



Oberflächen von Bauteilen – Messungen Ebenheit, Winkeligkeit

Manuskript Juni 2014

1 Anforderungen

Die geschuldeten Oberflächenqualitäten ergeben sich – technisch betrachtet – zum einen durch die Definition der DIN 18202 und zum anderen durch die gewöhnlichen Ausführungsqualitäten der Oberfläche. In DIN 18202 werden Abmaße in der Ebenheit und Winkligkeit beschrieben. Für die Oberfläche beispielsweise von Fassaden gelten die beschriebenen Toleranzen der „flächenfertigen“ Oberfläche. Die Anforderungen sind in den unten stehenden Tabellen 1 und 2 zusammengestellt. Versätze in der Oberfläche sind in der DIN 18202 nicht geregelt.

- [1] DIN 18202, Ausgabe April 2013: Toleranzen im Hochbau, Bauwerke.
[2] Bludau, H., Ertl, R. und Weber, D.: Maßgerechtes Bauen – Toleranzen im Hochbau – Qualität in Planung und Ausführung, Streitfälle und ihr Ursache. 4. Auflage, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln, 1998.

Tab. 1: Ebenheitstoleranzen nach DIN 18202, Tabelle 3

Messpunkteabstände [m] •	0,1	1	4	10	15
Zulässiges Stichmaß [mm] für nichtflächenfertige Wandoberflächen:	5	10	15	25	30
Zulässiges Stichmaß [mm] für flächenfertige Wandoberflächen:	3	5	10	20	25

- Zwischenwerte sind zu interpolieren und auf ganze mm zu runden.

Tab. 2: Winkeltoleranzen nach DIN 18202, Tabelle 2

Messpunkteabstände [m]	bis 0,5 •	über 0,5 bis 1 •	über 1 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 15	über 15 bis 30	über 30
Zulässiges Stichmaß [mm] für vertikale, horizontale und geneigte Flächen:	3	6	8	12	16	20	30

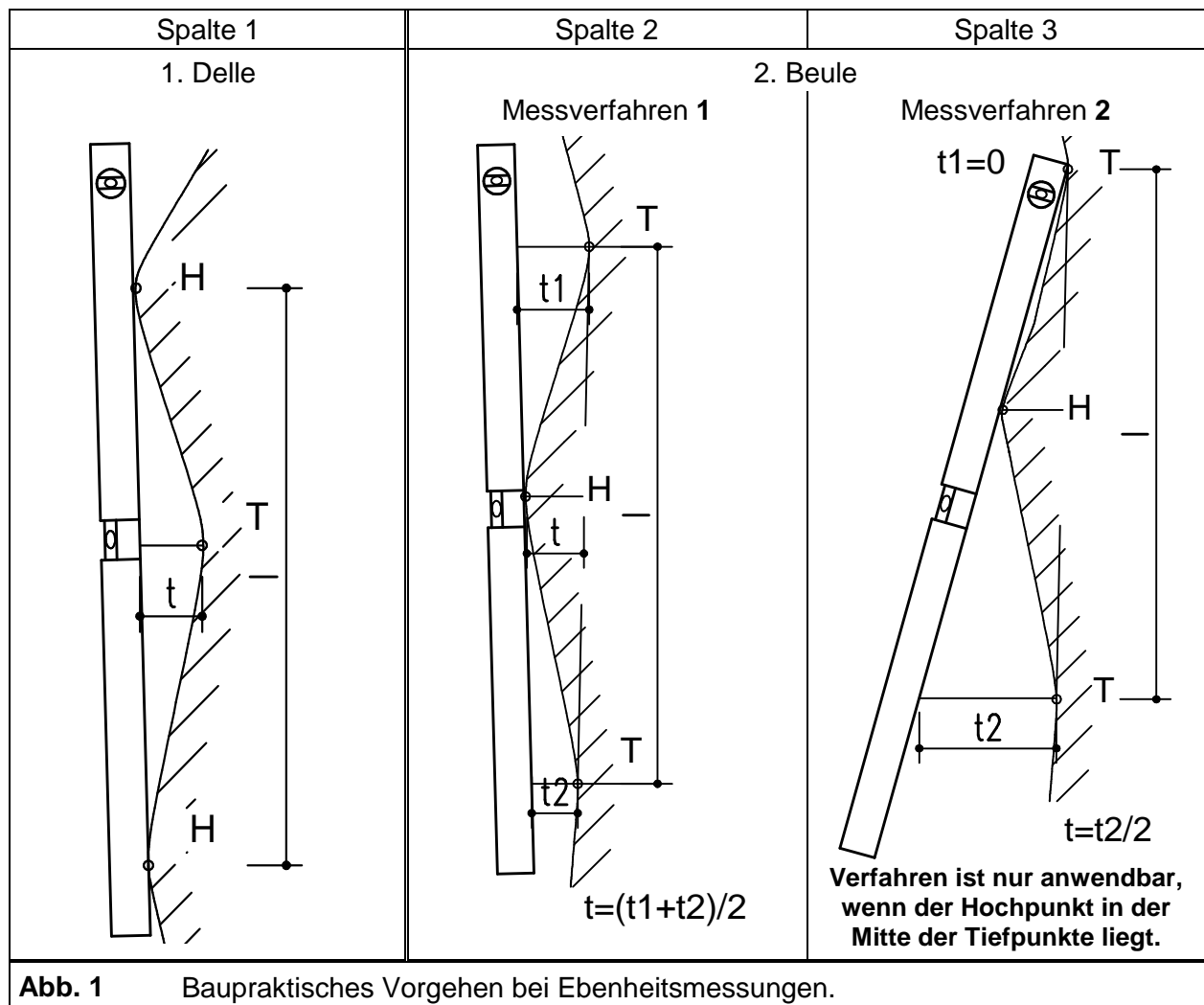
- Grenzwerte für Messpunkteabstände unter 1 m waren in der DIN 18202:1997 nicht geregelt. Bludau, Ertl u. Weber [2] schlugen für Abstände bis 0,5 m ein Stichmaß von 3 mm vor. Dies ist dann in die Fassung 2005 übernommen worden und in der Fassung 2013 auch enthalten.

