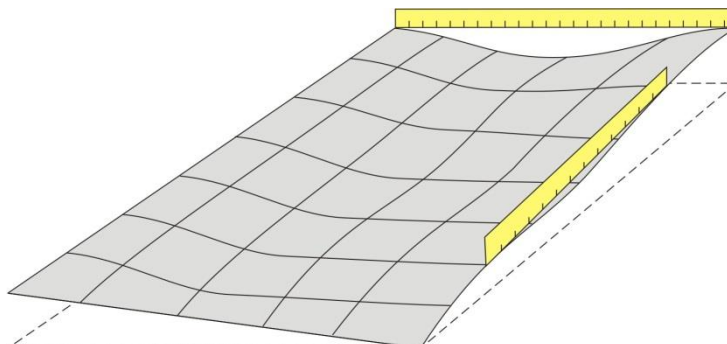


Merkblatt Nr. 6

Toleranzen und Passungsberechnungen für Betonfertigteile (09/2015)



Inhalt

1	Vorbemerkungen	1
2	Begriffe und Definitionen	2
3	Maßabweichungen.....	2
3.1	Allgemeines	2
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	8
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	13
Anhang A	Zusammenstellung der Toleranzen von Bauteilen und Bauwerken.....	14
Anhang B	Beispiel: Fuge am Auflager eines Spannbetonbinders	27
Anhang C	Beispiel: Fugenbreite von Fassadenplatten	29
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.

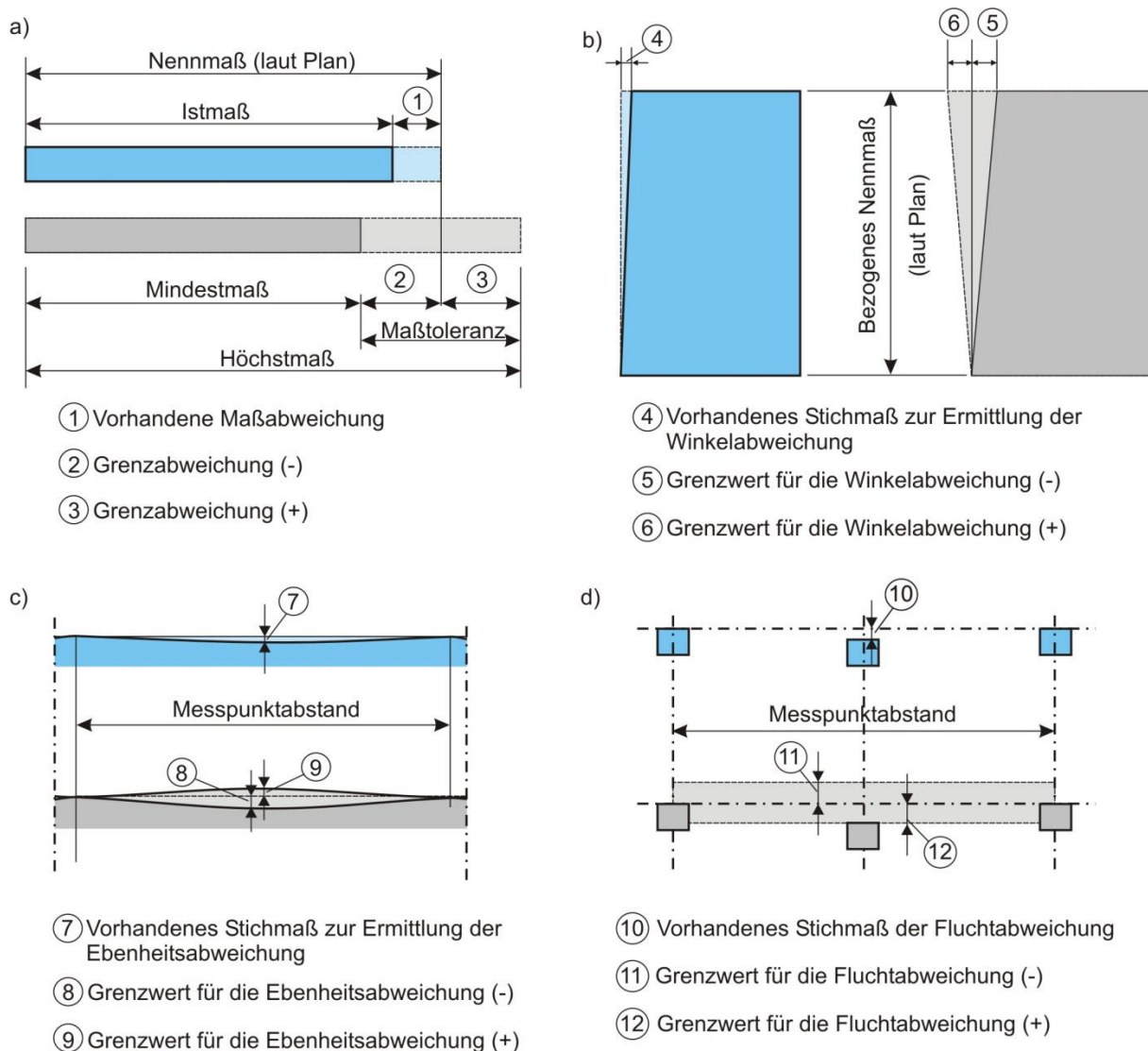


Bild 1: Maß- und Grenzabweichungen gemäß DIN 18202 a) Abweichungen von Längen- und Querschnittsabmessungen, b) Winkelabweichungen c) Ebenheitsabweichung, d) Fluchtabweichung

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 18203-1 angegeben. Weitere Herstellungstoleranzen für spezielle Betonfertigteile enthalten die europäischen Produktnormen für Betonfertigteile.

ANMERKUNG DIN 18203-1 wurde aus formalen Gründen vom DIN aus dem aktiven Normenbestand genommen, da sie dem Anwendungsbereich der europäischen Produktnormen entgegensteht. Die Toleranzwerte aus DIN 18203-1 entsprechen jedoch weiterhin dem Stand der Technik.

Toleranzen im Bauwerk nach DIN 18202 berücksichtigen Markierungs-, Vermessungs- und Montagetoleranzen sowie Toleranzen der anderen Gewerke. Im eingebauten Zustand sind für Betonfertigteile daher die baustoffunabhängigen Anforderungen nach DIN 18202 maßgebend. Es müssen somit 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 der genannten Normen sind auch dann einzuhalten, wenn die Toleranznormen nicht ausdrücklich vereinbart wurden. So sind z. B. in DIN 1045-3, DIN 1045-4 und den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen (ATV DIN 18331 Betonarbeiten) der VOB/C Verweise auf die Toleranznormen und damit auf die einzuhaltenden Maßabweichungen enthalten, so dass diese somit auch indirekt Anwendung finden (siehe hierzu auch [1] und [2]).

Die in Normen 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 Betonbauteilen 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 Grenzabweichungen werden bei der Herstellung im Fertigteilwerk in der Regel eingehalten.

Die Ebenheit von Betonfertigteilen wird im Allgemeinen nach DIN 18202 beurteilt (Anhang A.2, Tabelle A.3). Ausnahmen existieren für Wandplatten, Treppen und Deckenplatten mit Ortbetonergänzung.

3.4 Montagetoleranzen

Die Montage wird von der Montageart und dem Hebezeug, der Zugänglichkeit der Montagestelle, Umwelteinflüssen (Wind), den Korrektur- und Nachjustiermöglichkeiten sowie den angewandten Messverfahren und den damit verbundenen Messunsicherheiten beeinflusst. Darüber hinaus spielt die Erfahrung und die 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.

Betonfertigteile fallen mit dem Einfügen in das Bauwerk in den Anwendungsbereich der material- und bauart-unabhängigen DIN 18202. Nach dem Boxprinzip müssen einzelne Bauteile höhere Anforderungen erfüllen als das fertiggestellte Bauwerk.

Folgende Grenzabweichungen für Bauwerke sind in DIN 18202 angegeben:

- Grenzabweichungen für Maße;
- Grenzwerte für Winkelabweichungen;
- Grenzwerte für Ebenheitsabweichungen;
- Grenzwerte für Abweichungen von der Flucht.

Die Tabellen im Anhang A.2 enthalten eine Zusammenstellung der genannten Grenzabweichungen.

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.

ANMERKUNGEN 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.

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.

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 „erhöhten Anforderungen“ an die Ebenheit von Flächen nach Tabelle A.3, Zeilen 5 und 8 sind gesondert zu vereinbaren, da in diesen Fällen besondere Geräte bzw. Technologien zum Einsatz kommen. 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

Die Angaben in Toleranznormen 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.

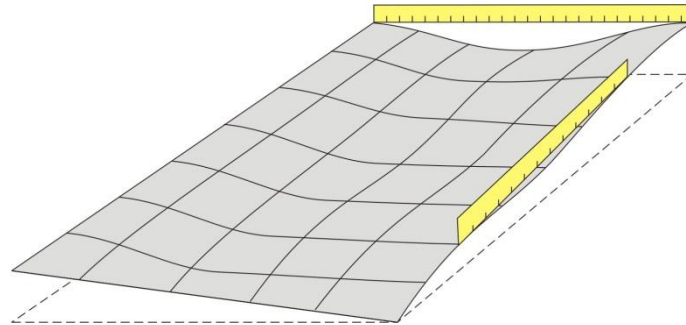


Bild 2: Ebenheitsabweichungen eines Bauteils

Grenzwerte von Höhenversätzen und Versprüngen sowie die jeweils erforderlichen Ausgleichsmaßnahmen sind daher 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 mehreren Decken- oder Wandplatten 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 näherungsweise kontinuierlicher Verlauf innerhalb dieser Fläche, so dass eine hinreichend genaue Betrachtung der Ebenheitsabweichung auch über benachbarte Betonfertigteile 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,
- Ausschallfristen,
- Lagerungsbedingungen.

ANMERKUNG Die rechnerische Erfassung von Verformungen ist ebenfalls mit Abweichungen verbunden, da die rechnerischen Eingangswerte von den tatsächlichen Bedingungen abweichen. So hängt der für Verformungsberechnungen benötigte Elastizitätsmodul des Betons von den Elastizitätsmodulen 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 quarzhaltigen 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).

