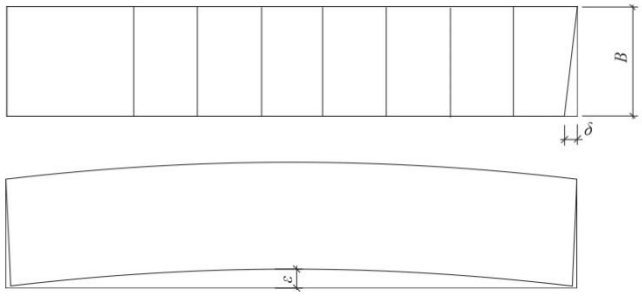
Grenzwerte für die Ebenheit ε (Schalungsseite): - Bei Messabständen L_M = 0,2 m: $\varepsilon \leq 2$ mm - Bei Messabständen L_M = 3,0 m: $\varepsilon \leq 5$ mm	Grenzwerte für die Ebenheit ε (Einfüllseite): - Bei Messabständen L_M = 0,2 m: $\varepsilon \leq 4$ mm - Bei Messabständen L_M = 3,0 m: $\varepsilon \leq 10$ mm
Die Grenzwerte für Ebenheitsabweichungen nach DIN 18202 sind einzuhalten	
Grenzabweichungen für Öffnungen und Einbauteile: - Lage im Bauteil: ΔL_0 und ΔH_0 wie ΔL und ΔH (Länge) ≤ 15 mm (Klasse B in DIN EN 14992)[a] ≤ 10 mm (Klasse A in DIN EN 14992)[a] - Größe der Öffnung: Δh_0 und Δl_0 wie ΔL und ΔH (Länge)	
a Falls nicht anders festgelegt, gilt Klasse B für alle Bauteile (siehe DIN EN 14992, 4.3.1.1)	

Bild A.4: Grenzabweichungen für Wände nach DIN 1045-4 und DIN EN 14992

a) Ansicht



b) Grundriss



Grenzabweichungen der Hauptabmessungen (Länge L, Breite B, Höhe H)

Bauteil	Grenzabweichungen ΔL, ΔB und ΔH in [mm] bei Nennmaßen L, B und H in [m]							
	≤ 1,5	> 1,5 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0 ≤ 10,0	> 10,0 ≤ 15,0	> 15,0 ≤ 22,0	> 22,0 ≤ 30,0	> 30,0
Hauptabmessungen von Treppenplatten	± 8	± 8	± 10	± 12	± 16	± 20	± 20	± 20

Grenzabweichungen der Querschnittsmaße

Bauteil	Grenzabweichungen Δh in [mm] bei Nennmaßen in [m]		
	≤ 0,15	> 0,15 ≤ 0,30	> 0,30 ≤ 0,60
Dicke von Treppenplatten h	± 5	± 8	± 10

Grenzwerte für Winkelabweichungen

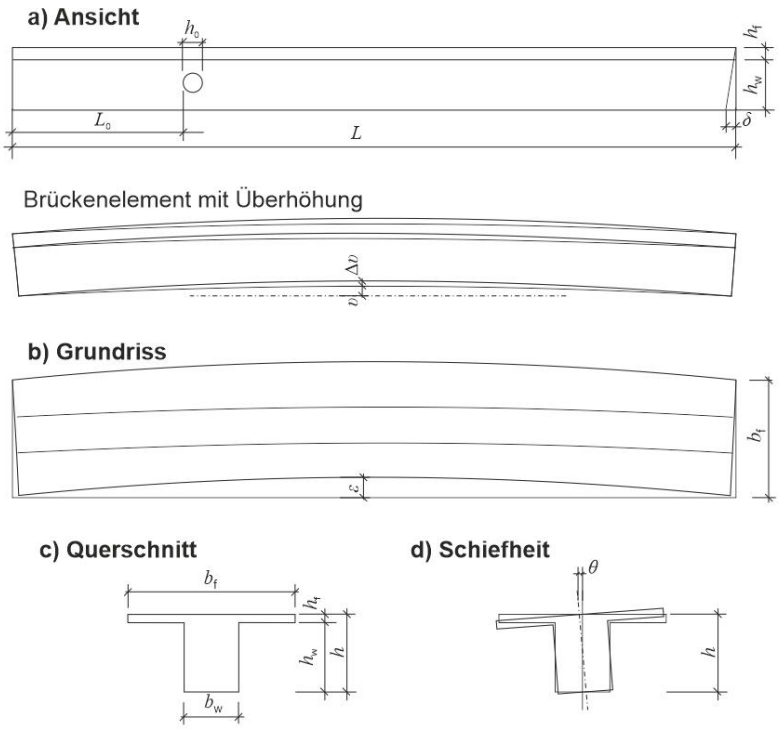
Bauteil	Grenzwerte für Winkelabweichungen δ in [mm] bei Nennmaßen in [m]					
	≤ 0,4	> 0,4 ≤ 1,0	> 1,0 ≤ 1,5	> 1,5 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0
Treppenplatte (nicht oberflächenfertig)	6	8	8	8	10	12
Treppenplatte (oberflächenfertig)	5	5	5	6	8	10

Durch Ausnutzen der Grenzabweichungen der Längen- oder Querschnittsmaße dürfen die Grenzwerte für Winkelabweichungen nicht überschritten werden. Es gilt das jeweils strengere Kriterium.

Sonstige Grenzwerte

Grenzwert für die Krümmung (seitliches Ausweichen): $\varepsilon = \pm L/1000 \geq 10$ mm
Grenzwert für die Ebenheit der Oberfläche: $\Delta h = h_{01} - h_{02} = 2 + l_e/500$ Die Grenzwerte für Ebenheitsabweichungen nach DIN 18202 sind einzuhalten
Maximale Treppensteigung und kleinster Treppenauftritt nach DIN 18065 müssen in jedem Fall eingehalten werden.
Abweichungen der Istmaße von Treppensteigung und -auftritt innerhalb eines fertigen Treppenlaufes dürfen gegenüber den Nennmaßen nicht mehr als 5 mm betragen (DIN 18065).
Abweichungen der Istmaße von einer Stufe zur benachbarten Stufe dürfen nicht mehr als 5 mm betragen (DIN 18065).
Abweichungen der Istmaße der Steigung der Antrittstufe vom Nennmaß (DIN 18065): - Bei Gebäuden im Allgemeinen: 5 mm; - Bei Wohngebäuden mit bis zu zwei Wohnungen und innerhalb von Wohnungen: 15 mm.

Bild A.5: Grenzabweichungen für Treppen nach DIN 1045-4, DIN EN 14843 und DIN 18065



Grenzabweichungen der Längen- und Breitenmaße

Bauteil	Grenzabweichungen ΔL und ΔB_s in [mm] bei Nennmaßen L und B_s in [m]							
	≤ 1,5	> 1,5 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0 ≤ 10,0	> 10,0 ≤ 15,0	> 15,0 ≤ 22,0	> 22,0 ≤ 30,0	> 30,0
Länge von Brückenträgern (nicht vorgespannt) Breite der Platte	± 8	± 8	± 10	± 12	± 6	± 20	± 20	± 20
Länge von Brückenträgern (vorgespannt)	-	-	-	± 16	± 16	± 20	± 25	± 30

Grenzabweichungen der Querschnittsmaße

Bauteil	Grenzabweichungen $\Delta h_{(w)}$, Δb_w in [mm] bei Nennmaßen in [m]					
	≤ 0,15	> 0,15 ≤ 0,30	> 0,30 ≤ 0,60	> 0,60 ≤ 1,0	> 1,0 ≤ 1,5	> 1,5
Querschnittsmaße der Stege h_w, b_w	± 5	± 6	± 8	± 12	± 16	± 20
Dicke der Platte h_f	± 5	± 8	± 10	-	-	-

Grenzwerte für Winkelabweichungen

Bauteil	Grenzwerte für Winkelabweichungen δ in [mm] bei Nennmaßen in [m]					
	≤ 0,40	> 0,40 ≤ 1,0	> 1,0 ≤ 1,50	> 1,50 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0
Platte	6 ≤ 0,02 b_f	8	8	8	10	12
Brückenträger	4	6	8	-	-	-

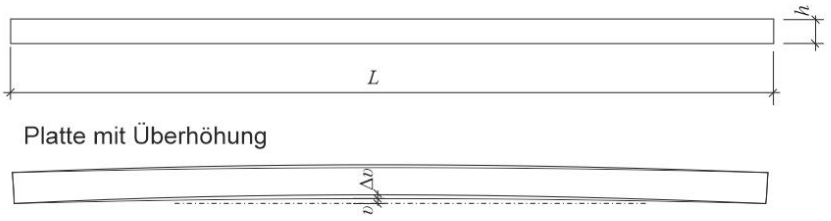
Durch Ausnutzen der Grenzabweichungen der Längen- oder Querschnittsmaße dürfen die Grenzwerte für Winkelabweichungen nicht überschritten werden. Es gilt das jeweils strengere Kriterium.

