

**Schweizerischer
Ingenieur- und Architekten-Verein**

sia

**Norm
Ausgabe 1980**

414

Masstoleranzen im Bauwesen

**Begriffe,
Grundsätze und
Anwendungsregeln**

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
0	Geltungsbereich 3
0 1	Allgemeines..... 3
0 2	Zweck und Geltungsbereich..... 3
1	Begriffe 4
2	Abweichungen 7
2 1	Ursachen..... 7
2 2	Arten 7
2 3	Messtechnisches Erfassen 8
3	Toleranzen 11
3 1	Festlegen von Toleranzen..... 11
3 2	Angabe von Toleranzen in Ausschreibungsunterlagen, in Verträgen und in Bauzeichnungen..... 11
4	Vereinbarungen über Kontrolle und Abnahme 12
4 1	Abnahme 12
4 2	Kontrollen 12
4 3	Toleranz und Messgenauigkeit..... 12
4 4	Toleranz und Umwelts- und Belastungsbedingungen 12
	Inkrafttreten 16

0 Geltungsbereich

0 1 Allgemeines

Beim Messen, bei der Herstellung und der Montage von Bauteilen und Bauwerken ist nicht zu vermeiden, dass Ungenauigkeiten entstehen, die dazu führen, dass die Produkte von ihrer geometrischen Sollform oder Sollage abweichen. Solche Abweichungen können zur Folge haben, dass Bauteile oder Bauwerke

- ihre Funktion nicht mehr voll zu erfüllen vermögen oder andere Bauteile bzw. Funktionen beeinträchtigen,
- ungenügende Sicherheit aufweisen,
- nur mit Erschwernissen zusammengefügt werden können,
- ästhetische Mängel aufweisen.

Deshalb ist es erforderlich, Bereiche zu definieren, innerhalb denen bei der Ausführung Abweichungen als technisch zulässig und wirtschaftlich vertretbar erachtet werden.

Diese Abweichungen müssen bei der Projektierung beachtet und bei der Ausführung eingehalten werden.

0 2 Zweck und Geltungsbereich

Die vorliegende Norm enthält Begriffsbestimmungen und allgemeine Grundsätze zur Regelung der geometrischen Genauigkeit von Bauteilen und Bauwerken. Sie gibt dem Architekten und Ingenieur für die Praxis die notwendigen Begriffe, Grundsätze und Anwendungsregeln.

Sie enthält keine quantitativen Toleranzangaben, sondern soll als Grundlage für die Toleranzfestlegungen in den einzelnen Fachnormen dienen. Sie bezieht sich nicht auf die Genauigkeit anderer technischer Eigenschaften von Bauteilen und Bauwerken und behandelt auch nicht die Genauigkeit im Vermessungswesen. Im weiteren regelt sie nicht die Genauigkeitsprobleme von Einrichtungsteilen und Apparaten, soweit diese dem Toleranzsystem des Maschinenbaues zugeordnet sind.

1 **Begriffe** (vergleiche hierzu Figur 1)

1 1 **Abmessung**

Grösse eines Körpers (Bauteil oder Bauwerk) oder eines Raumes in einer gegebenen Richtung (z. B. Länge, Breite, Durchmesser) oder entlang einer gegebenen Linie (z. B. Umfang eines Kreises)

1 2 **Mass**

Zahl, die den numerischen Wert einer Abmessung, ausgedrückt in einer bestimmten Masseinheit, angibt

1 3 **Sollmass**

Theoretisches Mass, das eine Abmessung zur Kennzeichnung von Grösse, Gestalt oder Lage eines Körpers oder Raumes aufweisen soll und das in Zeichnungen eingetragen wird *

* Zur vereinfachenden Benennung eines Bauteils wird unter Umständen ein «Nennmass» verwendet. Es kann mit dem Sollmass identisch sein. Das Nennmass hat keinen Zusammenhang mit den Toleranzen.

1 4 **Herstellungsmass**

Für die Herstellung eines Bauteils oder Bauwerks, einer Einbauöffnung oder eines Raumes bestimmtes Mass: Sollmass mit Angabe der beiden Grenzabweichungen

1 5 **Istmass**

Das tatsächliche, durch Messungen am konkreten Objekt (Bauteil, Öffnungen, Abstände und dgl.) ermittelte Mass, unter Berücksichtigung der in der Messmethode enthaltenen Fehler

1 6 **Grenzmasse**

Das grösste und das kleinste zulässige Istmass (Grösstmass bzw. Kleinstmass)

- *Grösstmass*
Das grössere der beiden Grenzmasse
- *Kleinstmass*
Das kleinere der beiden Grenzmasse