Dieses Manuskript umfasst 5 Seiten Text.

Nach üblicher Auffassung in Fachkreisen ist ein Mangel gegeben, wenn die in DIN 18202 beschriebenen Toleranzen der „flächenfertigen“ Oberfläche überschritten werden. Es ist im Einzelfall festzulegen, ob ein Minderwert angemessen ist oder eine Nachbesserung erfolgen muss.

2 Praktische Durchführung einfacher Messverfahren zur Ebenheit und Winkeligkeit von Oberflächen

Vorgehensweisen bei Ebenheitsmessungen: Abweichungen von der Ebenheit können „Dellen“ oder „Beulen“ sein, vgl. Abb. 1. Eine Delle wird vermessen, indem ein Richtscheit (oder eine Wasserwaage) auf die Hochpunkte („H“) aufgelegt wird und der Messpunkteabstand (l = Abstand der Auflagerpunkte) und der Stich (t) vermessen werden. Der Stich wird mit dem zulässigen Stichmaß (in Abhängigkeit vom Messpunkteabstand) verglichen. Dies entspricht exakt der Beschreibung der Messung nach DIN 18202.

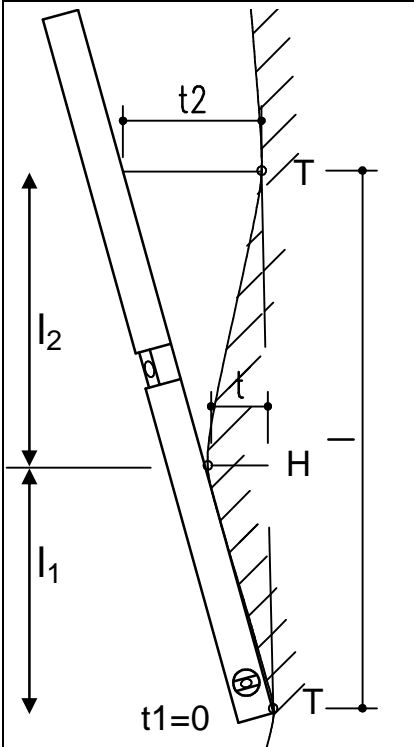


Will man eine (nach außen herausstehende) Beule vermessen, könnte man genauso vorgehen, wenn man die Wasserwaage (Richtscheit) auf in der Höhe genau bekannte Füße stellen würde, wobei die Füße in den Tiefpunkten („T“) stehen müssen. Das Stichmaß (t) ergibt sich dann als Differenz zwischen dem Abstand der Wasserwaage vom Hochpunkt und den Fußhöhen. Man braucht diese Aufständigung der Wasserwaage nicht, wenn man gemäß Abb. 1, Spalte 2 vorgeht: Man legt die Wasserwaage (Richtscheit) auf dem Hochpunkt an (Wasserwaage oder