Sonstige Grenzwerte

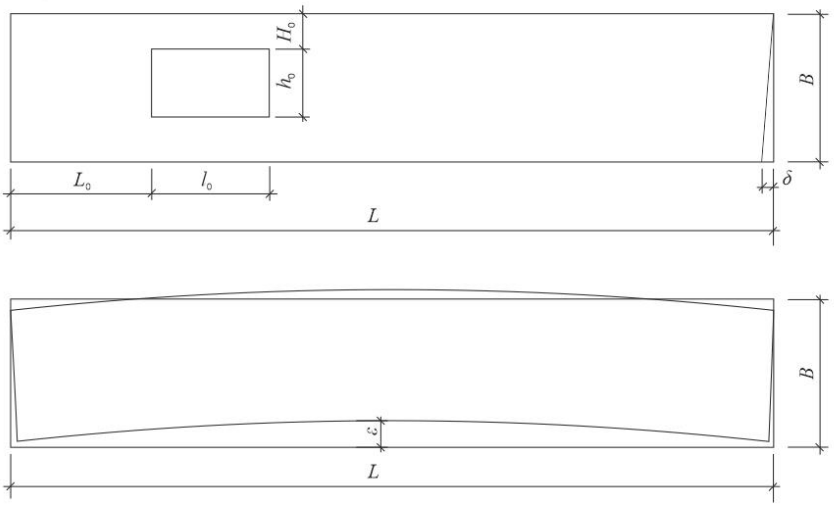
Grenzwert für die Krümmung (seitliches Ausweichen): $\varepsilon = \pm L/500$
Schiefheit der Längsachse: $\theta = \pm 0{,}015\ h$
Grenzwerte für Abweichungen von der Überhöhung $\Delta v = L/800$ oder ± 50% des Nennwertes (der größere Wert ist maßgebend)
Grenzabweichungen für Öffnungen und Einbauteile: - Lage im Bauteil: ΔL_0 wie ΔL (Länge) - Größe der Öffnung: Δh_0 wie Δh_w

Bild A.6: Grenzabweichungen für Brücken nach DIN 1045-4 und DIN EN 15050

a) Ansicht



b) Grundriss



Grenzabweichungen der Längen- und Breitenmaße

Bauteil	Grenzabweichungen ΔL und ΔB in [mm] bei Nennmaßen L und B in [m]							
	≤ 1,5	> 1,5 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0 ≤ 10,0	> 10,0 ≤ 15,0	> 15,0 ≤ 22,0	> 22,0 ≤ 30,0	> 30,0
Längen und Breiten von Deckenplatten	± 8	± 8	± 10	± 12	± 16	± 20	± 20	± 20

Grenzabweichungen der Querschnittsmaße

Bauteil	Grenzabweichungen Δh in [mm] bei Nennmaßen h in [m]		
	≤ 0,15	> 0,15 ≤ 0,30	> 0,30 ≤ 0,60
Querschnittsdicke von Deckenplatten	± 5	± 8	± 10

Grenzwerte für Winkelabweichungen

Bauteil	Grenzwerte für Winkelabweichungen θ in [mm] bei Nennmaßen in [m]					
	≤ 0,40	> 0,40 ≤ 1,0	> 1,0 ≤ 1,50	> 1,50 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0
Deckenplatten (nicht oberflächenfertig)	6	8	8	8	10	12
Deckenplatten (oberflächenfertig)	5	5	5	6	8	10

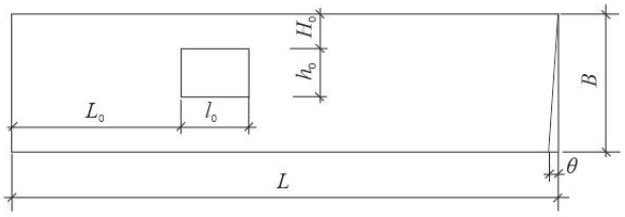
Durch Ausnutzen der Grenzabweichungen der Längen- oder Querschnittsmaße dürfen die Grenzwerte für Winkelabweichungen nicht überschritten werden. Es gilt das jeweils strengere Kriterium.

Sonstige Grenzwerte

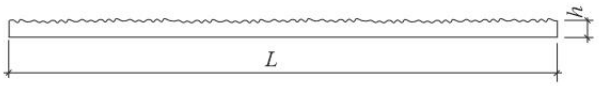
Grenzwert für die Krümmung (seitliches Ausweichen): $\varepsilon = \pm L/1000 \geq 10$ mm (Bei vorgespannten Platten: $\varepsilon = L/700 \geq 15$ mm)
Grenzwerte für Abweichungen von der Überhöhung $\Delta\upsilon = L/700$
Grenzabweichungen für Öffnungen und Einbauteile: - Lage im Bauteil: ΔL_0 wie ΔL - Größe der Öffnung: Δh_0 wie Δh

Bild A.7: Grenzabweichungen für Massivdecken nach DIN 1045-4

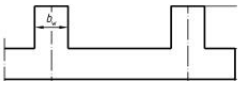
a) Grundriss



b) Längsschnitt



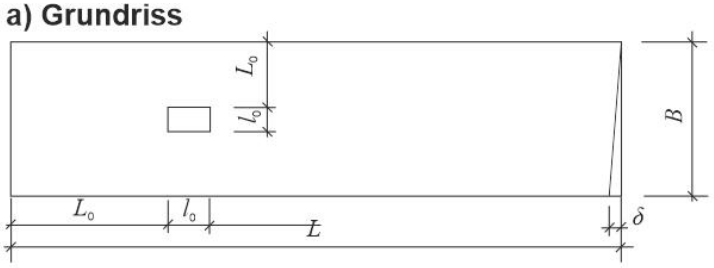
c) Querschnitt bei Decken mit Versteifungsrippen



Grenzabweichungen für die Länge: ΔL = ± 20 mm
Grenzabweichungen für die Breite: ΔB = + 5 mm, - 10 mm
Grenzabweichungen für die Dicke: Δh = + 10 mm, - [min {h/10; 10 mm}] ≥ 5 mm
Grenzabweichungen für die Schiefheit: θ = ± (5 + L/1000) bzw. ± (5 + B/1000) mm
Grenzabweichungen für die Ebenheit der Schalungsseite: - ± 1 mm auf 0,20 m Länge - ± 3 mm auf 1 m Länge
Grenzabweichung für die Lage von Verdrängungskörpern: - ± b_w/10 mm in Querrichtung, mit b_w Breite der Versteifungsrippe zwischen den Verdrängsungskörpern (s. Bild)
Grenzabweichungen für Einbauteile, Öffnungen und Aussparungen: - Lage im Bauteil: ΔL_0 und ΔH_0 wie ΔL und ΔB (Länge) ≤ ± 30 mm - Größe der Öffnung: Δh_0 und Δl_0 wie Δh ≤ ± 30 mm
Toleranzen für die Bewehrung: - ± 5 mm vertikal für die Längsbewehrung - + 50 mm für den Abstand der ersten Diagonalen / unteren Gurtverbindung zum Rand der Fertigteilplatte - ± 10 mm für die vertikale Position von Verbund- und Querbewehrung