1 7 **Abweichung**

Differenz zwischen einem Mass und dem zugehörigen Sollmass

1 8 **Grenzabweichung**

Maximal zulässige Abweichung zwischen einem Istmass und dem zugehörigen Sollmass

- *Obere Grenzabweichung*
Abweichung zwischen dem Grösstmass und dem zugehörigen Sollmass
- *Untere Grenzabweichung*
Abweichung zwischen dem Kleinstmass und dem zugehörigen Sollmass

1 9 **Toleranz**

Differenz zwischen dem Grösstmass und dem Kleinstmass

1 10

Toleranzbereich

Bereich, in dem ein Punkt, eine Linie oder eine Fläche liegen muss, wenn die Grenzabweichungen eingehalten werden. Dieser Bereich kann ein-, zwei- oder dreidimensional sein (siehe Figur 2).

Anmerkung: Der Toleranzbereich wird festgelegt durch das Sollmass und die beiden Grenzabweichungen (z. B. 120 ± 3).

1 11

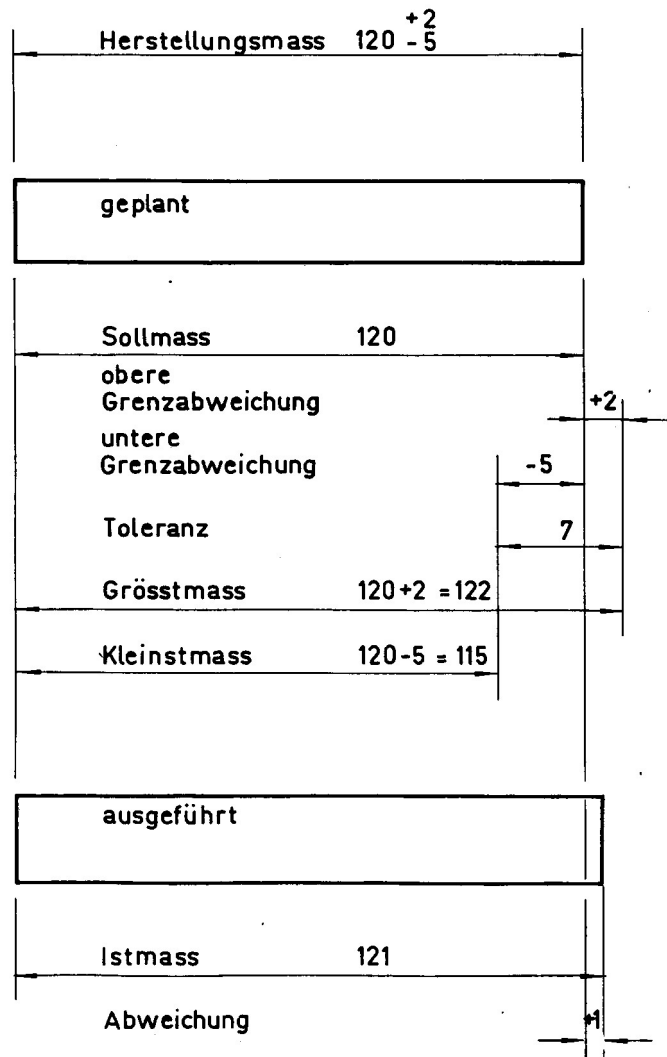
Genauigkeitsgrad

Grad der geforderten Genauigkeit

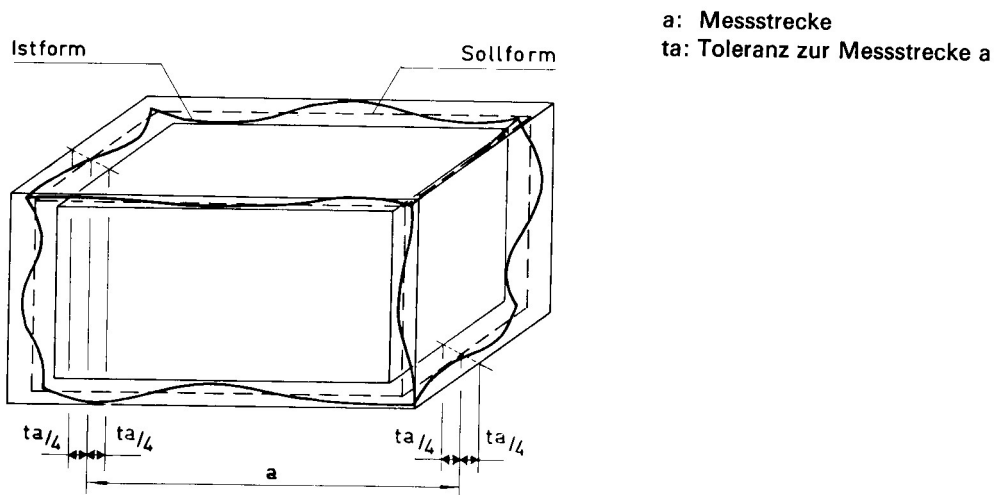
- *Normaler Genauigkeitsgrad*
Genauigkeitsgrad, der mit üblichen Mitteln (Messmethoden) und normaler Sorgfalt erreicht wird.
- *Erhöhter Genauigkeitsgrad*
Genauigkeitsgrad, der sich nur mit speziellen Mitteln (Messmethoden) und/oder erhöhter Sorgfalt erreichen lässt