Richtscheit darf nicht „kipeln“) und misst die Stichmaße zu den Tiefpunkten (t_1) und (t_2). Dies ist in Abb. 1, Spalte 2 als „Messverfahren 1“ für die Beule skizziert. Zu messen ist auch der Messpunkteabstand (l) der Tiefpunkte. In aller Regel weichen die Stichmaße (t_1) und (t_2) voneinander ab, weil die Beule nicht völlig gleichförmig geformt ist. Das Stichmaß (t) der Unebenheit errechnet sich dann als Mittelwert aus den Stichmaßen (t_1) und (t_2), somit $t = (t_1 + t_2)/2$.

Das „Messverfahren 2“ für die Beule gemäß Abb. 1 (Spalte 3) ist lediglich ein Sonderfall des Messverfahrens 1, denn hierbei wird die Wasserwaage (Richtscheit) auf den Hochpunkt und einen der beiden Tiefpunkte aufgelegt, das Stichmaß (t_1) ist gleich 0. Gemäß der Rechenformel $t = (t_1 + t_2)/2$ ist dann vereinfacht $t = t_2/2$. Dieses Verfahren ist nur anwendbar, wenn der Hochpunkt in der Mitte der Tiefpunkte bzw. nur geringfügig außerhalb der Mitte liegt. Im Grundsatz sind sonst Messungen zur Ebenheit, wo der Stich außerhalb der aufliegenden Punkte liegt, zu vermeiden.

In Abb. 2 wird gezeigt, wie sich bei der Messung nach dem „Messverfahren 2“ ein Fehler ergibt, wenn der Hochpunkt nicht in der Mitte zwischen den Tiefpunkten liegt. Wenn der Hochpunkt außerhalb der Mitte liegt, sind l_1 und l_2 verschieden groß. Wenn man dann die Messung auswertet wie in Spalte 3 der Abb. 1 skizziert, ergibt sich ein Fehler, der umso größer wird, je weiter l_1 und l_2 sich unterscheiden. Mathematisch könnte man den Fehler kompensieren, wenn der Strahlensatz gemäß Abb. 2 angewandt wird. Eine derartige Messung sieht die DIN 18202 nicht vor und sollte die Ausnahme sein. Falsch ist, die Messung so durchzuführen, wenn l_1 und l_2 sich unterscheiden und auf die rechnerische Berichtigung zu verzichten.

	<p>Abb. 2: Baupraktisches Vorgehen bei Ebenheitsmessungen – Erläuterung zum Messverfahren 2 der Beule nach Abb. 1.</p> <p>Zum Messverfahren 2 bei der Beule wurde vorstehend ausgeführt, dass dieses Verfahren nur anwendbar ist, wenn der Hochpunkt in der Mitte der Tiefpunkte oder nur geringfügig davon abweichend liegt. Das soll hier noch weitergehend und anhand der nebenstehenden Skizze erläutert werden:</p> <p>In der nebenstehenden Skizze ist der Abstand l_2 zwischen Hochpunkt und oberem Tiefpunkt größer als der Abstand l_1 zwischen Hochpunkt und unterem Tiefpunkt. Damit ist das relevante Stichmaß am Hochpunkt nicht mehr $t = t_2/2$. Je kleiner nun der Abstand l_1 wird, umso größer wird t_2.</p> <p>Rechnerisch müsste t aus t_2 nach dem Strahlensatz ermittelt werden, nämlich: $(t_2 / l) = (t / l_1)$. Damit ließe sich t wie folgt ermitteln:</p> $t = t_2 * l_1 / l$ <p>Solche Messungen sollte man vermeiden, weil die Messungsgenauigkeit steigt, je weiter l_1 und l_2 voneinander abweichen.</p>
--	--