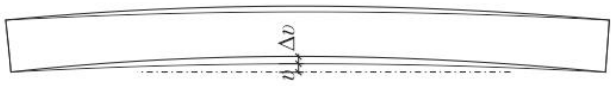
Bild A.8: Grenzabweichungen für Deckenplatten mit Ortbetonergänzung nach DIN EN 13747

a) Grundriss

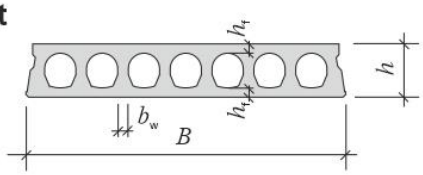


b) Ansicht

Platten mit Überhöhung



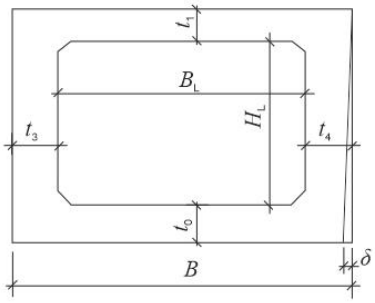
c) Schnitt



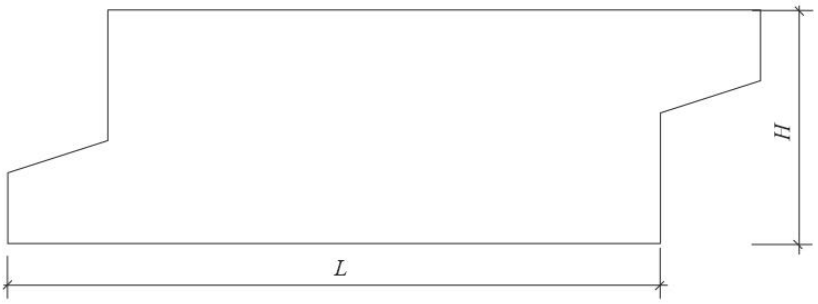
Grenzabweichungen für die Länge: ΔL = ± 25 mm
Grenzabweichungen für die Breite: ΔB = ± 5 mm allgemein ΔB = ± 25 mm bei Passplatten und längs gesägten Platten
Grenzabweichungen für die Dicke h: - Δh = - 5 mm, + 10 mm bei $h \leq 150$ mm - Δh = ± 15 mm bei $h \geq 250$ mm Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden
Grenzabwerte für Winkelabweichungen: - δ = 10 mm bei oberflächenfertigen Deckenplatten - δ = 12 mm bei nicht oberflächenfertigen Deckenplatten
Grenzabweichungen für die Plattenspiegel h_t: - Δh_t = - 10 mm, + 15 mm für den Einzelflansch Mindestmaße der Plattenspiegel min h_t bei biegeweicher Auflagerung: min h_t = 27,5 mm bei $h \leq 250$ mm; min h_t = 36,6 mm bei h = 500 mm (Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden)
Grenzabweichungen für die Stegdicke b_w: - Δb_w = ± 10 mm bei Einzelstegen - Δb_w = ± 20 mm für die Summe der Platte (Σb_w) Mindestmaß der Stegdicke b_w bei biegeweicher Auflagerung: min b_w = 35 mm bei $h \leq 300$mm; min b_w = 55 mm bei h = 500 mm (Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden)
Vertikale Lage der Bewehrung - Einzelne Litze: ± 10 mm bei h ≤ 200 mm ± 15 mm bei h ≥ 250 mm Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden - Mittelwert für alle Litzen: ± 7 mm;
Grenzwerte für Abweichungen von der Überhöhung - Δv = ± 10 (+ L/1000)
Grenzabweichungen für Öffnungen: - Lage in Längsrichtung: ΔL_0 = ± 50 mm - Lage in Querrichtung: ΔL_0 = ± 25 mm - Abmessungen: Δl_0 = ± 25 mm

Bild A.9: Grenzabweichungen für Hohlplatten nach DIN EN 1168 und DAfStb-Richtlinie „Betondecken und -dächer aus Fertigteilhohlplatten“, Teil 2: Spannbetonhohlplatten

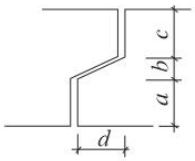
a) Schnitt



b) Ansicht



c) Fugenausbildung

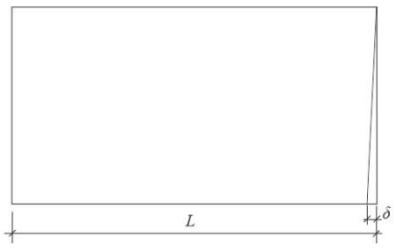


Grenzabweichungen

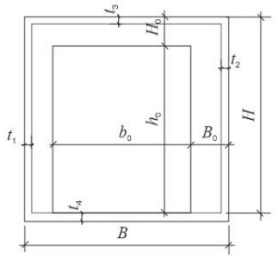
Grenzabweichung für die Länge: ΔL = ± 1 % ≥ 15 mm
Grenzabweichung für die lichte Breite und lichte Höhe: ΔB_L, ΔH_L = ± 1 % ≤ +15 mm und -10 mm
Grenzabweichung für die Decken- und Bodenplatte und für die Wandungen: Δt_0, Δt_1, Δt_2, Δt_3 = ± 10 mm
Grenzabweichung für die Fugenausbildung a, b, c, d: ± 10 mm
Grenzabweichung für die Schiefheit δ: - Für Innenmaße ≤ 2000 mm: 10 mm, - Für Innenmaße > 2000 mm und ≤ 4000 mm: 15 mm, - Für Innenmaße > 4000 mm: 20 mm.
Ebenheitsabweichung maximal 10 mm (Länge der Messlatte 1500 mm)

Bild A.10: Grenzabweichungen für Hohlkastenelemente nach DIN EN 14844

a) Ansicht



b) Schnitt



Grenzabweichungen der Längen- und Breitenmaße

Bauteil	Grenzabweichungen ΔL und ΔB_s in [mm] bei Nennmaßen L und B_s in [m]					
	≤ 1,5	> 1,5 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0 ≤ 10,0	> 10,0 ≤ 15,0	> 15,0 ≤ 22,0
Wände und Decke	± 8	± 8	± 10	± 12	± 16	± 20

Maximale Abweichung für die Position von Öffnungen: ± 20 mm

Grenzabweichungen der Querschnittsmaße

Bauteil	Grenzabweichungen $\Delta h_{(w)}$, Δb_w in [mm] bei Nennmaßen in [m]		
	≤ 0,15	> 0,15 ≤ 0,30	> 0,30 ≤ 0,60
Decke	± 5	± 8	± 10
Wände	± 5	± 6	± 8

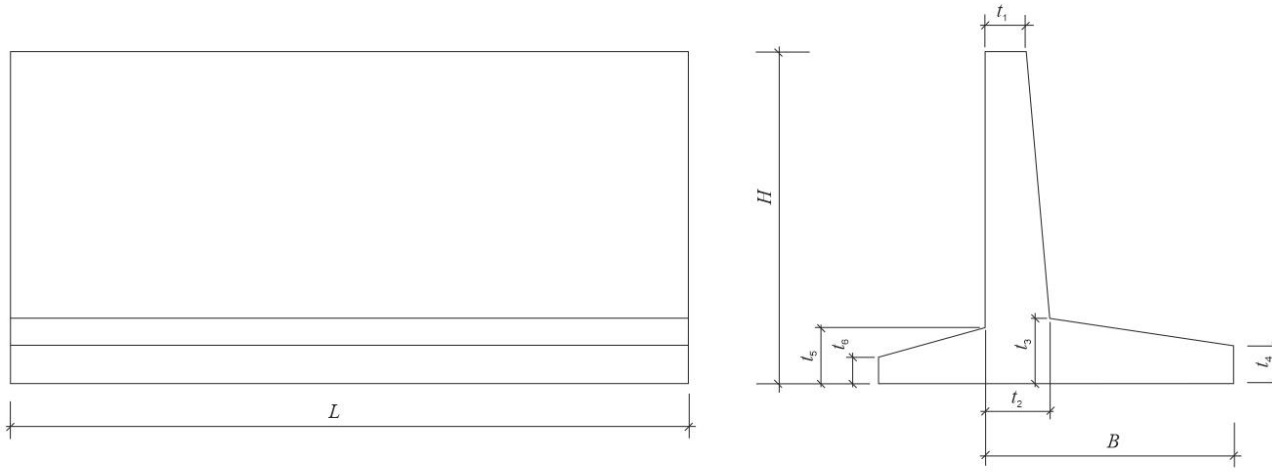
Grenzwerte für Winkelabweichungen

Bauteil	Grenzwerte für Winkelabweichungen δ in [mm] bei Nennmaßen in [m]					
	≤ 0,40	> 0,40 ≤ 1,0	> 1,0 ≤ 1,50	> 1,50 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0
Wände und Decke	5	5	5	6	8	10

Durch Ausnutzen der Grenzabweichungen der Längen- oder Querschnittsmaße dürfen die Grenzwerte für Winkelabweichungen nicht überschritten werden. Es gilt das jeweils strengere Kriterium.