Die Begriffe dieses Abschnittes sind mit jenen der CRB-Norm SN 501 550 «Modulordnung im Bauwesen - Masstoleranzen: Begriffe» abgestimmt.

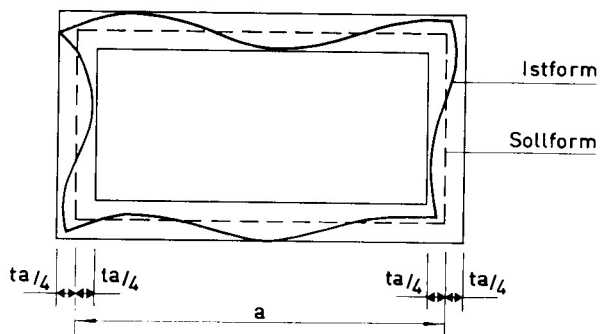
Figur 1 Bildliche Darstellung der Begriffe (Zahlenbeispiel mit ungleichen Grenzabweichungen)



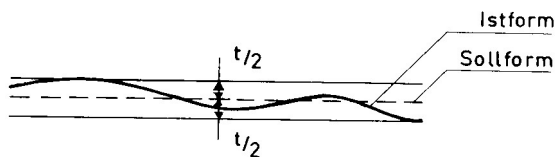
Figur 2 Toleranzbereiche
(Darstellung mit symmetrischen Grenzabweichungen)



- a) Der Toleranzbereich eines Körpers beliebiger Form kann durch den Bereich zwischen zwei Körpern dargestellt werden, deren Oberflächen parallel zu denjenigen des Sollkörpers sind und die je um den vierten Teil der Toleranz innerhalb resp. ausserhalb der Sollflächen liegen (Schachtelprinzip).



- b) Entsprechend ist der Toleranzbereich einer ebenen Figur gegeben durch zwei Figuren mit zur Istfigur parallelen Seiten, eine davon um einen Viertel der Toleranz nach aussen, die andere um ebensoviel nach innen verschoben.



- c) Der Toleranzbereich einer Linie ist entsprechend dem Bereich zwischen zwei zur Solllinie parallelen Linien, welche gegenüber dieser um die halbe Toleranz verschoben werden.

2 Abweichungen

2 1 Ursachen

Abweichungen an einem Bauwerk oder Bauteil können insbesondere beim Messen, Herstellen und Montieren durch Unzulänglichkeit des Menschen, der Fertigungsmittel und Messinstrumente entstehen (induzierte Abweichung). Im weiteren können sie auch aus der Natur des Materials, durch physikalische und chemische Gegebenheiten wie Temperatur und Feuchtigkeit der Umgebung, Beanspruchung usw. verursacht werden (inhärente Abweichung).

2 2 Arten

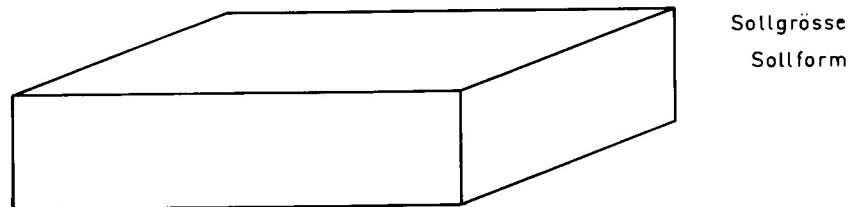
An einem Bauteil können folgende Abweichungen auftreten (Figur 3):

- Abweichungen von der Sollgrösse, z. B. von Längen- und Winkelmassen
- Abweichungen von der Sollform, z. B. einer Linie oder einer Oberfläche

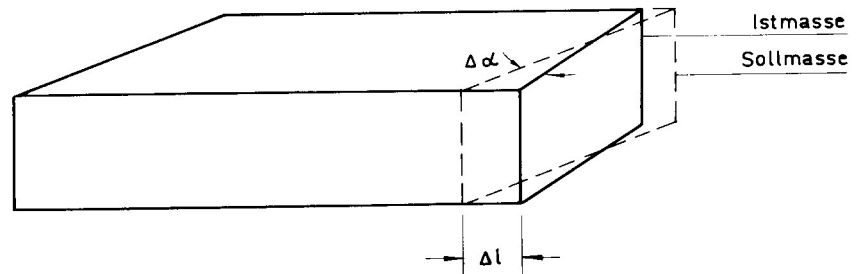
An einem Bauwerk kann zusätzlich folgende Abweichung entstehen (Figur 4):

- Abweichung von der Sollage. Dabei kann es sich sowohl um Verschiebungen wie um Verdrehungen handeln.