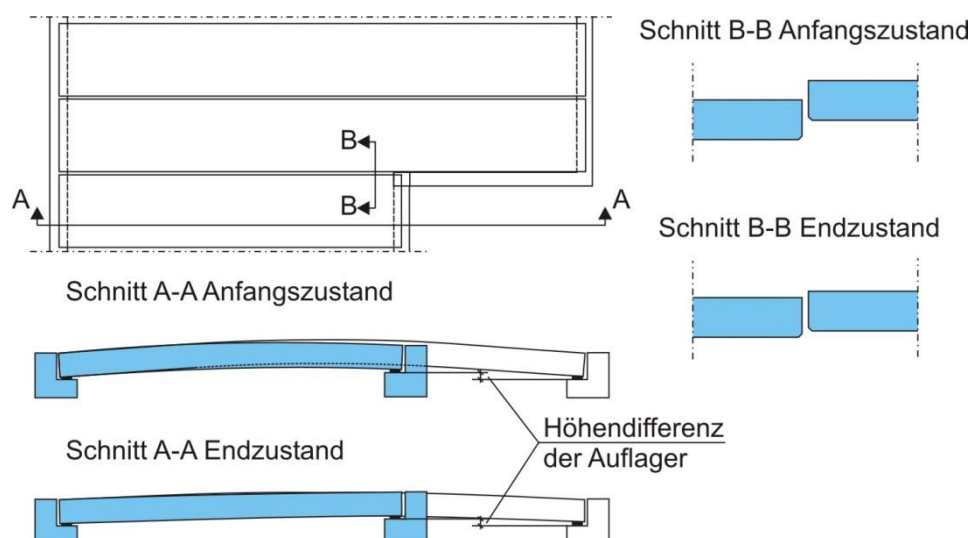


Bild 3: Anpassung der Konstruktion durch hochgezogenes Auflager bei vorgespannten Bauteilen

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. Die Fuge dient in diesen Fällen nicht mehr dem Ausgleich von Verformungen und Toleranzen, sondern ausschließlich dazu, optische Ansprüche zu erfüllen („gleichmäßiges Fugenbild“). 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.

Materialabhängige Anforderungen an elastische Fugendichtstoffe sind in DIN EN 15651-1 / DIN 18540 geregelt (siehe Beispiele in Anhang C).

ANMERKUNG Grenzwerte für die zulässige Dehnung des Fugendichtstoffes sind in DIN EN 15651-1 / 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. Die 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 auch IVD-Merkblatt Nr. 27).

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,
- Elektrodoosen,
- Türzargen.

Einbauteile und Verbindungsmittel spielen für das pass- und funktionsgerechte Zusammenfügen von Bauteilen eine wesentliche Rolle. Einige der genannten Einbauteile und Verbindungsmittel besitzen die Möglichkeit der Höhen-, Seiten- oder Abstandjustierung, was das passgerechte Zusammenfügen erleichtert.

Toleranzen für Einbauteile und Verbindungsmittel sind in Toleranznormen nicht explizit geregelt. Im Allgemeinen wird von den Werten in Anhang A.3 ausgegangen. Falls höhere Anforderungen an die Genauigkeit von Einbauteilen gestellt werden, ist dies gesondert zu vereinbaren. Dies gilt insbesondere für die Festlegung der Bezugspunkte. Zusätzliche Toleranzwerte sind den Hersteller- und Verwendungsanleitungen der Verbindungsmittelhersteller zu entnehmen.

Für Nachfolgegewerke mit höheren Anforderungen an die Genauigkeit (z. B. bei Trägern für die Montage von Stahlbauteilen) können besondere Maßnahmen wie z. B. konstruktive Ausgleichsmöglichkeiten erforderlich sein. Unter Umständen empfiehlt es sich in solchen Fällen, Maße im eingebauten Zustand zu nehmen und Einbauteile erst 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 $\gamma_c = 1,50$ 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 $\gamma_c = 1,35$, 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 Betonfertigteilen 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 EN 13369, Anhang C 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 Fertigteil-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 festzulegen.

Ausführungstoleranzen, die die üblichen Toleranzwerte der Normen unterschreiten sollen, 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).

Besondere 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 Ersatzimperfectionen nach DIN EN 1992-1-1 berücksichtigt.

Toleranzwerte, deren Überschreitung Auswirkungen auf Tragfähigkeit oder Gebrauchstauglichkeit haben, sind z. B. in DIN EN 13670 / DIN 1045-3 für fertiggestellte Tragwerke angegeben. Bauwerkstoleranzen nach DIN 18202 liegen unterhalb der Werte in DIN EN 13670 / DIN 1045-3. Bauteiltoleranzen nach DIN 18203-1 liegen wiederum auf einem geringeren Niveau als Bauwerkstoleranzen nach DIN 18202.

Bei Einhaltung der in DIN 18202 bzw. DIN 18203-1 genannten Toleranzen (siehe Anhang A) kann daher davon ausgegangen werden, dass keine 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 bzw. Grenzabweichung [mm]	Messunsicherheit [mm]
Gliedermaßstab aus Holz	1,0	1	2
Bandmaß aus Stahl bei 20°C und einer Zugbelastung von 50N	10	1,2	-
	20	2,2	5
	50	5,2	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 können.

Der Zweck von Toleranznormen ist somit die Erfüllung der Maßhaltigkeit von Bauteilen oder Bauwerken für die im üblichen Hochbau auftretenden Regelfälle. Dies alleine 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 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 dürfen jedoch keinesfalls die Grenzen der herstellungstechnischen und baupraktischen Möglichkeiten außer Acht lassen.

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.

Folgende zeit- und lastabhängige Verformungen sind nicht berechenbar:

- 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 Bauteile und 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 zu gewährleisten, 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 weitergehende bzw. höhere Genauigkeiten vereinbart werden müssen. Abstimmungsgespräche über Toleranzen und Schnittstellen zwischen den einzelnen Beteiligten und Gewerken sind daher in allen Fällen durchzuführen.

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 (siehe Beispiele in Anhang C).

Es gibt verschiedene 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 Begebenheiten 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 hinreichend genaue Ergebnisse:

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

mit

δ_{comb} Gesamtkonstruktionstoleranz,

δ_{max} maximale Toleranz in der gesamten Prozesskette,

δ_i jede sonstige Toleranz in der Prozesskette.

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) und
- 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 im Fertigteilwerk durchgeführt. Die Häufigkeit der Prüfungen ergibt sich aus dem Handbuch der werkseigenen Produktionskontrolle [4]. Referenzpläne für die Prüfungen enthält z. B. DIN EN 13369, Anhang D oder DIN 1045-4, Anhang A. Zum System der werkseigenen Produktionskontrolle 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 Grenzwertabweichungen in den einzelnen Herstellungsphasen

- Schalungsbau,
- Bewehren und
- Betonieren

müssen auf die zulässigen Grenzwertabweichungen der Endprodukte abgestimmt werden. 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“. Auch 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 wie z. B. Schwind-, Kriech- und Temperaturdehnungen, die nicht im Zusammenhang mit den Maßabweichungen des eigentlichen Herstellungsprozesses stehen. Form und Abmessungen von Betonbauteilen ändern sich somit bereits während des Fertigungsprozesses.

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 (WPK).

7.3 Prüfungen auf der Baustelle

Nach der Montage und mit dem Einfügen in das Bauwerk fallen Betonfertigteile ausschließlich in den Anwendungsbereich der DIN 18202.

Im Gegensatz zu den ständigen Prüfungen im Zuge der werkseigenen Produktionskontrolle 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 Bauwerksabschnitts.

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 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton

Teil 3: Bauausführung - Anwendungsregeln zu DIN EN 13670

Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen

DIN 6403 Messbänder aus Stahl mit Aufrollrahmen oder Aufrollkapsel

DIN 18065 Gebäudetreppen – Begriffe, Messregeln, Hauptmaße

DIN 18202 Toleranzen im Hochbau; Bauwerke

DIN 18203-1 Toleranzen im Hochbau-Teil 1: Vorgefertigte Teile aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton

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 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 13369 Allgemeine Regeln für Betonfertigteile

DIN EN 13747 Betonfertigteile – Deckenplatten mit Ortbetonergänzung

DIN EN 13670 Ausführung von Tragwerken aus Beton

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

DIN EN 15651-1 Fugendichtstoffe für nicht tragende Anwendungen in Gebäuden und Fußgängerwegen - Teil 1: Fugendichtstoffe für Fassadenelemente

ISO 1803 Hochbau - Toleranzen - Darstellung der Abmessungsgenauigkeit - Grundsätze und Terminologie (nur in englischer Sprache erhältlich)

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), Berlin: Beuth-Verlag, 2012.
- [2] R. Ertl, Toleranzen im Hochbau, 3. Auflage Hrsg., Rudolf Müller Verlag, 2013.
- [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.