Bild A.11: Grenzabweichungen für Betonfertiggaragen nach DIN 1045-4 und DIN EN 13978-1

a) Ansicht **b) Schnitt**



Grenzabweichungen der Längen- und Breitenmaße

Bauteil	Grenzabweichungen ΔL und ΔB_s in [mm] bei Nennmaßen L und B_s in [m]					
	≤ 1,5	> 1,5 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0 ≤ 10,0	> 10,0 ≤ 15,0	> 15,0 ≤ 22,0
Stützwände	± 8	± 8	± 10	± 12	± 16	± 20

Grenzabweichungen der Querschnittsmaße

Bauteil	Grenzabweichungen $\Delta h_{(w)}$, Δb_w in [mm] bei Nennmaßen in [m]		
	≤ 0,15	> 0,15 ≤ 0,30	> 0,30 ≤ 0,60
Stützwände	± 5	± 6	± 8

Grenzwerte für Winkelabweichungen

Bauteil	Grenzwerte für Winkelabweichungen δ in [mm] bei Nennmaßen in [m]					
	≤ 0,40	> 0,40 ≤ 1,0	> 1,0 ≤ 1,50	> 1,50 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0
Stützwände	5	5	5	6	8	10

Durch Ausnutzen der Grenzabweichungen der Längen- oder Querschnittsmaße dürfen die Grenzwerte für Winkelabweichungen nicht überschritten werden. Es gilt das jeweils strengere Kriterium.

Bild A.12: Grenzabweichungen für Stützwandelemente nach DIN 1045-4 (in der europäischen Produktnorm DIN EN 15258 sind keine spezifischen Toleranzen enthalten)

A.2 Toleranzen für Bauwerke

Toleranzen für Bauwerke sind in Tabelle A.1 bis Tabelle A.4 angegeben.

Tabelle A.1: Grenzabweichungen für Maße (gemäß DIN 18202, Tabelle 1)

Bezug	**Grenzabweichungen in [mm] bei Nennmaßen in [m]**					
	≤ 1,0	**> 1,0 ≤ 3,0**	**> 3,0 ≤ 6,0**	**> 6,0 ≤ 15,0**	**> 15,0 ≤ 30,0**	**> 30,0[a]**
Maße im Grundriss, z. B. Längen, Breiten, Achs- und Rastermaße	± 10	± 12	± 16	± 20	± 24	± 30
Maße im Aufriss, z. B. Geschoss- oder Podesthöhen, Abstände von Konsolen	± 10	± 16	± 16	± 20	± 30	± 30
Lichte Maße im Grundriss, z. B. Maße zwischen Stützen	± 12	± 16	± 20	± 24	± 30	-
Lichte Maße im Aufriss, z. B. unter Decken und Unterzügen	± 16	± 20	± 20	± 30	-	-
Öffnungen, z. B. für Fenster, oder Außentüren[b]	± 10	± 12	± 16	-	-	-
Öffnungen wie vor, jedoch mit oberflächenfertigen Leibungen	± 10	± 10	± 12	-	-	-
a Diese Grenzabweichungen können bei Nennmaßen bis etwa 60 m angewendet werden. Bei größeren Maßen sind besondere Überlegungen erforderlich. b Innentüren siehe DIN 18100.						

Tabelle A.2: Grenzwerte für Winkelabweichungen (gemäß DIN 18202, Tabelle 2)

Bezug	**Stichmaße als Grenzwerte in [mm] bei Nennmaßen in [m]**						
	≤ 0,5	**> 0,5 ≤ 1,0**	**> 1,0 ≤ 3,0**	**> 3,0 ≤ 6,0**	**> 6,0 ≤ 15,0**	**> 15,0 ≤ 30,0**	**> 30,0[a]**
Vertikale, horizontale und geneigte Flächen	3	6	8	12	16	20	30
a Diese Grenzabweichungen können bei Nennmaßen bis etwa 60 m angewendet werden. Bei größeren Maßen sind besondere Überlegungen erforderlich.							

Tabelle A.3: Grenzwerte für Ebenheitsabweichungen (gemäß DIN 18202, Tabelle 3); Zwischenwerte sind linear zu interpolieren und auf ganze Millimeter zu runden

Bezug	**Stichmaße als Grenzwerte in [mm] bei Messpunktabständen in [m]**				
	≤ 0,1	**1,0**	**4,0**	**10,0**	**15,0[a]**
Nichtflächenfertige Oberseiten von Decken oder Bodenplatten mit geringer Anforderung, z. B. Elementdecken	10	15	20	25	30
Nichtflächenfertige Oberseiten von Decken oder Bodenplatten zur Aufnahme von Bodenaufbauten	5	8	12	15	20
Flächenfertige Oberseiten von Decken oder Bodenplatten für untergeordnete Zwecke, z. B. in Lagerräumen oder Kellern					
Flächenfertige Oberseiten von Decken oder Bodenplatten mit normaler Anforderung	2	4	10	12	15
Flächenfertige Oberseiten von Decken oder Bodenplatten mit erhöhten Anforderungen	1	3	9		
Nichtflächenfertige Wände und Unterseiten von Decken	5	10	15	25	30
Flächenfertige Wände und Unterseiten von Decken mit normaler Anforderung	3	5	10	20	25
Flächenfertige Wände und Unterseiten von Decken mit erhöhten Anforderungen	2	3	8	15	20
a Die Grenzwerte für Ebenheitsabweichungen gelten auch für Messpunktabstände über 15 m.					

Tabelle A.4: Grenzwerte für Fluchtabweichungen bei Stützen (gemäß DIN 18202, Tabelle 4)

Bezug	**Stichmaße als Grenzwerte in [mm] bei Nennmaßen in [m] als Messpunktabstand**				
	≤ 3,0	**> 3,0 ≤ 6,0**	**> 6,0 ≤ 15,0**	**> 15,0 ≤ 30,0**	**> 30,0**
Zulässige Abweichungen von der Flucht	8	12	16	20	30

A.3 Toleranzen von Einbauteilen und Verbindungsmitteln

Es ist zu unterscheiden zwischen den Grenzabweichungen der Lage der Einbauteile im Betonfertigteil (Tabelle A.5) und der Lage der Einbauteile im Bauwerk (Tabelle A.6).

Tabelle A.5: Grenzabweichungen der Lage der Einbauteile und Verbindungsmittel im Fertigteil (gemäß DIN 1045-4, Tabelle Q.1)

Einbauteile in	**Grenzabweichungen ΔL in [mm] bei Nennmaßen L in [m]**							
	≤ 1,5	**> 1,5 ≤ 3,0**	**> 3,0 ≤ 6,0**	**> 6,0 ≤ 10,0**	**> 10,0 ≤ 15,0**	**> 15,0 ≤ 22,0**	**> 22,0 ≤ 30,0**	**> 30,0**
Stabförmigen Bauteilen	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16	± 18	± 20
Decken- und Wandplatten	± 8	± 8	± 10	± 12	± 16	± 20	± 20	± 20
Fassadenplatten	± 5	± 6	± 8	± 10	-	-	-	-

Tabelle A.6: Grenzabweichungen der Lage der Einbauteile und Verbindungsmittel im Bauwerk (gemäß DIN 18202, Tabelle 1)

Einbauteile in	**Grenzabweichungen ΔL in [mm] bei Nennmaßen L in [m]**					
	≤ 1,0	**> 1,0 ≤ 3,0**	**> 3,0 ≤ 6,0**	**> 6,0 ≤ 15,0**	**> 15,0 ≤ 30,0**	**> 30,0**
Im Grundriss[1)]	± 10	± 12	± 16	± 20	± 24	± 30
Im Aufriss[1)]	± 10	± 16	± 16	± 20	± 30	± 30
Im Grundriss zwischen zwei Bauteilen	± 12	± 16	± 20	± 24	± 30	-
Im Aufriss zwischen zwei Bauteilen	± 16	± 20	± 20	± 30	-	-
1) Bezogen auf globale Maße, z. B. Achs- und Rastermaße						

ANMERKUNG Bei oberflächenbündigen Einbauteilen, z. B. Kantenschutzwinkel oder Ankerschienen können geringe Absätze bzw. Höhenversätze zur Betonoberfläche auftreten.

Anhang B Beispiel: Fuge am Auflager eines Spannbetonbinders

B.1 Allgemeines

Gesucht wird die erforderliche Fugenbreite am Auflager zwischen Spannbetonbinder und Stütze und die Länge des Binders.

Der Binder wird in einer Stützengabel aufgelagert (Bild B.1). Die Tiefe des Auflagers beträgt *a* = 300 mm (Berechnung siehe [5]). Längenänderungen durch Temperaturänderungen werden nicht berücksichtigt, da es sich bei dem Binder um ein Innenbauteil handelt.