Vorgehensweisen bei Messungen der Winkelabweichungen: Winkelabweichungen liegen zum einen vor, wenn eine Wand nicht lotrecht gebaut ist oder wenn vorgesehene rechte Winkel spitzwinklig oder als stumpfer Winkel gebaut wurden (z. B. Leibungsfläche eines Fensters nicht rechtwinklig zur Fassade ausgerichtet). Zum anderen können Dellen, Beulen oder Welligkeiten in der Oberfläche vorliegen, welche so ausgeprägt sind, dass Teilbereiche der Oberfläche zu sehr von der Lotrechten abweichen.

Nach DIN 18202 werden Winkeltoleranzen nicht als zulässige Winkel sondern in Form zulässiger Stichmaße [mm] für vertikale, horizontale und geneigte Flächen in Abhängigkeit von den Messpunkteabständen definiert, vgl. Abb. 3. Betrachtet man die Winkelabweichung einer

geschoss hohen Wand in Bezug auf die Frage, ob diese im Lot steht, so misst man den Stich = Abweichung vom Lot oben oder unten und bewertet dieses Stichmaß für den Messpunkteabstand = Geschosshöhe. Die Bewertung von Dellen, Beulen oder Welligkeiten in der Oberfläche wird in der Abb. 3 verdeutlicht:

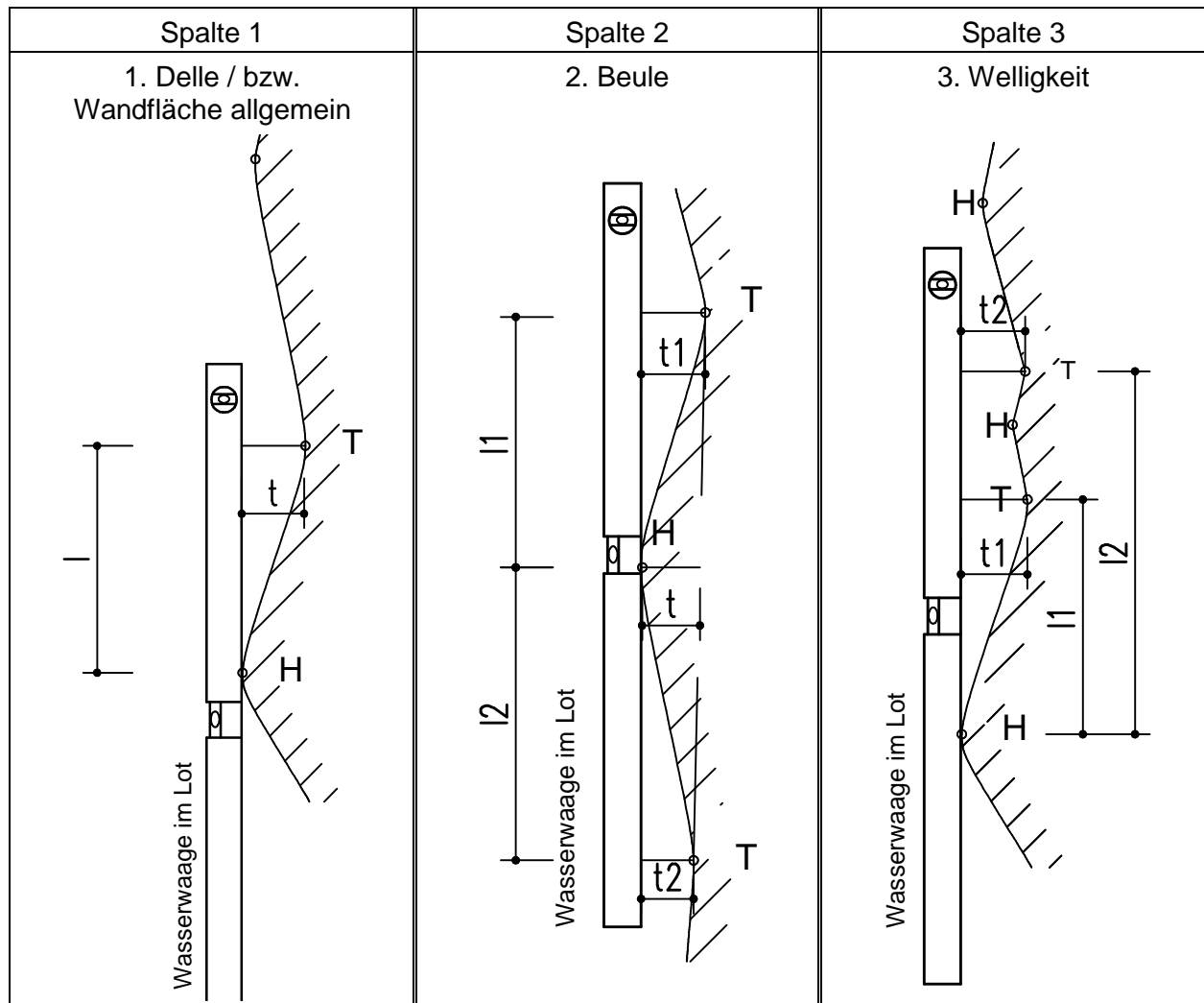


Abb. 3 Baupraktisches Vorgehen bei Messungen von Winkelabweichungen. Die Wasserwaage hat bei der Messung immer im Lot zu stehen.

Die Winkelabweichung der Wand im Bereich der Delle von Hochpunkt (H) zu Tiefpunkt (T) misst man, indem man den Abstand (l) von Hochpunkt (H) zu Tiefpunkt (T) und das Stichmaß (t) am Tiefpunkt (T) gegenüber der Lotrechten über dem Hochpunkt (H) misst. Insofern unterscheidet sich die Messung nicht von der Messung einer Winkelabweichung einer geschosshohen Wand gegenüber der Lotrechten.

Die diesbezügliche Vermessung einer Beule erfolgt exakt wie in der Messung der Ebenheit beschrieben: Lediglich die Messung der Messpunkteabstände weicht ab: Messpunkteabstand ist immer von Hochpunkt zu Tiefpunkt und nicht der Abstand der Tiefpunkte voneinander. Die Bewertung der Winkelabweichung bei der Beule erfolgt also für Stichmaß (t_1) in Bezug zum Messpunkteabstand (l_1) und für Stichmaß (t_2) in Bezug zum Messpunkteabstand (l_2).

Die diesbezügliche Vermessung einer Welligkeit erfolgt sinngemäß genauso, vgl. Abb. 3. Die Wasserwaage wird im Lot auf dem Hochpunkt angelegt. Die Bewertung der Winkelabweichung erfolgt wieder für Stichmaß (t_1) in Bezug zum Messpunkteabstand (l_1) und für Stichmaß (t_2) in Bezug zum Messpunkteabstand (l_2).

Systematik bei Messungen der Winkel- und Ebenheitsabweichungen an Fenstern (Abb. 4): An Fensteranlagen entstehen „windschiefe“ Leibungsflächen, wenn teilweise vom rechten Winkel zwischen Fensterebene und Leibung abgewichen wird. In der Leibung selbst können natürlich auch Abweichungen von der Ebenheit ausgeführt werden. Windschiefe Leibungen entstehen beispielsweise in Verbindung mit Schiefwinkeligkeit der Öffnungskante. In den Detailschnitten A-A, B-B und C-C der Abb. 4 sind die möglichen Abweichungen von der Solllage (= z. B. rechter Winkel zwischen Leibung und Fassadenfläche bzw. Fenster) skizziert. Der Messpunkteabstand ist die Leibungs- bzw. Fensterbanktiefe, das Stichmaß t wurde mit „ ts “ für **Sturz**, „ tf “ für **Fensterbank** und „ tl “ für **Leibung** bezeichnet.

Wenn eine Seite des Sturzes entsprechend schief ausgebildet ist, entsteht eine Schiefwinkeligkeit der Sturzkante, wie in der Ansichtsskizze der Abb. 4 als nach rechts um das Maß „ ts “ ansteigende Sturzkante skizziert ist. Die Öffnungskanten können eine Abweichung vom Lot in der Ebene der Fassadefläche aufweisen, wie in Abb. 4 gezeigt ist. Diese wird nachstehend als zur Fassadefläche parallele („ pl “) Abweichung der Winkeligkeit bezeichnet. Diese Abweichung kann auch aus der Fassadenebene heraus (Abweichung senkrecht („ st “) zur Fassadenebene) auftreten.