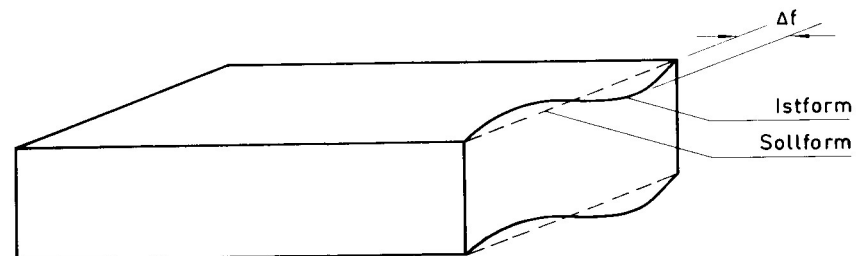
Figur 3 Grössen- und Formabweichungen



a) Sollgrösse und Sollform eines Körpers

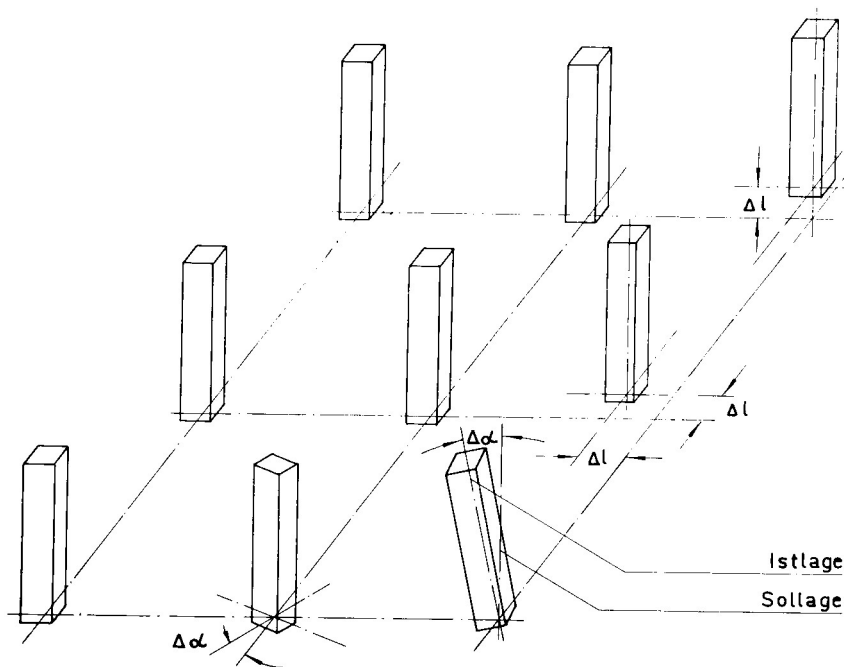


b) Grössenabweichungen der Längen Δl und der Winkel $\Delta \alpha$ von den Sollmassen



c) Formabweichungen einer Linie (z. B. einer Kante) Δf oder einer Oberfläche Δf von der Sollform

Figur 4 Lageabweichung



Lageabweichungen von Bauteilen und Bauwerken von der Sollage. Dabei kann es sich um Verschiebungen Δl , um Verdrehungen $\Delta \alpha$ oder um Neigungsabweichungen $\Delta \alpha$, sowohl des Bauteils als auch des Achssystems, handeln.

2 3 Messtechnisches Erfassen

Alle Abweichungen an Bauteilen und Bauwerken werden mit den im Bauwesen üblichen Messhilfsmitteln festgestellt. So gilt im allgemeinen für den Hochbau:

2 3 1 GRÖSSENABWEICHUNGEN VON KANTEN, DIAGONALEN UND WINKELN VON DEN SOLLMASSEN

Längen und Höhen werden in der Regel mit Doppelmeter, Messlatten, Stahlmessband bzw. Wasserwaage oder Nivellierinstrument gemessen. Winkelmessungen werden in der Regel auf Längenmessungen zurückgeführt, ebenfalls Abweichungen aus dem Lot und aus der Horizontale (Figur 5).

2 3 2 ABWEICHUNGEN EINER LINIE ODER EINER OBERFLÄCHE VON DER SOLLFORM

Auch diese Abweichungen werden auf Längenmessungen zurückgeführt, und zwar werden die Abstände gemessen, welche die Istlinie oder die Istfläche von einer bestimmten Basislinie oder Basisfläche aufweisen (Figur 7 a).