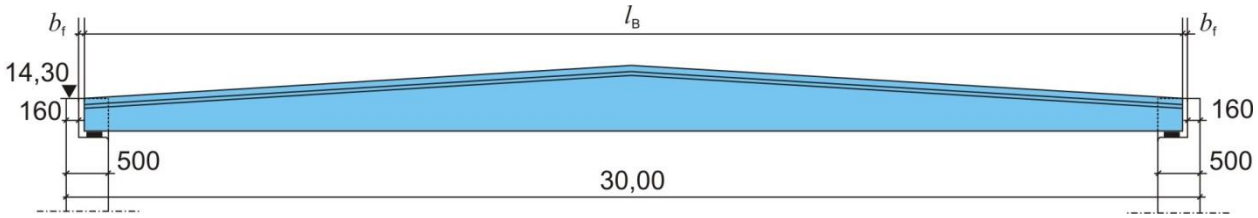


Bild B.1: Ansicht und Abmessungen

B.2 Ermittlung der Fugenbreite

Die Fugenbreite beträgt:

$b_f = b_{f,min} + \Delta b_f$

mit

$b_{f,min}$ Gewählte Mindestfugenbreite (u. a. zum Ausgleich von rechnerisch nicht berücksichtigten Längenänderungen): $b_{f,min}$ = 15 mm

Δb_f Gesamtkonstruktionstoleranz der Fugenbreite zwischen Binder und Stütze (vergleiche Abschnitt 6)

$$\Delta b_f = \delta_{max} + \sqrt{\sum(\delta_i)^2}$$

Die Montage des Binders erfolgt in Mittellage zwischen den Stützen, d. h. er soll so versetzt werden, dass die Fugenbreiten links und rechts gleich groß sind:

$$\Delta b_{f,links} = \Delta b_{f,rechts} = \frac{1}{2}\left[\delta_{max} + \sqrt{\sum(\delta_i)^2}\right]$$

δ_{max} maximale Toleranz in der gesamten Prozesskette

δ_i jede sonstige Toleranz in der Prozesskette

- **Toleranzen der Breite der hinteren Stützenwandung (nach Anhang A, Bild A.2)**

  $\delta_{1,links} = \delta_{1,rechts}$ = ± 6 mm bei einem Nennmaß b_{c1} = 160 mm (> 0,15 m und ≤ 0,30 m); diese Abweichung kann bei der linken und rechten Stütze auftreten.

  Die Grenzabweichung ± 6 mm bedeutet, dass eine Toleranz von 12 mm auftreten kann.

- **Toleranzen der Länge des Binders (nach Anhang A, Bild A.1)**

  δ_2 = ± 25 mm (= 50 mm) bei einem Nennmaß von > 22,0 m und ≤ 30,00 m

- **Toleranzen der Winkelabweichungen der Stütze (nach Anhang A, Tabelle A.2)**

  $\delta_{3,links} = \delta_{3,rechts}$ = 16 mm bei einem Nennmaß (Stützenlänge) von > 6,0 m und ≤ 15,0 m; diese Abweichung kann bei der linken und rechten Stütze auftreten.

- **Toleranzen der Maßabweichungen des Achsmaßes (nach Anhang A, Tabelle A.1)**

  Der Wert für die Grenzabweichung des Achsmaßes (> 15,0 m und ≤ 30,0 m) ist mit ± 24 mm größer als der Wert für die Winkelabweichung (16 mm). Durch Ausnutzen der Grenzabweichung für Maße dürfen allerdings die Grenzwerte für Winkelabweichungen nicht überschritten werden. Es wird somit der kleinere Wert δ_3 = 16 mm angesetzt.

- **Toleranzen aus der Fertigteilmontage auf der Baustelle**

  Montagetoleranzen werden nicht gesondert berücksichtigt (siehe Abschnitt 3.4).

- **Toleranzen aus der Messunsicherheit von Messgeräten (nach Abschnitt 3.8, Tabelle 1)**

  Messunsicherheit im Werk mit Distanzlasergerät: δ_5 = 1,5 mm

  Messunsicherheit auf der Baustelle mit Stahlbandmaß von 50 m: δ_6 = 10 mm

- **Maximale Toleranz**

  Die maximale Toleranz δ_{max} in der Toleranzkette ist $\delta_{max} = \delta_2$ = 50 mm.

- **Gesamttoleranz der Fugenbreite**

$$\Delta b_f = \frac{1}{2} \cdot (50 + \sqrt{2 \cdot 12^2 + 2 \cdot 16^2 + 1,5^2 + 10^2}) = 40 \text{ mm } (\pm 20 \text{ mm})$$

B.3 Nennmaß der Fugenbreite und Länge des Binders

$$b_f = b_{f,min} + \Delta b_f = 15 + 20 = 35 \text{ mm}$$

Länge des Binders (siehe Bild B.1)

$$l_B = 30{,}00 - 2b_{c1} - 2b_f = 30{,}00 - 2 \cdot 0{,}16 - 2 \cdot 0{,}035 = 29{,}61 \text{ m}$$

B.4 Fugenbild

Als Nennmaß sowie maximale und minimale Fugenbreite ergibt sich folgendes Fugenbild (Bild B.2):

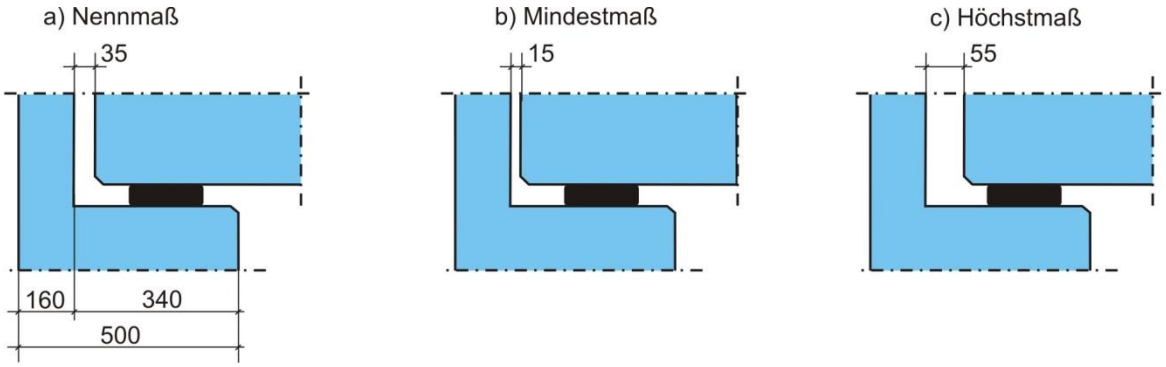


Bild B.2: a) Nennmaß, b) Minimale Fugenbreite, c) Maximale Fugenbreite

B.5 Alternativen

- Gesamttoleranz der Fugenbreite nach Additionsmethode

  Δb_f = ½ · (50 + 2 · 12 + 2 · 16 + 1,5 + 10) ≈ 59 mm (± 30 mm)

  Nennmaß der Fugenbreite: b_f = 15 + 30 = 45 mm

- Gesamttoleranz der Fugenbreite nach der Methode der „reinen“ Fehlerfortpflanzung

  $\Delta b_f = ½ \cdot \sqrt{50^2 + 2 \cdot 12^2 + 2 \cdot 16^2 + 1{,}5^2 + 10^2}$ ≈ 30 mm (± 15 mm)

  Nennmaß der Fugenbreite: b_f = 15 + 15 = 30 mm

Anhang C Beispiel: Fugenbreite von Fassadenplatten

C.1 Einfügung von Fassadenelementen zwischen bestehende Gebäudestrukturen

C.1.1 Allgemeines

Für eine Fassade aus Betonfertigteilen sollen die Fugenbreiten b_f und die Längen der Fassadenplatten l_E ermittelt werden. Die einzelnen Betonfertigteile haben jeweils gleiche Abmessungen. Bezugspunkte sind die linke und rechte Außenkante der Nachbarbebauung.

Der Abstand von der linken bis zur rechten Gebäudeaußenkante ist vor Ort mit Distanzlasergeräten ausgemessen worden: L = 45,00 m; Achsmaß: l_x = 7,50 m

Bild C.1 zeigt die Ansicht.