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

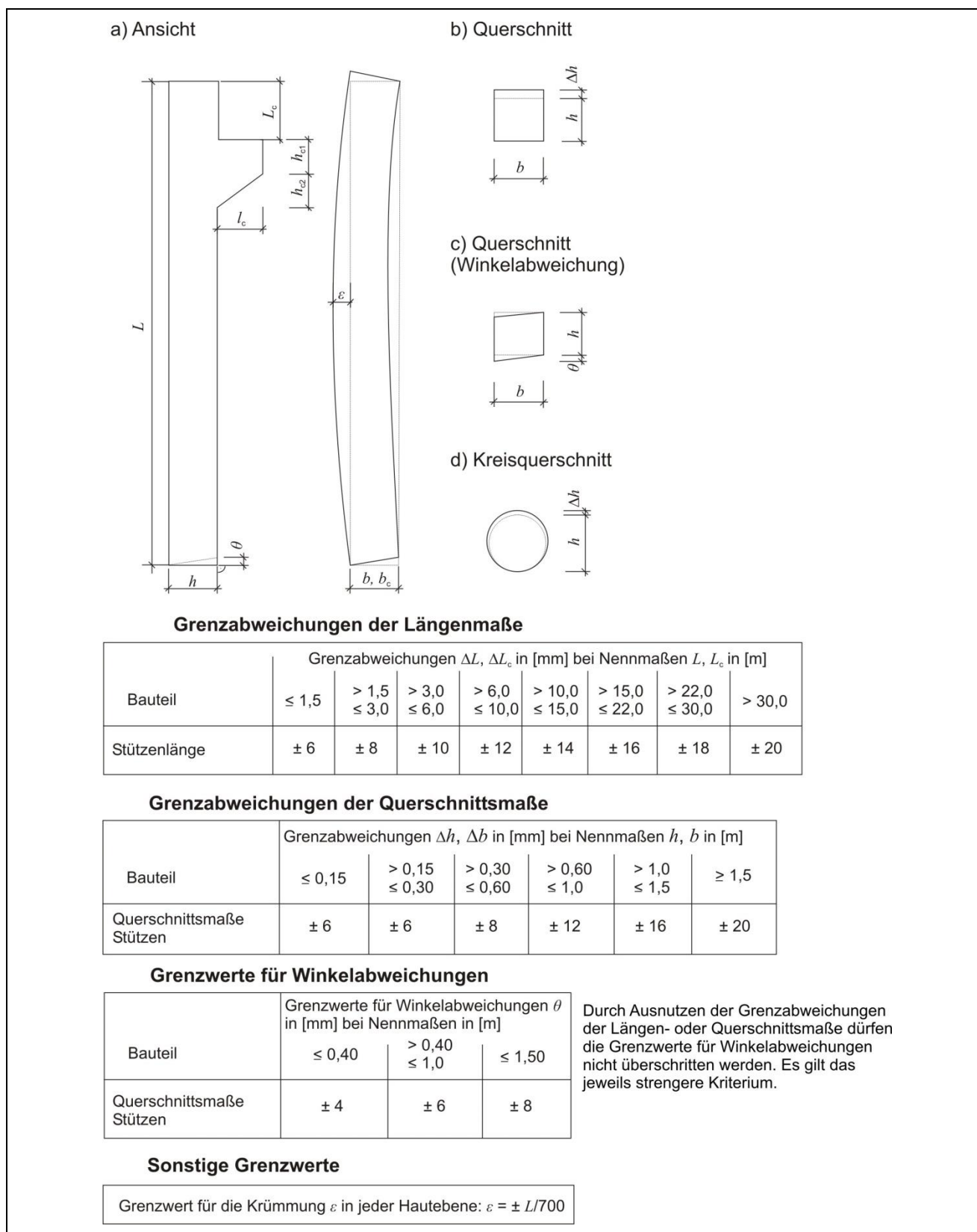
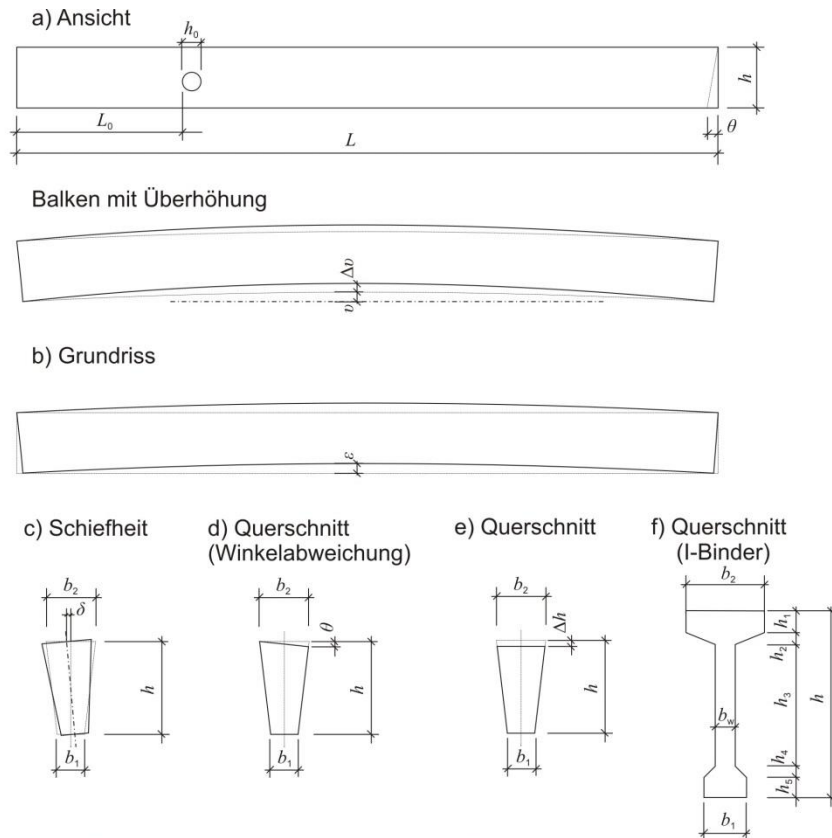


Bild A.1: Grenzabweichungen für Stützen nach DIN 18203-1 und DIN EN 13225

**Grenzabweichungen der Längenmaße**

Bauteil	Grenzabweichungen ΔL in [mm] bei Nennmaßen L in [m]							
	$\leq 1,5$	$> 1,5$ $\leq 3,0$	$> 3,0$ $\leq 6,0$	$> 6,0$ $\leq 10,0$	$> 10,0$ $\leq 15,0$	$> 15,0$ $\leq 22,0$	$> 22,0$ $\leq 30,0$	$> 30,0$
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]					
	$\leq 0,15$	$> 0,15$ $\leq 0,30$	$> 0,30$ $\leq 0,60$	$> 0,60$ $\leq 1,0$	$> 1,0$ $\leq 1,5$	$\geq 1,5$
Querschnittsmaße Balken	± 6	± 6	± 8	± 12	± 16	± 20

Grenzwerte für Winkelabweichungen

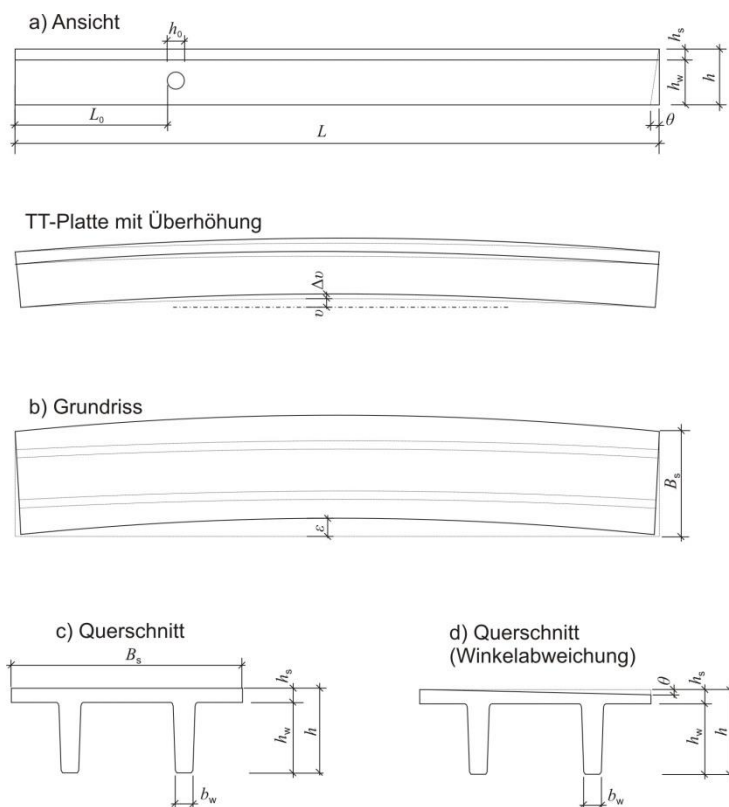
Bauteil	Grenzwerte für Winkelabweichungen θ in [mm] bei Nennmaßen in [m]		
	$\leq 0,40$	$> 0,40$ $\leq 1,0$	$\leq 1,50$
Querschnittsmaße Balken	± 4	± 6	± 8

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 ε in jeder Bautelebene: $\varepsilon = \pm L/700$
Grenzwerte für Abweichungen von der Überhöhung $\Delta v = \pm L/700$ (Bei Spannbetonbalken: $\Delta v = \pm L/500$)
Schiefheit der Längsachse: $\delta = \pm L/700$
Grenzabweichungen für Öffnungen: - Lage der Öffnung: ΔL_0 wie ΔL (Länge) - Größe der Öffnung: Δh_0 nach Tabellen A.1 und A.2

Bild A.2: Grenzabweichungen für Balken nach DIN 18203-1 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]							
	$\leq 1,5$	$> 1,5$ $\leq 3,0$	$> 3,0$ $\leq 6,0$	$> 6,0$ $\leq 10,0$	$> 10,0$ $\leq 15,0$	$> 15,0$ $\leq 22,0$	$> 22,0$ $\leq 30,0$	$> 30,0$
Längen und Breiten von TT-Platten	± 8	± 8	± 10	± 12	± 16	± 20	± 20	± 20
Längen TT-Platten Spannbeton	-	-	-	± 16	± 16	± 20	± 25	± 30

Grenzabweichungen der Querschnittsmaße

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

Grenzwerte für Winkelabweichungen

Bauteil	Grenzwerte für Winkelabweichungen θ in [mm] bei Nennmaßen in [m]					
	$\leq 0,40$	$> 0,40$ $\leq 1,0$	$> 1,0$ $\leq 1,50$	$> 1,50$ $\leq 3,0$	$> 3,0$ $\leq 6,0$	$\geq 6,0$
Deckenspiegel	± 8	± 8	± 8	± 8	± 10	± 12
Steg	± 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

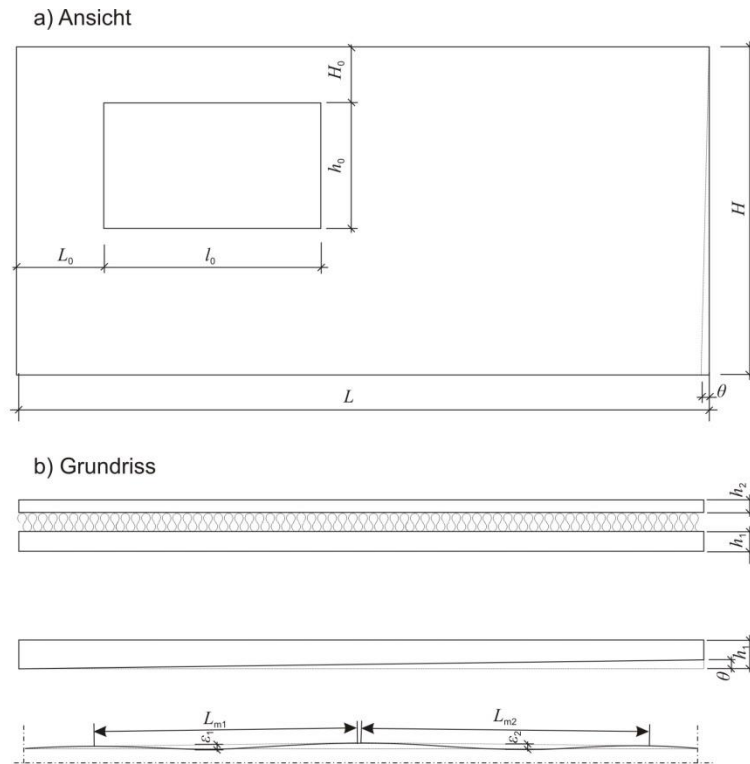
Grenzwert für die seitliche Krümmung: $\varepsilon = \pm L/1000 \geq 10$ mm
(Bei vorgespannten TT-Platten: $\varepsilon = L/700 \geq 15$ mm)

Grenzwerte für Abweichungen von der Überhöhung $\Delta v = L/500$

Grenzabweichungen für Öffnungen:

- Lage der Öffnung: ΔL_0 wie ΔL (Länge)
- Größe der Öffnung: Δh_0 nach Tabellen A.1 und A.2