Solche Basislinien können durch gerade Latten oder Profilstähle, durch gespannte Messdrähte, Senkblei usw. gegeben sein. Als Basisfläche kann z. B. eine Ebene, gegeben durch drei Punkte der Istfläche (in der Regel drei Eckpunkte), angenommen werden und der Abstand eines beliebigen Punktes der Istfläche (in der Regel der vierte Eckpunkt) von dieser Basisfläche festgestellt werden (Figur 7 b).

In der Regel genügt es, die Abstandsmessungen von Basislinien oder Basisflächen auf wenige Punkte zu beschränken, die von Auge als Punkte mit grössten Abweichungen beurteilt werden.

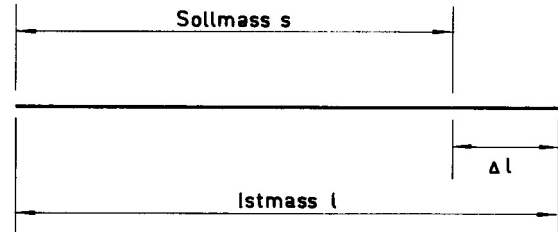
2 3 3 ABWEICHUNGEN DER LAGE

Abweichungen der Lage werden in bezug auf das übergeordnete Koordinatensystem oder relativ zu anderen Bauteilen festgestellt (z. B. Abweichung der Absteckungsachse eines Bauwerkes von den Vermessungspunkten, Abweichung eines Bauteiles bezüglich der Absteckungsachsen, aber auch bezüglich eines benachbarten Bauteiles).

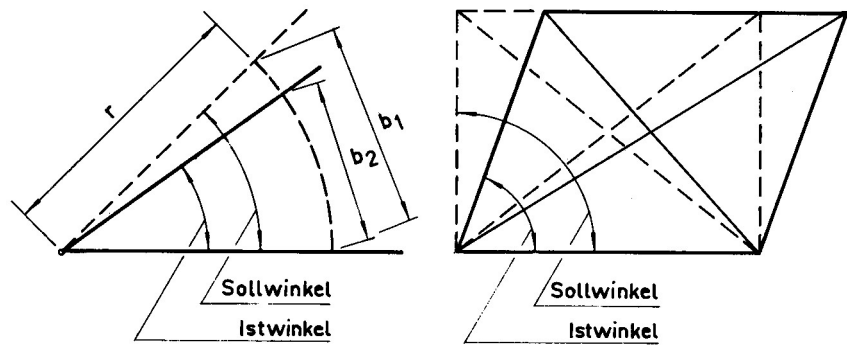
Für Genauigkeitsbetrachtungen an Bauteilen und den ihnen zugeordneten Einbauöffnungen genügt es manchmal nicht, nur die direkt messbaren Abweichungen von Kanten, Diagonalen und Winkeln von ihren Sollmassen festzustellen, denn es interessieren oft die Abweichungen, wie sie sich aus der Überlagerung von Abweichungen an Kanten und Winkeln ergeben (Figur 6).

Diese Abweichungen lassen sich bei ebenen Bauteilen als Abstände der Ecken der Istfigur von der Sollfigur rechnerisch aus den Massen der Kanten und Diagonalen ermitteln. Dabei kann oft davon ausgegangen werden, dass bei der Istfigur ein Eckpunkt und die Lage einer Kante der Solllage entsprechen. In der Regel ist es zulässig, Eckpunkt und Kante so zu wählen, dass sich die kleinsten Abweichungen ergeben. Bei Körpern können Seiten-, Boden- und Deckflächen einzeln betrachtet und in jeder Ebene entsprechende Abweichungen ermittelt werden.

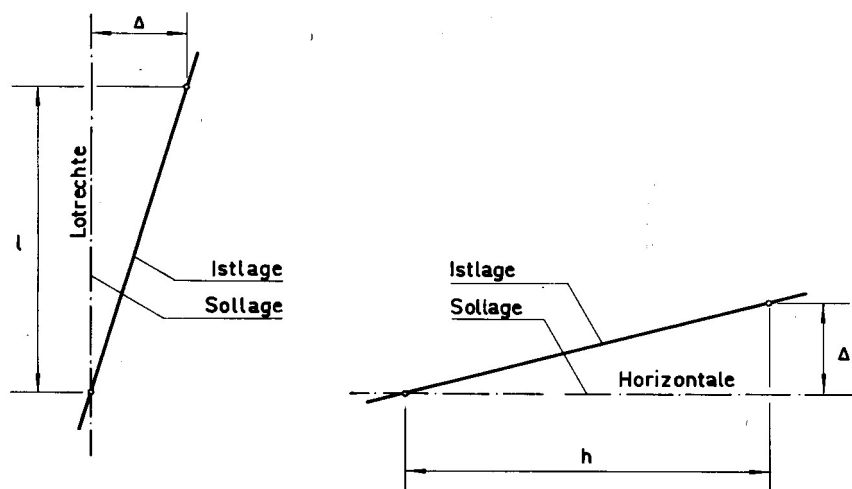
Figur 5 Messtechnisches Erfassen von Abweichungen