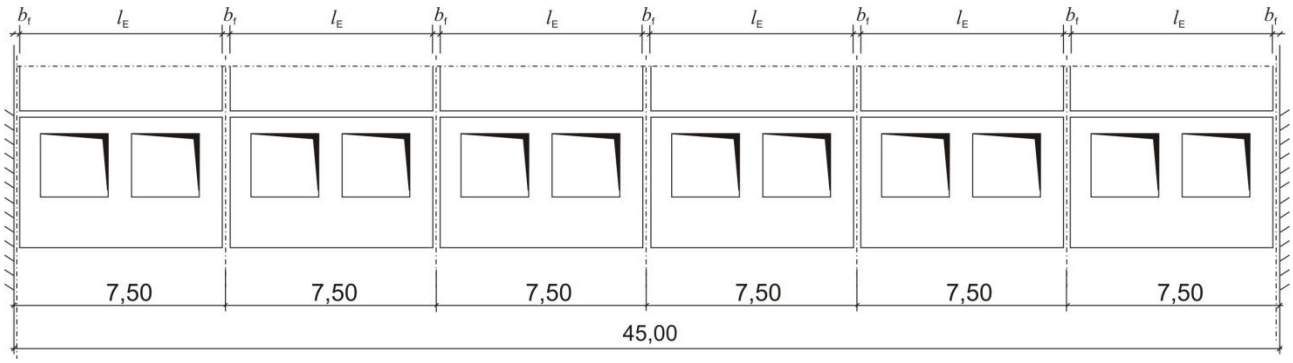


Bild C.1: Ansicht und Abmessungen der Fassadenplatten

C.1.2 Ermittlung des Nennmaßes der Fugenbreite nach DIN 18540

Fugenbreiten in Abhängigkeit des Fugenabstands werden nach Tabelle C.1 festgelegt.

Tabelle C.1: Maße für Fugenbreiten nach DIN 18540, Tabelle 2

Fugenabstand [m]	Fugenbreite b_f	
	Nennmaß [a] [mm]	Mindestmaß [b] [mm]
≤ 2,0	15	10
> 2,0 ≤ 3,5	20	15
> 3,5 ≤ 5,0	25	20
> 5,0 ≤ 6,5	30	25
> 6,5 ≤ 8,0	35 [c]	30

a Nennmaß für die Planung
b Mindestmaß zum Zeitpunkt der Fugenabdichtung
c Bei größeren Fugenbreiten sind die Anweisungen des Dichtstoffherstellers zu beachten.

Bei einem Fugenabstand von 7,50 m ergibt sich:

- Nennmaß der Fugenbreite für die Planung: b_f = 35 mm,
- Mindestmaß der Fugenbreite zum Zeitpunkt der Fugenabdichtung: $b_{f,min}$ = 30 mm.

Für die Festlegung der Maße werden folgende Annahmen zugrunde gelegt (siehe DIN 18540):

- Maximale Differenz der Bauteiltemperatur: ΔT = 80 K;
- Thermischer Ausdehnungskoeffizient für Beton: α_T = 1,1 · 10^{-5} 1/K;
- Zulässige Gesamtverformung des Fugendichtstoffes: ε = 25 % bezogen auf die Fugenbreite;
- übliche Fertigungstoleranzen.

Bei Abweichungen von diesen Annahmen sind gesonderte Überlegungen anzustellen (siehe Abschnitt 1).

ANMERKUNG Für vorkomprimierte Dichtungsbänder nach DIN 18542 (sog. „Kompribänder“) liegt keine tabellarische Aufstellung der Fugenbreiten vor. Falls keine Berechnung der Fugenbreite durchgeführt wird, können die obigen Werte aus DIN 18540 aufgrund der größeren Verformbarkeit der vorkomprimierten Dichtungsbänder auf der sicheren Seite liegend verwendet werden.

C.1.3 Ermittlung des Nennmaßes der Fugenbreite mit Hilfe einer Berechnung

C.1.3.1 Mindestfugenbreite

- **Fugendichtstoff nach DIN 18540**

  Die Mindestfugenbreite b_F wird unter folgenden Annahmen ermittelt:

  - Temperatur im Fertigteilwerk und Außentemperatur während der Verfugungsarbeiten: 10°C

    Maximale Erwärmung: ΔT = 50 K (von +10°C auf +60°C für helle Fassaden)

    Die Ausdehnung aller Bauteile aus Temperatur beträgt:

    Δl_T = 1,1 · 10^{-5} · 50 · 45000 = 25 mm

    Maximale Abkühlung: ΔT = 30 K (von +10°C auf -20°C im Winter);
  - Endschwindmaß: ε_S = -0,32 ‰ (nach DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 3.1.4)

    Die Bauteilstauchung aus Temperatur und Schwinden beträgt:

    Δl_{T+s} = (1,1 · 10^{-5} · 30 + 0,32 · 10^{-3}) · 45000 ≈ 30 mm

    Bei insgesamt 7 Fugen ergibt sich pro Fuge:

    Δl_{T+s} = 30 / 7 = 4,3 mm

  Die zulässige Gesamtverformung des Fugendichtstoffes Δb_F (Summe aus Dehnung, Stauchung und Scherung) beträgt maximal 25 % bezogen auf die Fugenbreite (siehe Abschnitt 3.5.4).

  $b_{F,min}$ = $b_{F,T+s}$ = Δl_{T+s} / Δb_F = 4,3 / 0,25 = 18 mm

  Um die zulässige Gesamtverformung des Fugendichtstoffes nicht zu überschreiten, muss das Mindestmaß der Fugenbreite zum Zeitpunkt der Fugenabdichtung demnach 18 mm betragen.

- **Vorkomprimiertes imprägniertes Dichtungsband nach DIN 18542**

  Zulässige Gesamtverformung des Dichtungsbandes $\Delta b_{F,min}$ ca. 35 % (Herstellerangabe):

  $b_{F,min}$ = Δl_T / $\Delta b_{F,min}$ = 4,3 / 0,35 = 13 mm

C.1.3.2 Gesamttoleranz

$$\delta_b = [\delta_{max} + \sqrt{\sum(\delta_i)^2}]$$

mit

δ_b Gesamtkonstruktionstoleranz aller Fugenbreiten

δ_{max} maximale Toleranz in der gesamten Prozesskette

δ_i jede sonstige Toleranz in der Prozesskette

- **Toleranzen aus der Fertigteilherstellung der Fassadenplatten im Werk (nach Anhang A, Bild A.4)**

  δ_1 = ± 10 mm (= 20 mm) bei einem Nennmaß von > 6,0 m und ≤ 10,00 m

- **Toleranzen aus der Fertigteilmontage auf der Baustelle**

  Montagetoleranzen werden nicht gesondert berücksichtigt (siehe Abschnitt 3.4).

- **Toleranzen aus der Messunsicherheit (nach Abschnitt 3.8, Tabelle 1)**

  Messunsicherheiten werden nicht angesetzt, da angenommen wird, dass im Werk und auf der Baustelle mit Distanzlasergeräten gemessen wird und die Messunsicherheit mit 1,5 mm vernachlässigt werden kann.

- **Toleranzen aus den Maßabweichungen auf der Baustelle**

  Da eine Ausrichtung auf die Bezugspunkte „Gebäudeaußenkante“ erfolgt und diese auf der Baustelle ausgemessen wurden, müssen Toleranzen des Bauwerks nicht berücksichtigt werden.

C.1.3.3 Nennmaß der Fugenbreite

- **Maximale Toleranz**

  Die maximale Toleranz δ_{max} in der Toleranzkette ist $\delta_{max} = \delta_1 = 20$ mm.

  Die Gesamttoleranz δ_b ergibt sich bei 6 Fertigteilen zu:

  $\delta_b = 6 \cdot 20 = 120$ mm

  Bei insgesamt 7 Fugen ergibt sich pro Fuge:

  $b_F = 120 / 7 = 17$ mm ≈ 20 mm (± 10 mm)

  Die vorhandene Fugenbreite kann demnach das Nennmaß der Fugenbreite um maximal 10 mm über- oder unterschreiten.

- **Nennmaß mit Fugendichtstoff**

  Das Nennmaß der Fugenbreite ergibt sich aus der Summe aus Mindestmaß und Toleranzen:

  $\boldsymbol{b_F = b_{F,min} + \Delta b_f = 18 + 10 = 28 \text{ mm} \approx 30 \text{ mm}}$

  Das berechnete Nennmaß ist 5 mm geringer als das Nennmaß nach C.1.2.