Bild A.3: Grenzabweichungen für TT-Platten nach DIN 18203-1 und DIN EN 13224



Grenzabweichungen der Längen- und Breitenmaße

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

Grenzabweichungen der Querschnittsmaße

Bauteil	Grenzabweichungen Δh in [mm] bei Nennmaßen h in [m]		
	$\leq 0,15$	$> 0,15$ $\leq 0,30$	$> 0,30$ $\leq 0,60$
Dicke von Wand- und Fassadenplatten	± 5	± 6	± 8

Grenzwerte für Winkelabweichungen

Bauteil	Grenzwerte für Winkelabweichungen θ in [mm] bei Nennmaßen in [m]					
	$\leq 0,15$	$> 0,15$ $\leq 0,30$	$> 0,30$ $\leq 0,60$	$> 0,60$ $\leq 1,0$	$> 1,0$ $\leq 1,5$	$\geq 1,5$
Nicht oberflächenfertige Wandplatten	± 8	± 8	± 8	± 8	± 10	± 12
Oberflächenfertige Wandplatten und Fassaden	± 5	± 5	± 5	± 6	± 8	± 10

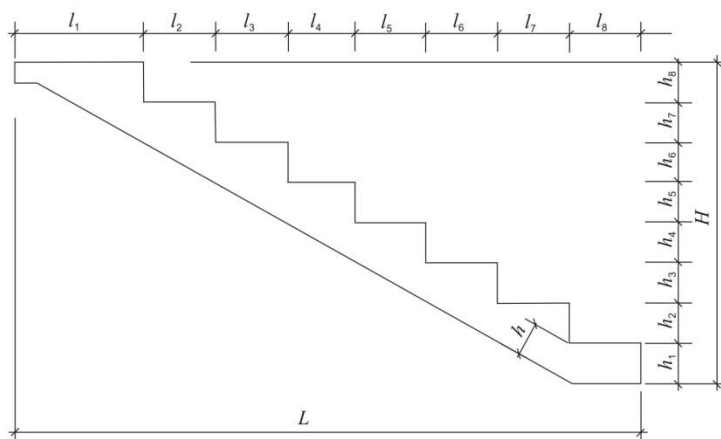
Durch Ausnutzen der Grenzabweichungen der Längenmaße dürfen die Grenzwerte für Winkelabweichungen nicht überschritten werden. Es gilt das jeweils strengere Kriterium.

Sonstige Grenzwerte

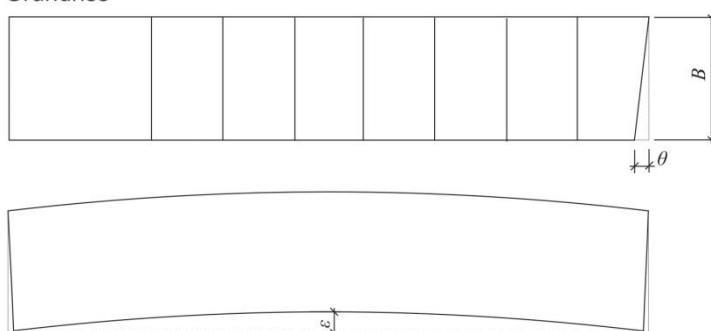
Grenzwerte für die Ebenheit (Schalungsseite):	Grenzwerte für die Ebenheit (Einfüllseite):
- Bei Messabständen $L_M \leq 0,2$ m: $\varepsilon \leq 2$ mm	- Bei Messabständen $L_M \leq 0,2$ m: $\varepsilon \leq 4$ mm
- Bei Messabständen $L_M \leq 3,0$ m: $\varepsilon \leq 5$ mm	- Bei Messabständen $L_M \leq 3,0$ m: $\varepsilon \leq 10$ mm
Grenzabweichungen für Öffnungen:	
- Lage der Öffnung: ΔL_0 und ΔH_0 wie ΔL und ΔH (Länge)	
- Größe der Öffnung: Δl_0 und Δh_0 nach Tabellen A.1 und A.2	

Bild A.4: Grenzabweichungen für Wände nach DIN 18203-1 und DIN EN 14992

a) Ansicht



b) Grundriss



Grenzabweichungen der Längen- und Breitenmaße

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

Grenzabweichungen der Querschnittsmaße

Bauteil	Grenzabweichungen Δh in [mm] bei Nennmaßen in [m]		
	$\leq 0,15$	$> 0,15$ $\leq 0,30$	$> 0,30$ $\leq 0,60$
Dicke von Treppenplatten h	± 6	± 8	± 10

Sonstige Grenzwerte

Grenzwert für die Krümmung (seitliches Ausweichen): $\varepsilon = \pm L/1000 \geq 10 \text{ mm}$

Grenzwert für die Ebenheit der Oberfläche: $\Delta h = h_{01} - h_{02} = 2 + l_0/500$



Maximale Treppensteigung und kleinster Treppenauftritt nach DIN 18065 müssen in jedem Fall eingehalten werden.

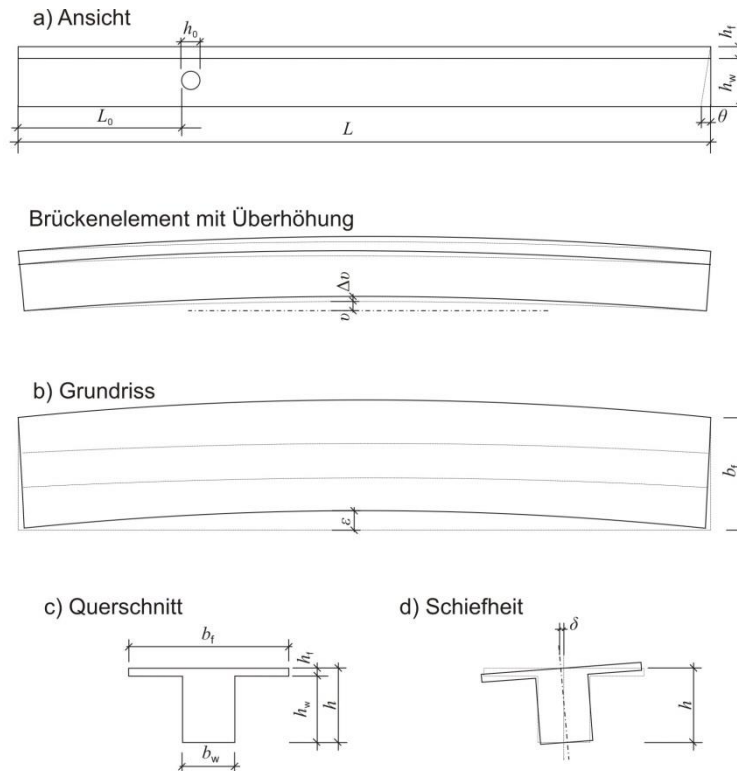
Abweichungen der Istmaße von Treppensteigung und -auftritt innerhalb eines fertigen Treppenlaufes dürfen gegenüber den Nennmaßen nicht mehr als 5 mm betragen.

Abweichungen der Istmaße von einer Stufe zur benachbarten Stufe dürfen nicht mehr als 5 mm betragen.

Abweichungen der Istmaße der Steigung der Antrittsstufe vom Nennmaß:

- 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 18203-1, DIN EN 14843 und DIN 18065



Grenzabweichungen der Längen- und Breitenmaße

Bauteil	Grenzabweichungen ΔL in [mm] bei Nennmaßen L in [m]				
	$> 6,0$ $\leq 10,0$	$> 10,0$ $\leq 15,0$	$> 15,0$ $\leq 22,0$	$> 22,0$ $\leq 30,0$	$> 30,0$
Längen und Breiten von Brücken	± 16	± 16	± 20	± 25	± 30

Grenzabweichungen der Querschnittsmaße

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

Grenzwerte für Winkelabweichungen

Bauteil	Grenzwerte für Winkelabweichungen θ in [mm] bei Nennmaßen in [m]					
	$\leq 0,15$	$> 0,15$ $\leq 0,30$	$> 0,30$ $\leq 0,60$	$> 0,60$ $\leq 1,0$	$> 1,0$ $\leq 1,5$	$\geq 1,5$
Winkelabweichungen	± 6	± 8	± 8	± 8	± 10	± 12

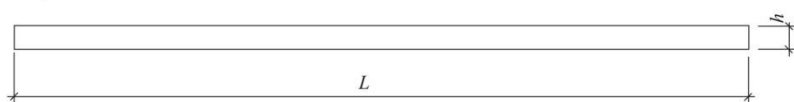
Durch Ausnutzen der Grenzabweichungen der Längen- oder Querschnittsmaße dürfen die Grenzwerte für Winkelabweichungen nicht überschritten werden. Es gilt das jeweils strengere Kriterium.

Sonstige Grenzwerte

Grenzwert für die Krümmung (seitliches Ausweichen): $\varepsilon = \pm L/500$
Schiefheit der Längsachse: $\delta = \pm 0,015 h$
Grenzwerte für Abweichungen von der Überhöhung $\Delta v = L/800$ oder $\pm 50\%$ des Nennwertes (der größere Wert ist maßgebend)
Grenzabweichungen für Öffnungen: - Lage der Öffnung: ΔL_0 wie ΔL (Länge) - Größe der Öffnung: Δh_0 nach Tabellen A.1 und A.2

Bild A.6: Grenzabweichungen für Brücken nach DIN 18203-1 und DIN EN 15050

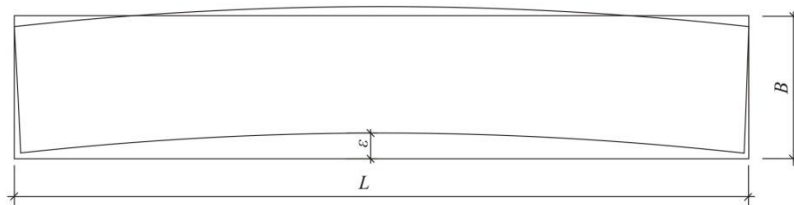
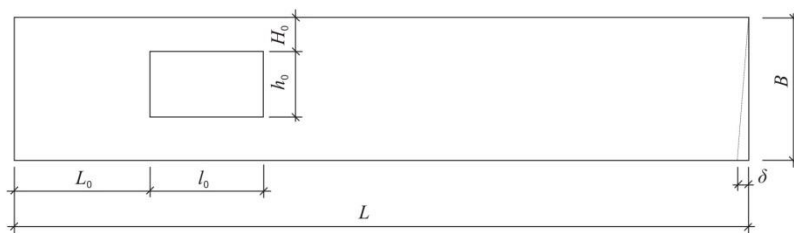
a) Ansicht



Platte mit Überhöhung



b) Grundriss



Grenzabweichungen der Längen- und Breitenmaße

Bauteil	Grenzabweichungen ΔL und ΔB in [mm] bei Nennmaßen L und B in [m]							
	$\leq 1,5$	$> 1,5$ $\leq 3,0$	$> 3,0$ $\leq 6,0$	$> 6,0$ $\leq 10,0$	$> 10,0$ $\leq 15,0$	$> 15,0$ $\leq 22,0$	$> 22,0$ $\leq 30,0$	$> 30,0$
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]		
	$\leq 0,15$	$> 0,15$ $\leq 0,30$	$> 0,30$ $\leq 0,60$
Querschnittsdicke von Deckenplatten	± 6	± 8	± 10

Grenzwerte für Winkelabweichungen

Bauteil	Winkeltoleranzen als Stichmaß in [mm] bei Längen in [m]		
	$\leq 3,00$	$> 3,00$ $\leq 6,00$	$> 6,00$
Deckenplatten	± 8	± 10	± 12

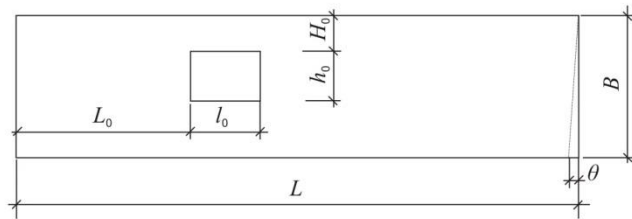
Durch Ausnutzen der Grenzabweichungen der Längenmaße dürfen die Grenzwerte für Winkelabweichungen nicht überschritten werden. Es gilt das jeweils strengere Kriterium.

