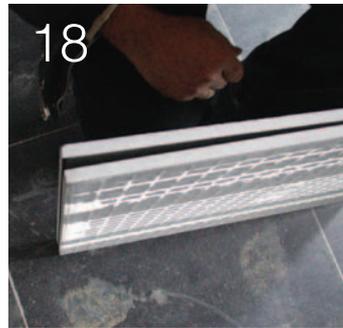
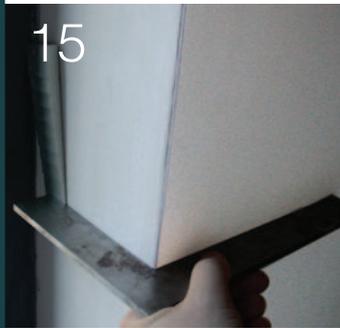
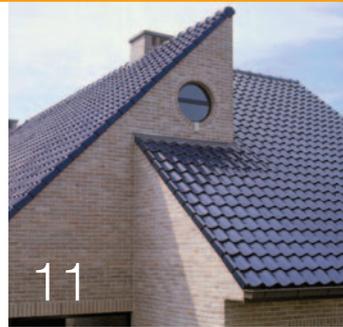


## Sonderausgabe: **Toleranzen** im Bauwesen

Verteilungsjährliche Veröffentlichung – Nr. 25 – 7. Jahrgang – 1. Trimester 2010

Dieses Dokument ist verfallen und wurde ersetzt durch  
Les Dossiers du CSTC 2015/02.21 bis 2015/02.33

- Kontrollinstrumente** und -verfahren (S. 3)
- Kombination** der verschiedenen Toleranzen (S. 5)
- Abdichtungen:** Pfützen vermeiden (S. 10)
- Verglasungen:** Erhellendes zur Glasabnahme (S. 14)
- Anstriche, weiche Wand- und Bodenbeläge:** der Untergrund ist entscheidend (S. 22)



## INHALTSÜBERSICHT MÄRZ 2010

### Sonderausgabe: Toleranzen im Bauwesen

- 1 Toleranzen unter die Lupe genommen
- 2 Terminologie
- 3 Kontrollinstrumente und -verfahren
- 5 Kombination der verschiedenen Toleranzen

### Toleranzen pro Fachgebiet

- 6 ROHBAU  
Der funktionelle Aspekt hat Priorität
- 10 ABDICHTUNGEN  
Pfützen vermeiden
- 11 DACHDECKUNGEN  
Elegant, aber vor allem dicht
- 12 SCHREINERARBEITEN  
Funktionalität und Optik, zwei wichtige Elemente
- 14 VERGLASUNGEN  
Erhellendes zur Glasabnahme
- 15 PUTZ- UND VERFUGARBEITEN  
Balance zwischen Untergrund und Fertigstellung
- 18 HARTE WAND- UND BODENBELÄGE  
Kombinierte Toleranzen
- 22 ANSTRICHE, WEICHE WAND- UND BODENBELÄGE  
Der Untergrund ist entscheidend
- 24 SANITÄR- UND INDUSTRIEINSTALLATIONEN  
Von seltenen Toleranzen

Der vorliegende WTB-Kontakt entstand unter Mitwirkung von Ingenieuren und Mitarbeitern der Abteilung 'Technische Gutachten und Beratung':

A. Acke, F. Caluwaerts, P. Demesmaecker, I. De Pot, S. Eeckhout, L. Firket, V. Jadinon, L. Lassoie, E. Mahieu, P. Montariol, J. Van den Bossche, W. Van de Sande, S. Vercauteren, S. Watthy und J. Wijnants.

Darüber hinaus trugen zum Entstehen dieser Publikation bei:

L. Carton, P. Coosemans, K. De Cuyper, S. Peeters, M. Verhoeven, O. Vandooren und M. Wagneur.

# Toleranzen unter die Lupe genommen

Die Bearbeitungsstatistiken der Ingenieure der Abteilung ‚Technische Gutachten und Beratung‘ des WTB zeigen, dass Fragen bezüglich Optik und Maßtoleranzen am Bau 1/6 der Gesamtzahl der geleisteten Beratungen ausmachen (siehe Schema). Aufgrund dieser Tatsache und damit die in diesem Bereich fehlende Klarheit aufgreifend, haben wir uns entschlossen, die erste Ausgabe des Jahres dem Thema Maßtoleranzen und den optischen Kriterien von Bauwerken zu widmen.