  Nennmaß der Länge der Fassadenplatten:

  $l_E = (L - n_F \cdot b_F) / n_E$

  mit n_F Anzahl der Fugen zwischen den Bestandsgebäuden, $n_F = 7$

  mit n_E Anzahl der Fassadenplatten, $n_E = 6$

  $l_E = (45000 - 7 \cdot 30) / 6 = 7465$ mm

- **Nennmaß mit Fugendichtungsband**

  Das Nennmaß der Fugenbreite ergibt sich zu:

  $\boldsymbol{b_F = b_{F,min} + \Delta b_f = 13 + 10 = 23 \text{ mm} \approx 25 \text{ mm}}$

  Nennmaß der Länge der Fassadenplatten:

  $l_E = (45000 - 7 \cdot 25) / 6 = 7470$ mm

C.1.3.4 Fugenbild

Als Nennmaß sowie maximale und minimale Breite einer Fuge mit Fugendichtungsband ergibt sich somit folgendes Fugenbild (Bild C.2):

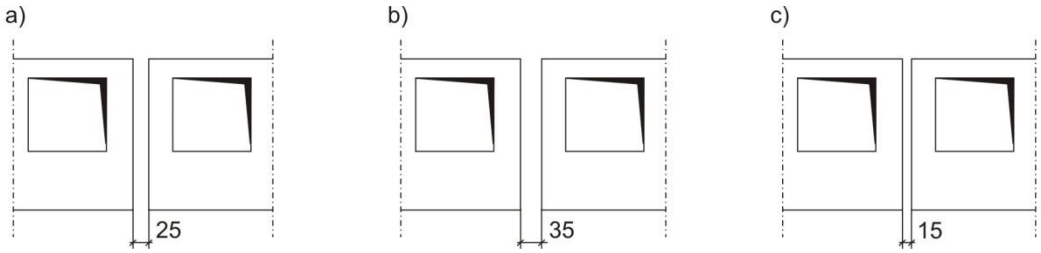


Bild C.2: a) Nennmaß, b) Maximale Fugenbreite, c) Minimale Fugenbreite

C.2 Ansatz mit geringeren Herstellungstoleranzen

C.2.1 Toleranzen

- **Toleranzen aus der Fertigteilherstellung im Werk**

  Bei Ansatz geringerer Herstellungstoleranzen ergeben sich entsprechend geringere Gesamttoleranzen. So werden in DIN EN 14992, Tabelle 2, Klasse A Grenzabweichungen für Grundmaße von ± 8 mm angegeben.

  δ_1 = ± 8 mm = 16 mm (nach DIN EN 14992, Tabelle 2, bei einem Nennmaß von > 6,0 m und ≤ 10,00 m)

  Die restlichen Toleranzwerte bleiben die gleichen wie in Abschnitt C.1.

- **Maximale Toleranz**

  Die maximale Toleranz δ_{max} in der Toleranzkette ist in diesem Fall $\delta_{max} = \delta_1 = \pm 8$ mm (= 16 mm).

  Gesamttoleranz: $\delta_b = 6 \cdot 16 = 96$ mm

  Fugenbreite: $b_F = 96 / 7 \approx 14$ mm (± 7 mm)

- **Nennmaß mit Fugendichtstoff**

  Das Nennmaß der Fugenbreite ergibt sich aus der Summe aus Mindestmaß und Toleranzen:

  $\boldsymbol{b_F = b_{F,min} + \Delta b_f = 18 + 7 = 25}$ **mm**

- **Nennmaß mit Fugendichtungsband**

  Das Nennmaß der Fugenbreite ergibt sich zu:

  $\boldsymbol{b_F = b_{F,min} + \Delta b_f = 13 + 7 = 20}$ **mm**

C.2.2 Zusammenfassung

Die Wahl der Klasse A nach DIN EN 14992, Tabelle 2 und der Ansatz geringerer Herstellungstoleranzen haben in diesem Fall einen nur geringen Einfluss auf die Fugenbreite (25 statt 30 mm bzw. 20 statt 25 mm). In DIN EN 14992 wird darauf hingewiesen, dass die geringeren Herstellungstoleranzen nach Klasse A ausdrücklich festgelegt werden müssen. Da durch geringere Herstellungstoleranzen höhere Kosten entstehen, ist eine solche Festlegung im Vorfeld sorgfältig zu überlegen.

C.3 Alternative mit anderen Bezugspunkten als in Abschnitt C.1 und C.2

C.3.1 Allgemeines

Die Fassadenelemente werden auf Stützenkonsolen aufgelagert. Bezugspunkte sind somit die Lage der Stützen vor Ort. Für die ansonsten gleiche Fassade wie in Abschnitt C.1 und C.2 sollen die Fugenbreiten b_f und die Längen der Fassadenplatten l_E bei anderen Bezugspunkten ermittelt werden.

Die Montage der Fassadenelemente erfolgt in Mittellage zwischen zwei Stützen, d. h. sie werden jeweils so versetzt, dass die Fugenbreiten links und rechts gleich groß sind:

$$\Delta b_{f,links} = \Delta b_{f,rechts} = \frac{1}{2}\left[\delta_{max} + \sqrt{\sum(\delta_i)^2}\right]$$

Die Querschnittsabmessungen der Stützen sind 400 mm / 400 mm. Ansonsten gelten die gleichen Randbedingungen wie in Abschnitt C.1.

Bild C.3 zeigt die Ansicht.

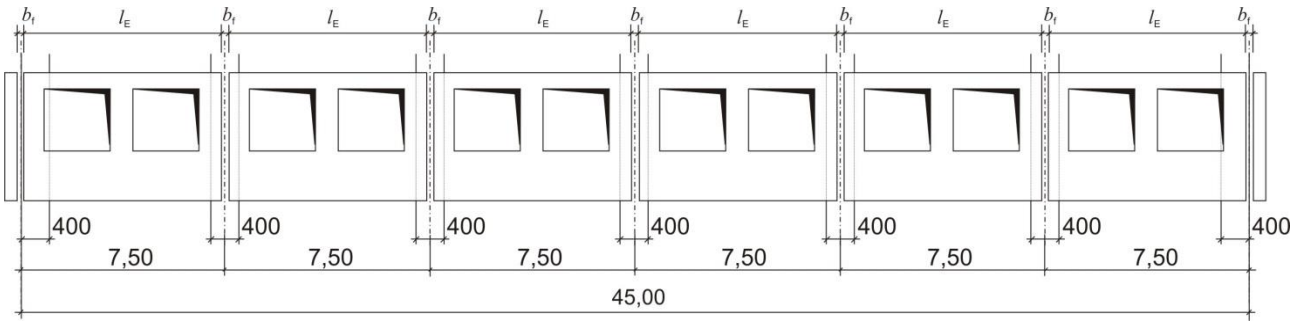


Bild C.3: Ansicht und Abmessungen der Fassadenplatten

C.3.2 Mindestfugenbreite

Es ergeben sich die gleichen Werte wie in Abschnitt C.1 ($b_{F,min}$ = 18 mm bzw. $b_{F,min}$ = 13 mm).

C.3.3 Toleranzen der Bauteile

Für die Ermittlung des Nennmaßes der Fugenbreite b_f sind folgende Toleranzen zu berücksichtigen:

- **Toleranzen aus der Fertigteilherstellung der Fassadenplatten im Werk**

  δ_1 = ± 10 mm (= 20 mm) wie in Abschnitt C.1.3.2

- **Toleranzen aus der Fertigteilherstellung der Stützen im Werk (nach Anhang A, Bild A.1:)**

  δ_3 = ± 8 mm (= 16 mm) bei einem Nennmaß von > 0,30 m und ≤ 0,60 m; diese Abweichung kann bei der linken und rechten Stütze auftreten.

- **Toleranzen der Maßabweichungen des Achsmaßes (nach Anhang A, Tabelle A.1)**

  δ_4 = ± 20 mm (= 40 mm) bei einem Achsmaß von > 6,00 m und ≤ 15,00 m.

  Montagetoleranzen für die Stützen müssen nicht angesetzt werden, da diese bereits durch die Bauwerkstoleranz δ_4 = ± 20 mm berücksichtigt sind.

C.3.4 Nennmaß der Fugenbreite

- **Maximale Toleranz**

  Die maximale Toleranz δ_{max} in der Toleranzkette ist in diesem Fall $\delta_{max} = \delta_4$ = 40 mm.