Sonstige Grenzwerte

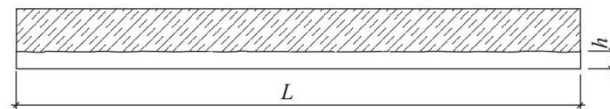
Grenzwert für die Krümmung (seitliches Ausweichen): $\varepsilon = \pm L/700$
Grenzwerte für Abweichungen von der Überhöhung $\Delta v = L/700$
Grenzabweichungen für Öffnungen: - Lage der Öffnung: ΔL_0 und ΔH_0 wie ΔL und ΔH (Länge) - Größe der Öffnung: Δh_0 und Δl_0 nach Tabellen A.1 und A.2

Bild A.7: Grenzabweichungen für Massivdecken nach DIN 18203-1 und DIN 1045-4

a) Grundriss



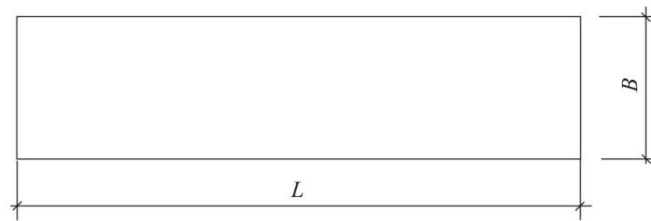
b) Schnitt



Grenzabweichungen für die Länge: $\Delta L = \pm 20 \text{ mm}$
Grenzabweichungen für die Breite: $\Delta B = + 5 \text{ mm}, - 10 \text{ mm}$
Grenzabweichungen für die Dicke: $\Delta h = + 10 \text{ mm}, - [\min \{h/10; 10 \text{ mm}\}] \geq 5 \text{ mm}$
Grenzabweichungen für die Schiefheit: $\theta = \pm (5 + L/1000)$ bzw. $\pm (5 + B/1000)$
Grenzabweichungen für Größe und Lage von Öffnungen: Δh_0 bzw. $\Delta b_0 = \pm 30 \text{ mm}$
Grenzabweichungen für die Ebenheit der Schalungsseite: - $\pm 1 \text{ mm}$ auf 0,20 m Länge - $\pm 3 \text{ mm}$ auf 1 m Länge
Grenzabweichungen für die Lage von Einbauteilen: - $\pm 50 \text{ mm}$ in Längsrichtung - $\pm B/10 \text{ mm}$ in Querrichtung
Grenzabweichungen für Öffnungen: - Lage der Öffnung: ΔL_0 und ΔH_0 wie ΔL und ΔH (Länge) - Größe der Öffnung: Δh_0 und Δl_0 nach Tabellen A.1 und A.2

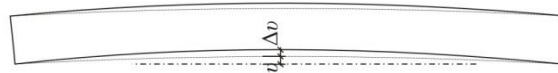
Bild A.8: Grenzabweichungen für Deckenplatten mit Ortbetonergänzung nach DIN 18203-1 und DIN EN 13747

a) Grundriss

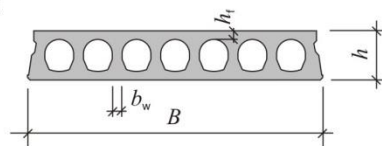


b) Ansicht

Platten mit Überhöhung



c) Schnitt


Grenzabweichungen für die Länge: $\Delta L = \pm 25 \text{ mm}$

Grenzabweichungen für die Breite: $\Delta B = \pm 5 \text{ mm}$

Grenzabweichungen für die Dicke h :

- $\Delta h = - 5 \text{ mm}, + 10 \text{ mm}$ bei $h \leq 150 \text{ mm}$
- $\Delta h = \pm 15 \text{ mm}$ bei $h \geq 250 \text{ mm}$

Grenzabweichungen für die Stegdicke b_w :

- $\Delta b_w = \pm 10 \text{ mm}$ bei Einzelstegen
- $\Delta b_w = \pm 20 \text{ mm}$ für die Summe der Platte (Σb_w)

Grenzabweichungen für die Flanschdicke h_f :

- $\Delta h_f = (- 10 \text{ mm}), + 15 \text{ mm}$ bei Einzelflanschen

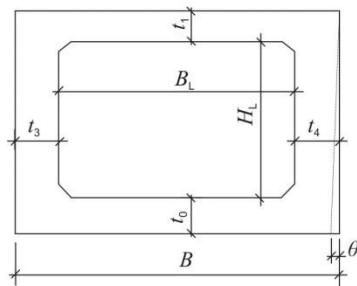
Grenzwerte für Abweichungen von der Überhöhung

 $\Delta v = \pm 8 \text{ mm}$ bei $L < 8,0 \text{ m}$
 $\Delta v = \pm L/1000$ bei $L > 8,0 \text{ m}$

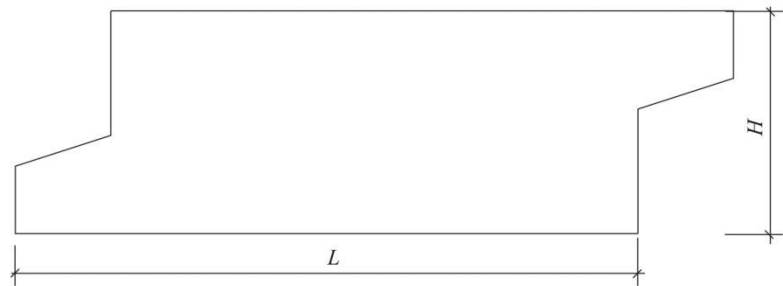
Für spezielle Plattentypen gelten evtl. abweichende Werte nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung.

Bild A.9: Grenzabweichungen für Spannbetonhohlplatten nach DIN EN 1168 und allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung

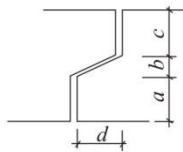
a) Schnitt



b) Ansicht



c) Fugenausbildung

**Grenzabweichungen**

Grenzabweichung für die Länge: $\Delta L = \pm 1 \%$
Grenzabweichung für die lichte Breite und lichte Höhe: $\Delta B_L, \Delta H_L = \pm 1 \%$ (mindestens - 10 mm, maximal +15 mm)
Grenzabweichung für die Decken- und Bodenplatte und für die Wandungen: $\Delta t_0, \Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3 = \pm 10 \text{ mm}$
Grenzabweichung für die Fugenausbildung a, b, c, d : $\pm 6 \text{ mm}$
Grenzabweichung für die Schiefheit θ : - Für Innenmaße $\leq 2000 \text{ mm}$: 10 mm, - Für Innenmaße $> 2000 \text{ mm}$ und $\leq 4000 \text{ mm}$: 15 mm, - Für Innenmaße $> 4000 \text{ mm}$: 20 mm.