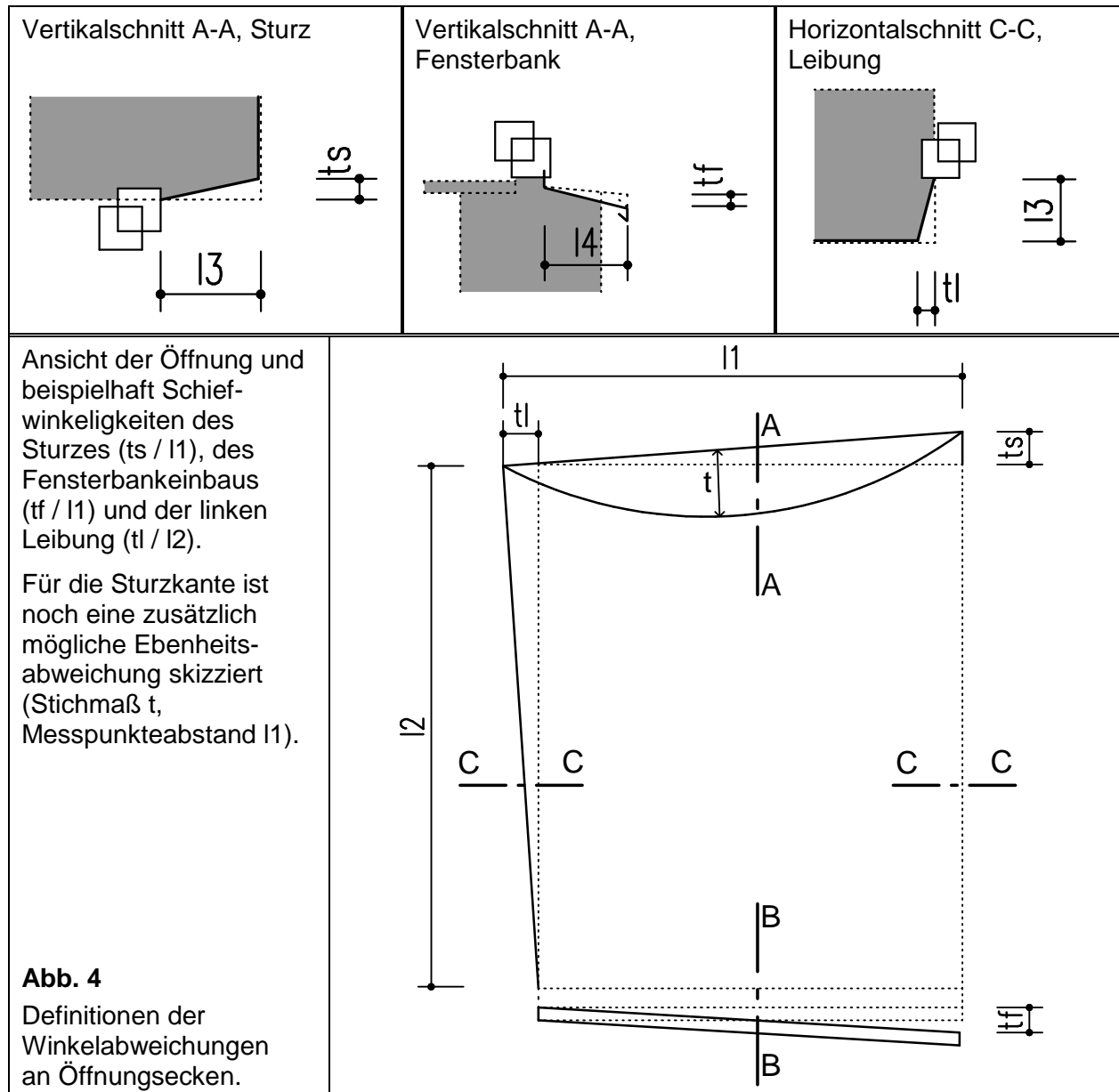


Abb. 4

Definitionen der Winkelabweichungen an Öffnungsecken.