  Es ergibt sich somit eine Gesamtkonstruktionstoleranz:

  $\Delta b_{f,links} = \Delta b_{f,rechts} = \frac{1}{2}\left[40 + \sqrt{20^2 + 2 \cdot 16^2}\right]$ = 35 mm (± 17 mm)

- **Nennmaß mit Fugendichtstoff**

  Das Nennmaß der Fugenbreite ergibt sich aus der Summe aus Mindestmaß und Toleranzen:

  $\boldsymbol{b_F = b_{F,min} + \Delta b_f = 18 + 17 = 35\ mm}$

  Nennmaß der Länge der Fassadenplatten:

  $l_E = (45000 - 7 \cdot 35) / 6 = 7460$ mm

- **Nennmaß mit Fugendichtungsband**

  Das Nennmaß der Fugenbreite ergibt sich zu:

  $\boldsymbol{b_F = b_{F,min} + \Delta b_f = 13 + 17 = 30\ mm}$

  Nennmaß der Länge der Fassadenplatten:

  $l_E = (45000 - 7 \cdot 30) / 6 = 7465$ mm

C.3.5 Zusammenfassung

Aufgrund der zusätzlich zu berücksichtigenden Maßabweichungen durch Vermessung sowie Herstellung und Versetzen der Stützen ergeben sich größere Fugenbreiten als nach Abschnitt C.1.3.3 (35 statt 30 mm bzw. 30 statt 25 mm).

C.3.6 Fugenbild

Als maximale und minimale Breite einer Fuge mit Fugendichtungsband ergibt sich somit folgendes Fugenbild (Bild C.4):

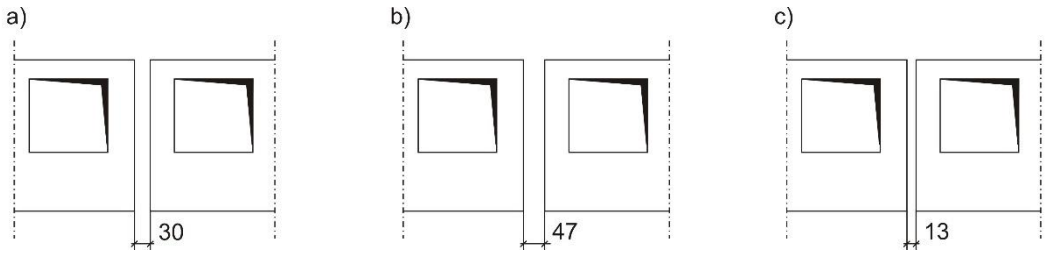


Bild C.4: a) Nennmaß, b) Maximale Fugenbreite, c) Minimale Fugenbreite

C.3.7 Alternativen

- Gesamttoleranz der Fugenbreite nach Additionsmethode

  $\Delta b_f = ½ \cdot (20 + 2 \cdot 16 + 40) = 46$ mm (± 23 mm)

  Das Nennmaß der Fugenbreite mit Fugendichtungsband beträgt:

  $b_F = b_{F,min} + \Delta b_f = 13 + 23 \approx 35$ mm

  Maximalwert / Minimalwert der Fugenbreite: $b_{F,max} = 58$ mm / $b_{F,min} = 12$ mm

- Gesamttoleranz der Fugenbreite nach der Methode der „reinen“ Fehlerfortpflanzung

  $\Delta b_f = ½ \cdot \sqrt{20^2 + 2 \cdot 16^2 + 40^2} = 25$ mm (± 12 mm)

  Das Nennmaß der Fugenbreite mit Fugendichtungsband ergibt sich zu:

  $b_F = b_{F,min} + \Delta b_f = 13 + 12 = 25$ mm

  Maximalwert / Minimalwert der Fugenbreite: $b_{F,max} = 37$ mm / $b_{F,min} = 13$ mm

Die unterschiedlichen Methoden der Passungsberechnung führen zu unterschiedlichen Ergebnissen, obwohl jeweils die gleichen Parameter in die Berechnung eingehen. Empfehlungen zur Anwendung der einzelnen Methoden werden im Abschnitt 6 gegeben.

Anhang D Beispiel: Maßkontrollen

Die Maßkontrollen einer Stütze im Zuge der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) zeigt Bild D.1.

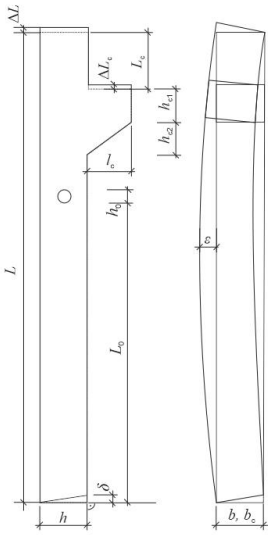
Maßkontrolle Stütze nach DIN EN 13225

Firma

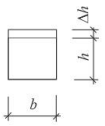
Bauvorhaben	
Position	
Datum	

Maße

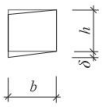
a) Ansicht



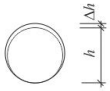
b) Querschnitt



c) Querschnitt (Winkelabweichung)



d) Kreisquerschnitt



Grenzabweichungen der Längenmaße

Bauteil	Grenzabweichungen ΔL, ΔL_c in [mm] bei Nennmaßen L, L_c in [m]							
	≤ 1,5	> 1,5 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 6,0	> 6,0 ≤ 10,0	> 10,0 ≤ 15,0	> 15,0 ≤ 22,0	> 22,0 ≤ 30,0	> 30,0
Stützenlänge	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16	± 18	± 20

Grenzabweichungen der Querschnittsmaße

Bauteil	Grenzabweichungen Δh, Δb in [mm] bei Nennmaßen h, b in [m]					
	≤ 0,15	> 0,15 ≤ 0,3	> 0,3 ≤ 0,6	> 0,6 ≤ 1,0	> 1,0 ≤ 1,5	> 1,5
Querschnittsmaße Stützen	± 5	± 6	± 8	± 12	± 16	± 20

Grenzwerte für Winkelabweichungen

Bauteil	Grenzwerte für Winkelabweichungen δ in [mm]		
Querschnittsmaße Stützen	$\delta \leq h/100$, aber nicht kleiner als 5 mm (h in mm)		
	Vereinfacht können folgende Werte angenommen werden:		
	≤ 0,4 m	> 0,4 m ≤ 1,0 m	> 1,0 m ≤ 1,5 m
	5	6	8

Durch Ausnutzen der Grenzabweichungen der Längen- oder Querschnittsmaße dürfen die Grenzwerte für Winkelabweichungen nicht überschritten werden.
Es gilt das jeweils strengere Kriterium.

Sonstige Grenzwerte

Grenzwert für die Krümmung ε in jeder Hautebene: $\varepsilon = \pm L/700$
Grenzabweichungen für Öffnungen und Einbauteile: - Lage im Bauteil: ΔL_c wie ΔL (Länge) - Größe der Öffnung: Δh_c wie Δh

	Soll-Werte		Ist-Werte		Soll-Ist		Auswertung	
L =	16.000	m	16.010	mm	10,00	mm	☑ erfüllt	☐ nicht erfüllt
h =	600	mm	605	mm	5,00	mm	☑ erfüllt	☐ nicht erfüllt
b =	600	mm	595	mm	-5,00	mm	☑ erfüllt	☐ nicht erfüllt
L_c =	3.000	mm	2.994	mm	-6,00	mm	☑ erfüllt	☐ nicht erfüllt
l_c =	300	mm	304	mm	4,00	mm	☑ erfüllt	☐ nicht erfüllt
h_{c1} =	300	mm	302	mm	2,00	mm	☑ erfüllt	☐ nicht erfüllt
h_{c2} =	300	mm	297	mm	-3,00	mm	☑ erfüllt	☐ nicht erfüllt
b_c =	600	mm	595	mm	-5,00	mm	☑ erfüllt	☐ nicht erfüllt
max ε =	23	mm	10	mm	-13	mm	☑ erfüllt	☐ nicht erfüllt

Bemerkungen:

Unterschrift Datum

Bild D.1: Maßkontrolle einer Stütze im Zuge der WPK [4]

© FDB 2023 Diese Ausgabe ersetzt die Ausgabe 09/2015. Erstausgabe vom November 2000.

Herausgeber: Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V. – Mittelstraße 2-10 – 53175 Bonn
Internet: www.fdb-fertigteilbau.de – E-Mail: info@fdb-fertigteilbau.de, Tel. 0228 9545656

Die **F**achvereinigung **D**eutscher **B**etonfertigteilbau e. V. ist der technische Fachverband für den konstruktiven Betonfertigteilbau. Die FDB vertritt die Interessen ihrer Mitglieder national und international und leistet übergeordnete Facharbeit in allen wesentlichen Bereichen der Technik.