Mindestnennndicke der Decken- und Bodenplatte und der Wandungen: 100 mm

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

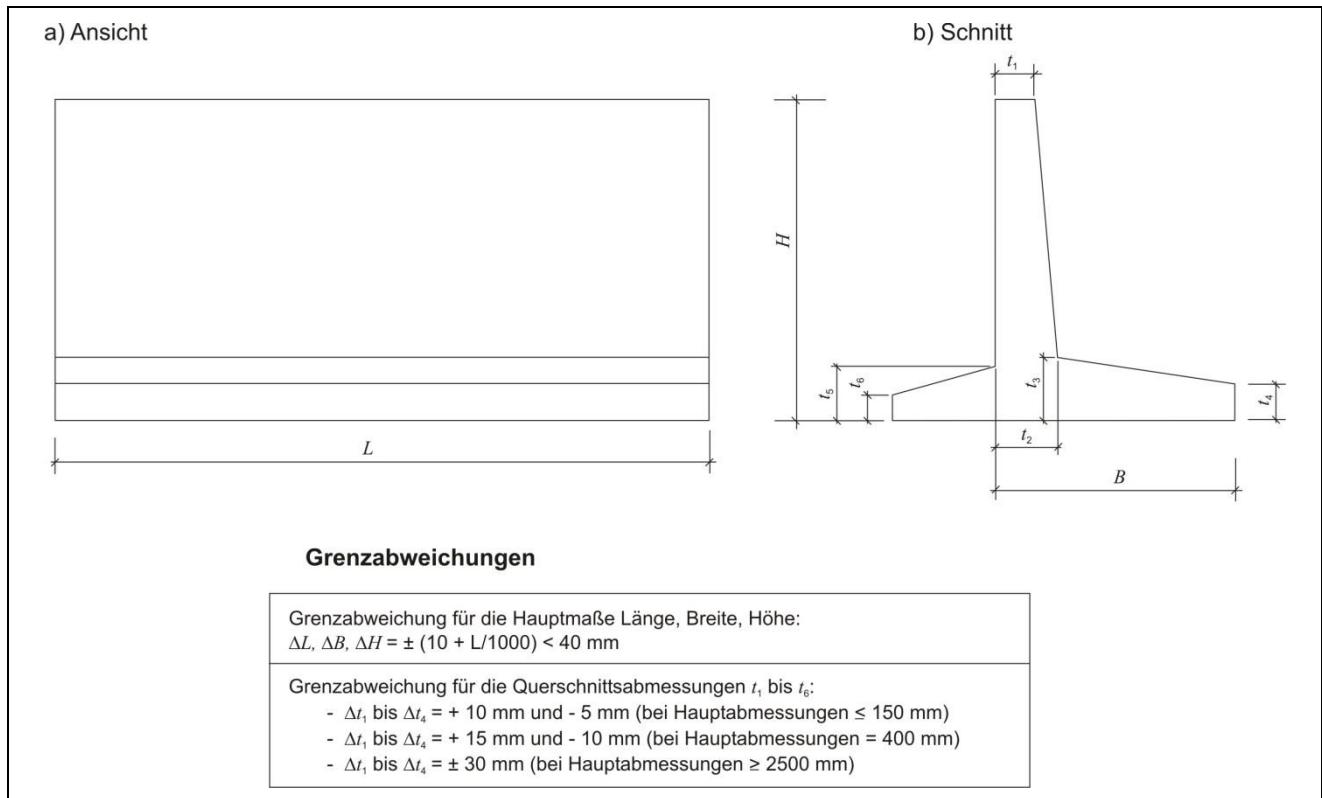


Bild A.11: Grenzabweichungen für Stützwandelemente nach DIN EN 15258

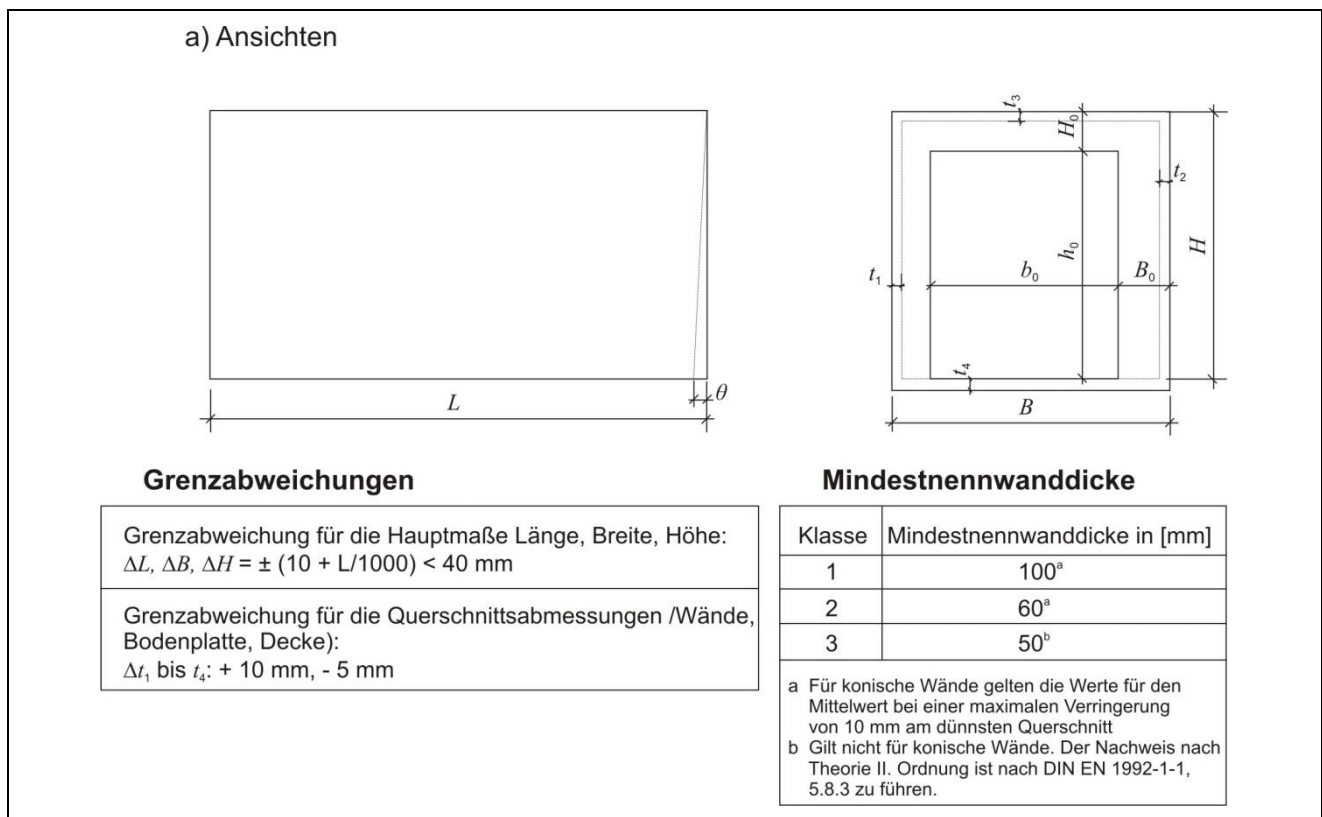


Bild A.12: Grenzabweichungen für Betonfertiggaragen nach DIN EN 13978-1

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. Achs- und Rastermaße	± 10	± 12	± 16	± 20	± 24	± 30
Maße im Aufriss, z. B. Geschosshöhen	± 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, 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 Nennmaßen 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 Nennmaßen 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 mit normaler Anforderung	5	8	12	15	20
Flächenfertige Oberseiten von Decken oder Bodenplatten für untergeordnete Zwecke (z. B. Keller, Lagerräume)					
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 Diese Grenzabweichungen können auch bei Messpunktabständen über 15 m angewendet werden.

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

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

a Diese Grenzabweichungen können bei Nennmaßen bis etwa 60 m angewendet werden. Bei größeren Nennmaßen sind besondere Überlegungen erforderlich.

A.3 Toleranzen von Einbauteilen und Verbindungsmitteln

Es ist zu unterscheiden zwischen den Grenzabweichungen der Lage der Einbauteile im Betonfertigteile (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 18203-1, Tabelle 1)

Einbauteile in	Grenzabweichungen ΔL in [mm] bei Nennmaßen L in [m]							
	$\leq 1,5$	$> 1,5$ $\leq 3,0$	$> 3,0$ $\leq 6,0$	$> 6,0$ $\leq 10,0$	$> 10,0$ $\leq 15,0$	$> 15,0$ $\leq 22,0$	$> 22,0$ $\leq 30,0$	$> 30,0$
stabförmigen Stahlbetonbauteilen	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16	± 18	± 20
Spannbetonbauteilen	-	-	-	± 16	± 16	± 20	± 25	± 30
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	Grenzabweichungen ΔL in [mm] bei Nennmaßen L in [m]					
	$\leq 1,0$	$> 1,0$ $\leq 3,0$	$> 3,0$ $\leq 6,0$	$> 6,0$ $\leq 15,0$	$> 15,0$ $\leq 30,0$	$> 30,0$
im Grundriss ^a	± 10	± 12	± 16	± 20	± 24	± 30
im Aufriss ^a	± 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	-	-
a 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.

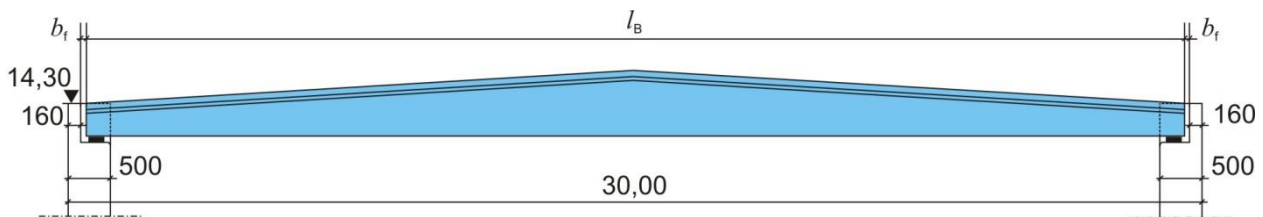


Bild B.1: Ansicht und Abmessungen

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 Gesamtkonstrukstoleranz 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:

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

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.1)**

$\delta_{1,links} = \delta_{1,rechts} = \pm 6$ mm bei einem Nennmaß $b_{c1} = 160$ mm ($> 0,15$ m und $\leq 0,30$ 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.2)**

$\delta_2 = \pm 25$ mm (= 50 mm) bei einem Nennmaß von $> 22,0$ m und $\leq 30,00$ 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 $\leq 15,0$ 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 $\leq 30,0$ 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 $\delta_3 = 16$ mm angesetzt.

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

Montagetoleranzen werden vernachlässigt, da diese sehr gering und somit für Passungsberechnungen von untergeordneter Bedeutung sind (siehe Abschnitt 3.4).

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

Messunsicherheit im Werk mit Distanzlasergerät: $\delta_5 = 1,5$ mm

Messunsicherheit auf der Baustelle mit Stahlbandmaß von 50 m: $\delta_6 = 10$ mm

- **Maximale Toleranz**

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

- **Gesamt toleranz 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

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

Länge des Binders (siehe Bild B.1): $l_B = 30,00 - 2b_{c1} - 2b_f = 30,00 - 2 \cdot 0,16 - 2 \cdot 0,035 = 29,90$ m

B.4 Fugenbild

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

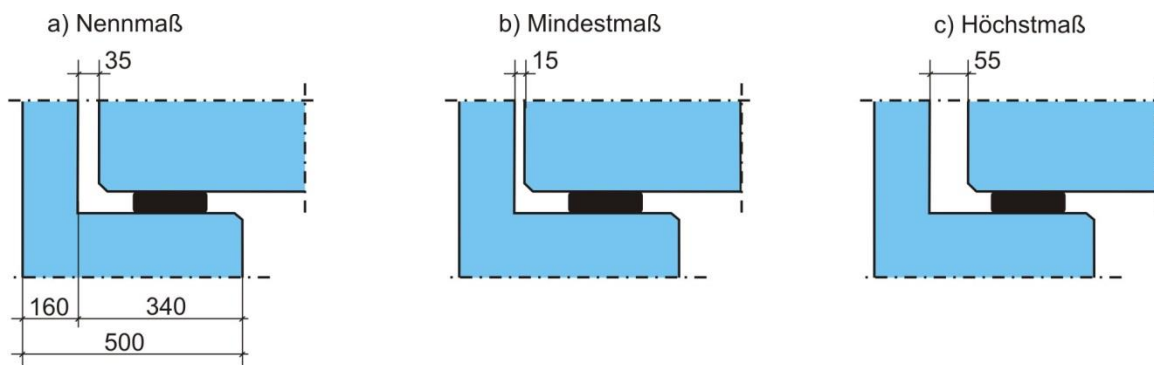


Bild B.2: a) Nennmaß, b) Minimale Fugenbreite, c) Maximale Fugenbreite

B.5 Alternativen

- Gesamt toleranz der Fugenbreite nach Additions methode

$$\Delta b_f = \frac{1}{2} \cdot (50 + 2 \cdot 12 + 2 \cdot 16 + 1,5 + 10) = 59 \text{ mm } (\pm 30 \text{ mm})$$

Nennmaß der Fugenbreite: $b_f = 15 + 30 \sim 45$ mm

- Gesamt toleranz der Fugenbreite nach der Methode der „reinen“ Fehlerfortpflanzung

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

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.