a) Abweichung Δl einer Kante vom Sollmass

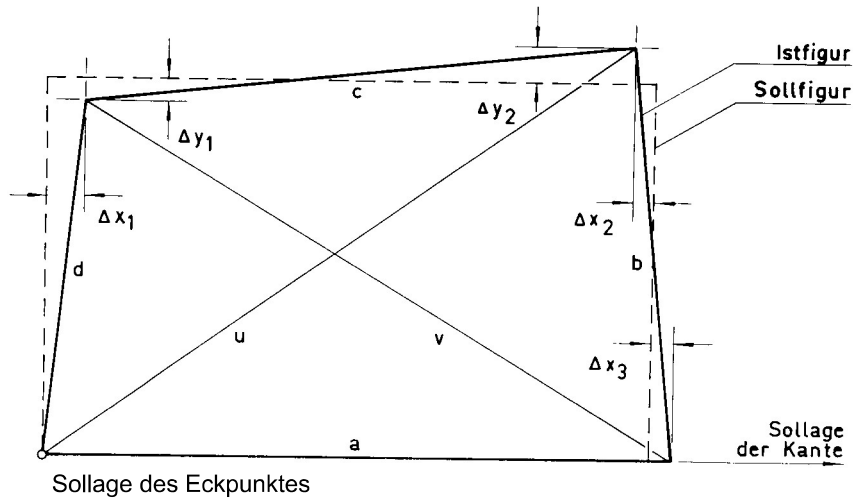


b) Abweichung $\Delta\alpha = (b_1 - b_2)/r$ eines Winkels vom Sollmass. Zur Kontrolle der Rechtwinkligkeit können die Diagonalen gemessen werden.



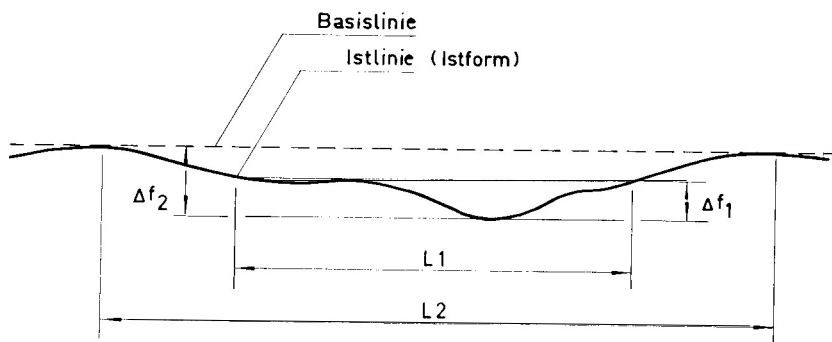
c) Abweichung vom Lot und von der Horizontalen, ausgedrückt durch Δ bei gegebenem l oder h

Figur 6 Einbau eines Bauteils in eine Bauöffnung

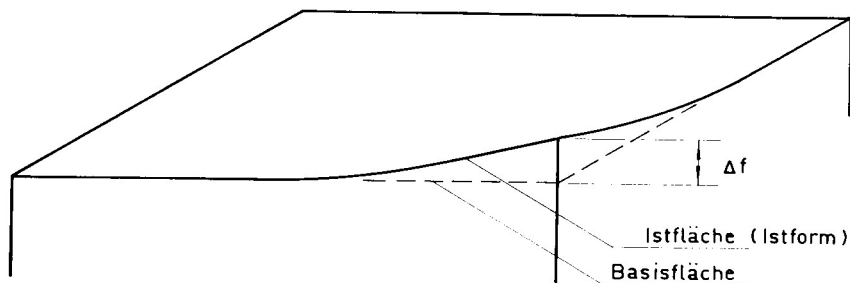


Oftmals interessieren beim Einbau eines Bauteils in eine Einbauöffnung die Abweichungen Δx und Δy , wie sie sich aus der Überlagerung von Abweichungen an Kanten und Winkeln ergeben. Diese Abweichungen lassen sich rechnerisch aus den Massen der Kanten und Diagonalen bestimmen. Die Figur ist sowohl auf die Bauöffnung als auch auf den einzubauenden Bauteil anwendbar.