## WOZU DIENEN TOLERANZEN?

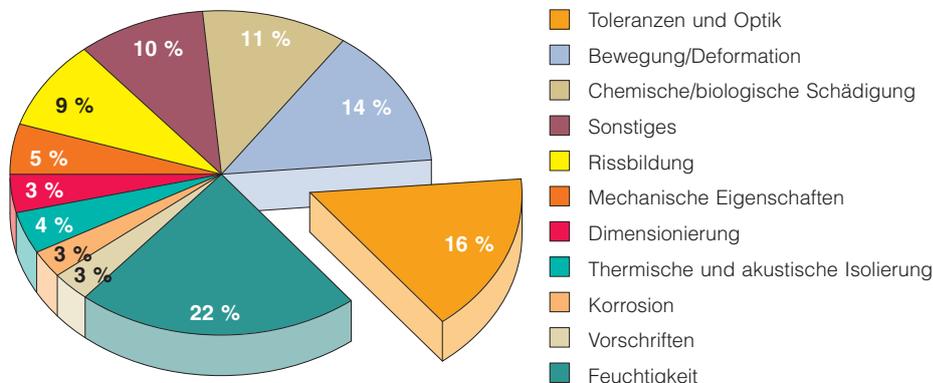
Toleranzen machen es möglich, sich objektiv über die Konformität eines Produkts oder Bauwerks zu äußern. Die Notwendigkeit, Toleranzen zu definieren, geht darauf zurück, dass die absolute Perfektion materialmäßig unmöglich ist. Tatsächlich kann es in jedem Baustadium (z.B. bei der Herstellung, beim Bau, bei der Ausführung und der Verlegung) oder beim Aufmaß zu Ungenauigkeiten und damit zu Abweichungen bei den gewünschten Maßen kommen.

Um ein Produkt oder Bauwerk mit dem gewünschten Ergebnis ausführen zu können, müssen diese Maßabweichungen schon bei der Planung des Gebäudes mit berücksichtigt werden. Die gewünschte Präzision sowie die Messmethoden müssen zu den Baumethoden, den funktionalen und ästhetischen Anforderungen, den Baukosten, der vorgesehenen Nutzung sowie zu den Möglichkeiten der Neuausrichtung von einigen dieser Komponenten im Laufe ihrer Lebensdauer in Bezug gesetzt werden.

## WIE WERDEN TOLERANZEN DEFINIERT?

Für bestimmte Produkte und Bauwerke variieren die in den herangezogenen Dokumenten verfügbaren Informationen (\*). Für andere bestehen keine oder nur wenige Kriterien; in diesen Fällen hat die Bewertung nach Abschluss der Arbeiten einen eher subjektiven Charakter.

Um häufig unproduktive Diskussionen nach Fertigstellung der Arbeiten zu vermeiden, ist es sehr empfehlenswert, im Vorfeld die diesbezüglich vom Bauherrn gewünschten Leistungen zu definieren. Im Sonderlastenheft sollten daher ausdrücklich und in eindeutiger Weise die Dokumente genannt werden, auf die Bezug genommen werden muss, um ein Produkt oder eine abgeschlossene Arbeit objektiv bewerten zu können. Dabei reicht die einfache Nennung der Referenzdokumente nicht immer aus, da sie möglicherweise bestimmte Widersprüche enthalten können. Zudem kön-



Prozentsatz der Beratungen, die durch die Abteilung ‚Technische Gutachten und Beratung‘ erfolgte (im Zeitraum 2000-2009).

nen in einem Dokument manchmal mehrere Toleranzklassen dargestellt werden; in solchen Fällen empfiehlt es sich, die gewünschte Toleranzklasse explizit zu spezifizieren. In diesem Zusammenhang sollten Sätze vom Typ ‚die Arbeiten entsprechen den fachspezifischen Regeln‘ oder ‚die Arbeiten werden gemäß den geltenden Normen durchgeführt‘ natürlich vermieden werden, da sie keinerlei präzise Information über die Anforderungen (zulässige Abweichungen) liefern.

Die Prüfung der Maßabweichungen muss in jedem Baustadium erfolgen und nicht nur nach Beendigung der Arbeiten. Es könnte sich als nützlich erweisen, dass festgelegt wird, unter welchen Bedingungen und zu welchem Zeitpunkt diese Kontrollen erfolgen müssen. Die Maße der Bauwerke und ihrer Komponenten sowie deren Optik (wie z.B. der Farbton) können allerdings entsprechend der Umgebungsbedingungen (Temperatur, relative Feuchtigkeit) und dem Alter der Arbeiten zum Zeitpunkt der Kontrolle abweichen.