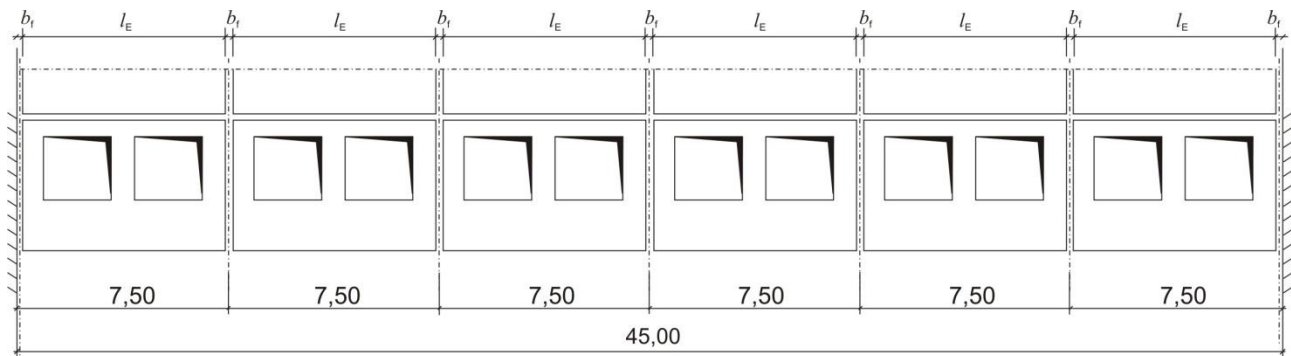


Bild C.1: Ansicht und Abmessungen der Fassadenplatten

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]
$\leq 2,0$	15	10
$> 2,0$ $\leq 3,5$	20	15
$> 3,5$ $\leq 5,0$	25	20
$> 5,0$ $\leq 6,5$	30	25
$> 6,5$ $\leq 8,0$	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: $\Delta T = 80 \text{ K}$;
- Thermischer Ausdehnungskoeffizient für Beton: $\alpha_T = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$;
- Zulässige Gesamtverformung des Fugendichtstoffes: $\varepsilon = 25 \text{ \%}$ 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: $\Delta T = 50 \text{ K}$ (von $+10^\circ\text{C}$ auf $+60^\circ\text{C}$ für helle Fassaden)

Die Ausdehnung aller Bauteile aus Temperatur beträgt:

$$\Delta l_T = 1,1 \cdot 10^{-5} \cdot 50 \cdot 45000 = 25 \text{ mm}$$

Maximale Abkühlung: $\Delta T = 30 \text{ K}$ (von $+10^\circ\text{C}$ auf -20°C im Winter);

- Endschwindmaß: $\varepsilon_s = -0,32 \text{ ‰}$ (nach DIN EN 1992-1-1, Abschnitt 3.1.4)

Die Bauteilstauchung aus Temperatur und Schwinden beträgt:

$$\Delta l_{T+s} = (1,1 \cdot 10^{-5} \cdot 30 + 0,32 \cdot 10^{-3}) \cdot 45000 \approx 30 \text{ mm}$$

Bei insgesamt 7 Fugen ergibt sich pro Fuge:

$$\Delta l_{T+s} = 29 / 7 = 4,2 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$$

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).

$$b_{F,\min} = b_{F,T+s} = \Delta l_{T+s} / \Delta b_F = 4,2 / 0,25 = 17 \text{ mm}$$

Um die zulässige Gesamtverformung des Fugendichtstoffes nicht zu überschreiten, muss das Mindestmaß der Fugenbreite zum Zeitpunkt der Fugenabdichtung demnach 17 mm betragen.

• Vorkomprimiertes imprägniertes Dichtungsband nach DIN 18542

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

$$b_{F,\min} = \Delta l_T / \Delta b_{F,\min} = 4,2 / 0,35 = 12 \text{ mm}$$

C.1.3.2 Gesamttoleranz

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

mit

δ_b Gesamtkonstruktionstoleranz aller Fugenbreiten

$\delta_{\max}$ 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)**

$\delta_1 = \pm 10 \text{ mm}$ (= 20 mm) bei einem Nennmaß von $> 6,0 \text{ m}$ und $\leq 10,00 \text{ m}$

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

Montagetoleranzen werden vernachlässigt, da diese sehr gering und somit für Passungsberechnungen von untergeordneter Bedeutung sind (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 Distanzlasengeräten 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 $\delta_{\max}$ in der Toleranzkette ist $\delta_{\max} = \delta_1 = 20 \text{ mm}$.

Die Gesamttoleranz δ_b ergibt sich bei 6 Fertigteilen zu:

$$\delta_b = [6 \cdot 20] = 120 \text{ mm}$$

Bei insgesamt 7 Fugen ergibt sich pro Fuge:

$$b_F = 120 / 7 = 17 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm} (\pm 10 \text{ mm})$$

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:

$$b_F = b_{F,\min} + \Delta b_f = 17 + 10 = 27 \text{ mm} \approx 30 \text{ mm}$$

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

Nennmaß der Länge der Fassadenplatten:

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

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

mit n_E Anzahl der Fassadenplatten, $n_E = 6$

$$l_E = (450000 - 7 \cdot 30) / 6 = 7465 \text{ mm}$$

- **Nennmaß mit Fugendichtungsband**

Das Nennmaß der Fugenbreite ergibt sich zu:

$$b_F = b_{F,\min} + \Delta b_f = 12 + 10 = 22 \text{ mm} \approx 25 \text{ mm}$$

Nennmaß der Länge der Fassadenplatten:

$$l_E = (450000 - 7 \cdot 25) / 6 = 7470 \text{ mm}$$

C.1.3.4 Fugenbild

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

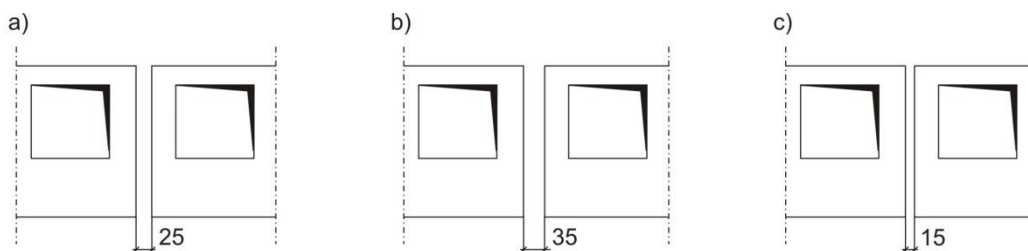


Bild C.2: a) Nennmaß, b) Maximale Fugenbreite, c) Minimale Fugenbreite

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.

$$\delta_1 = \pm 8 \text{ mm} = 16 \text{ mm (nach DIN EN 14992, Tabelle 2, bei einem Nennmaß von } > 6,0 \text{ m und } \leq 10,00 \text{ m)}$$

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

- Maximale Toleranz**

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

$$\text{Gesamttoleranz: } \delta_b = [6 \cdot 16] = 96 \text{ mm}$$

$$\text{Fugenbreite: } b_F = 96 / 7 \approx 15 \text{ mm } (\pm 8 \text{ mm})$$

- Nennmaß mit Fugendichtstoff**

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

$$b_F = b_{F,\min} + \Delta b_f = 17 + 8 = 25 \text{ mm}$$

- Nennmaß mit Fugendichtungsband**

Das Nennmaß der Fugenbreite ergibt sich zu:

$$b_F = b_{F,\min} + \Delta b_f = 12 + 8 = 20 \text{ mm}$$

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:

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

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.

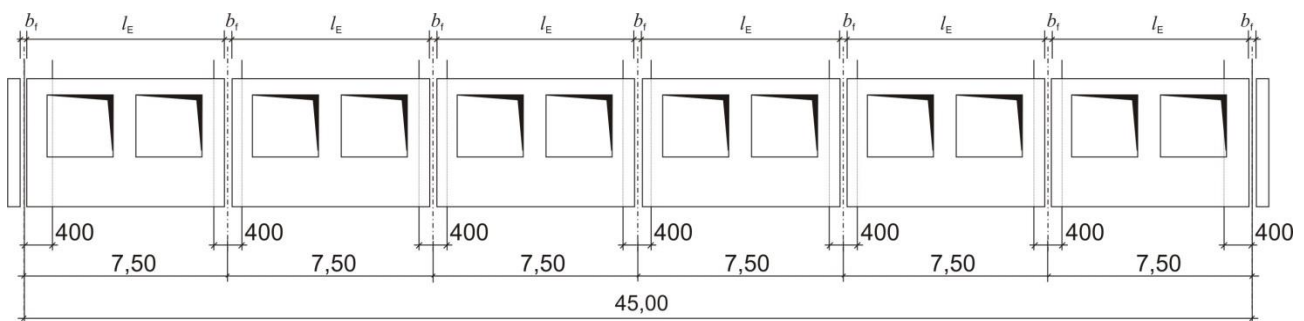


Bild C.3: Ansicht und Abmessungen der Fassadenplatten

C.3.2 Mindestfugenbreite

Es ergeben sich die gleichen Werte wie in Abschnitt C.1 ($b_{F,min} = 17$ mm bzw. $b_{F,min} = 12$ 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**
 $\delta_1 = \pm 10$ mm (= 20 mm) wie in Abschnitt C.1.3.2
- **Toleranzen aus der Fertigteilherstellung der Stützen im Werk (nach Anhang A, Bild A.1)**
 $\delta_3 = \pm 8$ mm (= 16 mm) bei einem Nennmaß von $> 0,30$ m und $\leq 0,60$ m; diese Abweichung kann bei der linken und rechten Stütze auftreten.
- **Toleranzen der Maßabweichungen des Achsmaßes (nach Anhang A, Tabelle A.1)**
 $\delta_4 = \pm 20$ mm (= 40 mm) bei einem Achsmaß von $> 6,00$ m und $\leq 15,00$ m.
 Montagetoleranzen für die Stützen müssen nicht angesetzt werden, da diese bereits durch die Bauwerkstoleranz $\delta_4 = \pm 20$ 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:

$$\Delta b_{f,links} = \Delta b_{f,rechts} = \frac{1}{2} [40 + \sqrt{20^2 + 2 \cdot 16^2}] = 35 \text{ mm } (\pm 18 \text{ mm})$$