Figur 7 Abweichung einer Linie oder Fläche von der Sollform



a) Es werden die Abstände Δf der Istlinie von einer Basislinie gemessen. Diese Abstände sind in Beziehung zu setzen mit der Länge der Basislinie.



b) Als Basisfläche kann z. B. eine Ebene, gegeben durch drei Punkte der Istfläche (in der Regel drei Eckpunkte) dienen.

3 Toleranzen

3 1 Festlegen von Toleranzen

3 1 1 Toleranzen sind so festzulegen, dass insbesondere sichergestellt ist, dass

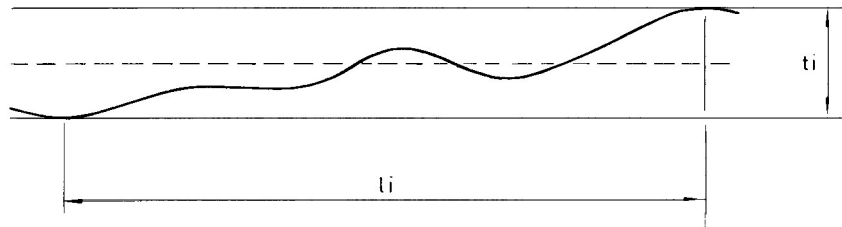
- die Bauteile und Bauwerke funktionsfähig sind,
- ihre Sicherheit unter den gegebenen Belastungen gewährleistet ist,
- der Zusammenbau und Einbau der verschiedensten Bauteile zum fertigen Bauwerk ohne Nacharbeit möglich ist,
- die im Projekt angestrebte Erscheinungsform erreicht wird.

Innerhalb dieser technischen Anforderungen bleibt für die Festlegung von Toleranzen in der Regel ein Spielraum, in dem die Toleranzwerte nach wirtschaftlichen Überlegungen zu bestimmen sind.

3 1 2 Alle Toleranzvorschriften müssen so aufgebaut werden, dass sie möglichst einfache Nachprüfungen mit den üblichen Messhilfsmitteln erlauben.

3 1 3 Oftmals ist es erforderlich, neben dem Toleranzbereich noch weitere Toleranzvorschriften festzulegen. So kann es zweckmässig sein, um beulenartige Ein- oder Ausbuchtungen, Absätze usw. zu vermeiden, die Abweichungen zusätzlich als Funktion der Messlänge zu begrenzen (Figur 8).

Figur 8 Begrenzung der Abweichungen als Funktion der Messlänge (t_i = Funktion von l_i)



3 2 Angabe von Toleranzen in Ausschreibungsunterlagen, in Verträgen und in Bauzeichnungen

In Ausschreibungsunterlagen, in Verträgen und in Bauzeichnungen müssen die Genauigkeitsanforderungen klar festgelegt werden.

3 2 1 NORMALER GENAUIGKEITSGRAD

Bei allen Massen wird ein normaler Genauigkeitsgrad vorausgesetzt, wie dieser in den einzelnen Fachnormen geregelt wird. Sind in den Fachnormen keine Toleranzwerte angegeben, so sind, falls erforderlich, in Ausschreibungsunterlagen, Verträgen und Bauzeichnungen die Toleranzen aufzuführen.

3 2 2 ERHÖHTER GENAUIGKEITSGRAD

Wird ein erhöhter Genauigkeitsgrad verlangt, so ist dieser in den Ausschreibungsunterlagen, Verträgen und Bauzeichnungen aufzuführen. Masse, bei denen eine erhöhte Genauigkeit einzuhalten ist, sind mit der einzuhaltenden Toleranz (d. h. den Grenzabweichungen) zu versehen und in den Zeichnungen mit einem Rahmen zu kennzeichnen.

Beispiel:

100	+1
	-3

4 Vereinbarungen über Kontrollen und Abnahme

4 1 Abnahme

Mit der Akzeptierung einer Fachnorm durch die Vertragspartner werden auch die darin enthaltenen Toleranzbestimmungen Teile des Vertrages, sowohl des Auftrages (zwischen Bauherr und Projektierendem) als auch des Werkvertrages (zwischen Bauherr und Unternehmer). Diese Toleranzen gelten, wenn nichts anderes vereinbart, als die Summe aller Toleranzen (d. h. Summe der Grössen-, Form- und Lageabweichungen, vgl. Ziffer 2). Anhand der in der Fachnorm festgesetzten Toleranzen kann festgestellt werden, ob beim ausgeführten Bauwerk oder Bauteil die Sorgfaltspflicht bezüglich Abmessungen und Form erfüllt worden ist oder nicht.

Liegen die Massabweichungen innerhalb der Toleranzen, so ist die Sorgfaltspflicht des Herstellers erfüllt, das Bauwerk oder der Bauteil muss vom Besteller abgenommen werden, sofern nicht andere Mängel bestehen.