• Nennmaß mit Fugendichtstoff

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

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

Nennmaß der Länge der Fassadenplatten:

$$l_E = (450000 - 7 \cdot 35) / 6 = 7460 \text{ mm}$$

• Nennmaß mit Fugendichtungsband

Das Nennmaß der Fugenbreite ergibt sich zu:

$$b_F = b_{F,\min} + \Delta b_f = 12 + 18 = 30 \text{ mm}$$

Nennmaß der Länge der Fassadenplatten:

$$l_E = (450000 - 7 \cdot 30) / 6 = 7465 \text{ mm}$$

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 Fugensbild

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

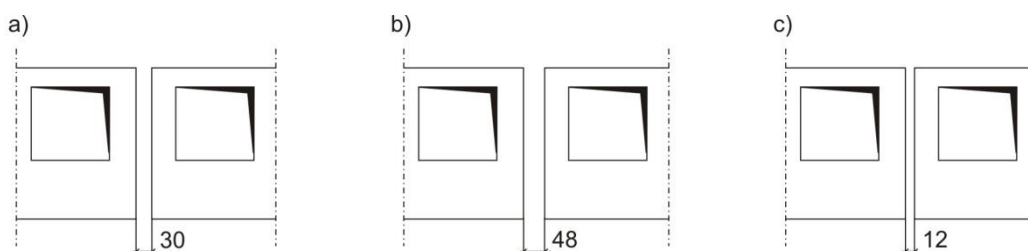


Bild C.4: a) Nennmaß, b) Maximale Fugenbreite, c) Minimale Fugenbreite

C.3.7 Alternativen

- Gesamttoleranz der Fugenbreite nach Additionsmethode

$$\Delta b_f = \frac{1}{2} \cdot (20 + 2 \cdot 16 + 40) = 46 \text{ mm } (\pm 23 \text{ mm})$$

Das Nennmaß der Fugenbreite mit Fugendichtungsband beträgt:

$$b_F = b_{F,\min} + \Delta b_f = 12 + 23 = 35 \text{ mm}$$

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

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

$$\Delta b_f = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{20^2 + 2 \cdot 16^2 + 40^2} = 25 \text{ mm } (\pm 13 \text{ mm})$$

Das Nennmaß der Fugenbreite mit Fugendichtungsband ergibt sich zu:

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

Maximalwert / Minimalwert der Fugenbreite: $b_{F,\max} = 43 \text{ mm} / b_{F,\min} = 17 \text{ mm}$

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.

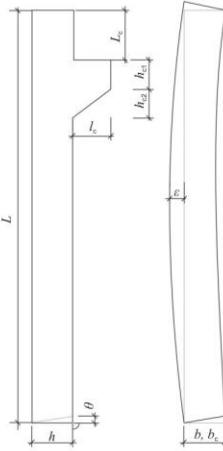
Maßkontrolle Stütze nach DIN EN 13225																																																																																																			
Firma																																																																																																			
Bauvorhaben																																																																																																			
Position																																																																																																			
Datum																																																																																																			
Maße																																																																																																			
a) Ansicht		b) Querschnitt		Grenzabweichungen der Längenmaße <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Bauteil</th> <th colspan="7">Grenzabweichungen $\Delta L, \Delta L_c$ in [mm] bei Nennmaßen L, L_c in [m]</th> </tr> <tr> <th>$\leq 1,5$</th> <th>$> 1,5$ $\leq 3,0$</th> <th>$> 3,0$ $\leq 6,0$</th> <th>$> 6,0$ $\leq 10,0$</th> <th>$> 10,0$ $\leq 15,0$</th> <th>$> 15,0$ $\leq 22,0$</th> <th>$> 22,0$ $\leq 30,0$</th> <th>$> 30,0$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Stützenlänge</td> <td>± 6</td> <td>± 8</td> <td>± 10</td> <td>± 12</td> <td>± 14</td> <td>± 16</td> <td>± 18</td> <td>± 20</td> </tr> </tbody> </table>						Bauteil	Grenzabweichungen $\Delta L, \Delta L_c$ in [mm] bei Nennmaßen L, L_c in [m]							$\leq 1,5$	$> 1,5$ $\leq 3,0$	$> 3,0$ $\leq 6,0$	$> 6,0$ $\leq 10,0$	$> 10,0$ $\leq 15,0$	$> 15,0$ $\leq 22,0$	$> 22,0$ $\leq 30,0$	$> 30,0$	Stützenlänge	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16	± 18	± 20																																																																	
Bauteil	Grenzabweichungen $\Delta L, \Delta L_c$ in [mm] bei Nennmaßen L, L_c in [m]																																																																																																		
	$\leq 1,5$	$> 1,5$ $\leq 3,0$	$> 3,0$ $\leq 6,0$	$> 6,0$ $\leq 10,0$	$> 10,0$ $\leq 15,0$	$> 15,0$ $\leq 22,0$	$> 22,0$ $\leq 30,0$	$> 30,0$																																																																																											
Stützenlänge	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16	± 18	± 20																																																																																											
				Grenzabweichungen der Querschnittsmaße <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Bauteil</th> <th colspan="6">Grenzabweichungen $\Delta h, \Delta b$ in [mm] bei Nennmaßen h, b in [m]</th> </tr> <tr> <th>$\leq 0,15$</th> <th>$> 0,15$ $\leq 0,30$</th> <th>$> 0,30$ $\leq 0,60$</th> <th>$> 0,60$ $\leq 1,0$</th> <th>$> 1,0$ $\leq 1,5$</th> <th>$\geq 1,5$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Querschnittsmaße Stützen</td> <td>± 6</td> <td>± 6</td> <td>± 8</td> <td>± 12</td> <td>± 16</td> <td>± 20</td> </tr> </tbody> </table>						Bauteil	Grenzabweichungen $\Delta h, \Delta b$ in [mm] bei Nennmaßen h, b in [m]						$\leq 0,15$	$> 0,15$ $\leq 0,30$	$> 0,30$ $\leq 0,60$	$> 0,60$ $\leq 1,0$	$> 1,0$ $\leq 1,5$	$\geq 1,5$	Querschnittsmaße Stützen	± 6	± 6	± 8	± 12	± 16	± 20																																																																						
				Bauteil	Grenzabweichungen $\Delta h, \Delta b$ in [mm] bei Nennmaßen h, b in [m]																																																																																														
$\leq 0,15$	$> 0,15$ $\leq 0,30$	$> 0,30$ $\leq 0,60$	$> 0,60$ $\leq 1,0$		$> 1,0$ $\leq 1,5$	$\geq 1,5$																																																																																													
Querschnittsmaße Stützen	± 6	± 6	± 8	± 12	± 16	± 20																																																																																													
				Grenzwerte für Winkelabweichungen <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Bauteil</th> <th colspan="3">Grenzwerte für Winkelabweichungen θ in [mm] bei Nennmaßen in [m]</th> </tr> <tr> <th>$\leq 0,40$</th> <th>$> 0,40$ $\leq 1,0$</th> <th>$\leq 1,50$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Querschnittsmaße Stützen</td> <td>± 4</td> <td>± 6</td> <td>± 8</td> </tr> </tbody> </table>						Bauteil	Grenzwerte für Winkelabweichungen θ in [mm] bei Nennmaßen in [m]			$\leq 0,40$	$> 0,40$ $\leq 1,0$	$\leq 1,50$	Querschnittsmaße Stützen	± 4	± 6	± 8																																																																															
				Bauteil	Grenzwerte für Winkelabweichungen θ in [mm] bei Nennmaßen in [m]																																																																																														
$\leq 0,40$	$> 0,40$ $\leq 1,0$	$\leq 1,50$																																																																																																	
Querschnittsmaße Stützen	± 4	± 6	± 8																																																																																																
Sonstige Grenzwerte Grenzwert für die Krümmung ε in jeder Hautebene: $\varepsilon = \pm L/700$																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="2">Soll-Werte</th> <th colspan="2">Ist-Werte</th> <th colspan="2">Soll-Ist</th> <th colspan="2">Auswertung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L =</td> <td>16,000</td> <td>m</td> <td>16,010</td> <td>m</td> <td>10,00</td> <td>mm</td> <td>☒ erfüllt</td> <td>☐ nicht erfüllt</td> </tr> <tr> <td>h =</td> <td>600</td> <td>mm</td> <td>605</td> <td>mm</td> <td>5,00</td> <td>mm</td> <td>☒ erfüllt</td> <td>☐ nicht erfüllt</td> </tr> <tr> <td>b =</td> <td>600</td> <td>mm</td> <td>595</td> <td>mm</td> <td>-5,00</td> <td>mm</td> <td>☒ erfüllt</td> <td>☐ nicht erfüllt</td> </tr> <tr> <td>L_c =</td> <td>3,000</td> <td>m</td> <td>2,994</td> <td>m</td> <td>-6,00</td> <td>mm</td> <td>☒ erfüllt</td> <td>☐ nicht erfüllt</td> </tr> <tr> <td>l_c =</td> <td>300</td> <td>mm</td> <td>304</td> <td>mm</td> <td>4,00</td> <td>mm</td> <td>☒ erfüllt</td> <td>☐ nicht erfüllt</td> </tr> <tr> <td>h_{c1} =</td> <td>300</td> <td>mm</td> <td>302</td> <td>mm</td> <td>2,00</td> <td>mm</td> <td>☒ erfüllt</td> <td>☐ nicht erfüllt</td> </tr> <tr> <td>h_{c2} =</td> <td>300</td> <td>mm</td> <td>297</td> <td>mm</td> <td>-3,00</td> <td>mm</td> <td>☒ erfüllt</td> <td>☐ nicht erfüllt</td> </tr> <tr> <td>b_c =</td> <td>600</td> <td>mm</td> <td>595</td> <td>mm</td> <td>-5,00</td> <td>mm</td> <td>☒ erfüllt</td> <td>☐ nicht erfüllt</td> </tr> <tr> <td>max ε =</td> <td>23</td> <td>mm</td> <td>4</td> <td>mm</td> <td>-19</td> <td>mm</td> <td>☒ erfüllt</td> <td>☐ nicht erfüllt</td> </tr> </tbody> </table>											Soll-Werte		Ist-Werte		Soll-Ist		Auswertung		L =	16,000	m	16,010	m	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	m	2,994	m	-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	4	mm	-19	mm	☒ erfüllt	☐ nicht erfüllt
	Soll-Werte		Ist-Werte		Soll-Ist		Auswertung																																																																																												
L =	16,000	m	16,010	m	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	m	2,994	m	-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	4	mm	-19	mm	☒ erfüllt	☐ nicht erfüllt																																																																																											
Bemerkungen:																																																																																																			
Unterschrift _____ Datum _____																																																																																																			

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

© FDB 2015 Diese Ausgabe ersetzt die Ausgabe 06/2006. Erstausgabe vom November 2000.

Herausgeber: Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V. – Schloßallee 10 – 53179 Bonn
Internet: www.fdb-fertigteilebau.de – E-Mail: info@fdb-fertigteilebau.de, Tel. 0228 9545656

Die **Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e. V.** ist der technische Fachverband für den konstruktiven Betonfertigteilebau. Die FDB vertritt die Interessen ihrer Mitglieder national und international und leistet übergeordnete Facharbeit in allen wesentlichen Bereichen der Technik.