Überschreiten die Massabweichungen die festgesetzten Toleranzen, so ist das Bauwerk oder der Bauteil bezüglich seiner Abmessungen oder Form mangelhaft. Die Abnahme des Werkes und die Haftung für Mängel erfolgen nach den Bestimmungen der Norm S.I.A. 118.

Vertragliche Änderungen der in der Fachnorm festgesetzten Toleranzwerte sind nach Überprüfung durch die Verantwortlichen im Einzelfall möglich. Erfordern sie bei der Herstellung des Bauwerkes oder Bauteils einen Mehraufwand, so sind die gewünschten Änderungen in den Ausschreibungsunterlagen bekanntzugeben. In jedem Falle sind sie später im Vertrag und in den Bauzeichnungen festzuhalten und speziell zu kennzeichnen (vgl. Ziffer 3 2 2).

4 2 Kontrollen

Der Hersteller hat das Einhalten der Toleranzen laufend zu überwachen, um erforderliche Korrekturen rechtzeitig vornehmen zu können.

Beim Übergang zu einem Folgeunternehmer hat dieser alle erforderlichen Kontrollmessungen vorzunehmen, welche für die Genauigkeit seiner Arbeit erforderlich sind. Beanstandet der Folgeunternehmer keine überschrittenen Toleranzen, so akzeptiert er die vorhandene Genauigkeit und wird für das Einhalten der Toleranzen bei seiner Arbeit allein verantwortlich.

Beanstandet der Folgeunternehmer überschrittene Toleranzen, so hat die Bauleitung Kontrollmessungen durchzuführen. Die Bauleitung hat aber auch dann während des Baues und bei der Bauabnahme Kontrollmessungen vorzunehmen, wenn der Verdacht auf überschrittene Toleranzen besteht. Insbesondere sind solche Kontrollmessungen dann erforderlich, wenn die Funktionsfähigkeit, die Sicherheit und die angestrebte Erscheinungsform nicht gewährleistet erscheinen.

Die Kontrollmessungen der Bauleitung entheben den Unternehmer nicht seiner Verantwortung, mit seiner Arbeit die vorgeschriebenen Toleranzen einzuhalten.

Über die Wahl des Messverfahrens und der Messinstrumente haben sich der Prüfer und der Verursacher der Abweichungen zu einigen. Falls Messverfahren und Messinstrumente in der entsprechenden Fachnorm spezifiziert sind, sollen diese, in allen übrigen Fällen übliche Verfahren und Instrumente angewendet werden.

Übersteigt der Aufwand für Kontrollmessungen den üblichen, in den einzelnen Fachnormen festgelegten Rahmen, so geht er zu Lasten des Verursachers der Abweichungen, falls diese Abweichungen die Toleranzen überschreiten. Sind die Toleranzen jedoch nicht überschritten, so trägt der Veranlasser der Kontrollmessungen deren Kosten.

4 3 Toleranz und Messgenauigkeit

Bei der Festlegung einer Toleranz ist zu beachten, dass in der Toleranz die Ungenauigkeit der Kontrollmessung enthalten ist.

Dies setzt voraus, dass die Messungenauigkeit einen bestimmten Teil der Toleranz nicht überschreitet. In der Regel ist anzustreben, dass die Messungenauigkeit kleiner als 20% der Toleranz des untersuchten Masses sein soll.

4 4 Toleranz und Umwelts- und Belastungsbedingungen

Toleranzwerte können in den Fachnormen unter der Voraussetzung bestimmter Umwelts- und Belastungsbedingungen festgelegt werden. Wenn beim Kontrollieren der Abweichungen andere Umwelts- und Belastungsbedingungen herrschen, ist der Unterschied dieser Bedingungen rechnerisch zu berücksichtigen.

Mitglieder der Kommission S.I.A. 414 «Masstoleranzen im Bauwesen: Begriffe, Grundsätze und Anwendungsregeln»

Präsident: E. Witta, Ing. S.I.A., Zürich

Mitglieder: H. P. Goeggel, Arch., Zürich
H. Joss, Arch. S.I.A., Zürich
H. Litz, Arch. S.I.A., Binz
W. Pfenninger, Ing. S.I.A., Zürich
E. Rütli, Arch. S.I.A., Zürich

Genehmigung und Inkrafttreten

Die vorliegende Norm S.I.A. 414 «Masstoleranzen im Bauwesen: Begriffe, Grundsätze und Anwendungsregeln» wurde von der Delegiertenversammlung des S.I.A. am 15. Juni 1979 in Sion genehmigt.

Sie tritt am 1. Januar 1980 in Kraft.

Der Präsident: A. Realini

Der Generalsekretär: Dr. U. Zürcher