## AUFBAU DIESER AUSGABE VON WTB-KONTAKT

Mit dieser Ausgabe von WTB-Kontakt verfolgen wir das Ziel, einen Überblick über die Maßtoleranzen sowie die optischen Kriterien zu vermitteln, die allgemein für Bauarbeiten zulässig sind. Außerdem möchten wir auf bestimmte Punkte aufmerksam machen, um so dabei helfen zu können, mögliche Interpretationsunterschiede (und lange Diskussionen) nach Abschluss der Arbeiten zu vermeiden.

Die vorliegenden Artikel widmen sich je einem Baufachgebiet und beinhalten Informationen über die Toleranzen für jeden speziellen Be-

reich. Jeder Artikel ist Gegenstand eines Informationsblatts (meist detaillierter) mit dem gleichen Titel, das auf unserer Webseite erhältlich ist.

Vorab möchten wir aber bestimmte Aspekte erläutern, die eher allgemeiner Natur, aber deswegen aber nicht weniger wichtig sind:

- Um das Verständnis der verschiedenen Artikel zu erleichtern und um Missverständnisse bezüglich der verwendeten Begriffe zu vermeiden, greift der erste Artikel eine Liste der häufig verwendeten Begriffe auf (S. 2)
- Ein zweiter Artikel beschreibt die verschiedenen Instrumente und Messverfahren, die bei der Kontrolle zur Einhaltung der Kriterien für Optik und Maßtoleranzen des Bauwerks erforderlich sind (S. 3)
- Ein dritter Artikel beschäftigt sich mit den verschiedenen Komponenten einer Toleranz und präzisiert die Art und Weise, wie diese sich anhäufen können (S. 5).

Bitte beachten Sie, dass diese Ausgabe nicht alle Toleranzen und optischen Kriterien behandelt, die mit den nachfolgend beschriebenen Baufachgebieten einhergehen. Die erwähnten Fachbereiche und Kriterien wurden von den Ingenieuren der Abteilung ‚Technische Gutachten und Beratung‘ danach ausgewählt, wie oft sie bei ihren Baustellenbesuchen darauf angesprochen und um Hilfe gebeten wurden. Wir möchten außerdem darauf hinweisen, dass die hier genannten Toleranzen sich am ehesten für die Bewertung fertiggestellter Bauwerke (z.B. Toleranzen für das Setzen und Ausführen einer Betonplatte) als für die Bewertung eines fertigen Produkts eignen (z.B. Toleranz für die Herstellung von Wandfliesen). ■

(\* ) Unternehmen des Bauwesens können sich auf [www.wtb.be](http://www.wtb.be) kostenlos über eine große Zahl von Normen des NBN informieren.

# Terminologie

Dieser Artikel definiert eine Auswahl von Begriffen, die im Zusammenhang mit Toleranzen häufig verwendet werden. Die Definitionen wurden der Referenznorm ISO 1803 entnommen.

## BASISTERMINOLOGIE

**Maß:** In einer vorgegebenen Einheit angegebene Höhenzahl.

**Nennmaß:** Bei der Planung und in der Praxis verwendetes Maß, im Vergleich zu dem die Abweichungen spezifiziert werden, die idealerweise Null entsprechen.

**Istmaß:** Durch Messung erlangtes Maß (eventuell nach Korrektur von Deformationen, die mit der thermischen Ausdehnung der Materialien verbunden sein können).

**Maximal und minimal zulässiges Grenzmaß:** Maximal und minimal zulässiges Istmaß.

**Zulässige untere (obere) Abweichung:** Differenz zwischen dem zulässigen unteren (oberen) Grenzmaß und dem entsprechenden Nennmaß.

**Toleranz:** Differenz zwischen dem zulässigen oberen Grenzmaß und dem zulässigen unteren Grenzmaß. Die Toleranz ist also eine absolute Zahl (ohne Vorzeichen). Bitte bedenken Sie, dass im Bauwesen die Toleranz häufig durch die zulässige Abweichung (in  $\pm$ ) ausgedrückt wird, was den Wert der Toleranz mit einschließt.

Die Abbildung 1 erläutert den Bezug zwischen den vorgenannten Grundbegriffen.

## TOLERANZART

**Bautoleranz:** Zulässige Abweichung auf den Bauwert der Punkte und Linien oder auf den Abstand dieser Punkte und Linien bis zum Primär- oder Sekundärsystem (diese Abweichungen hängen vom Einsatz von Geräten wie zum Beispiel Lot oder Winkelmesser ab).

**Verlegungstoleranz:** Zulässige Distanzabweichung einer Komponente in Bezug auf die Umsetzung der Punkte und Linien.

**Herstellungstoleranz:** Zulässige Abweichung auf die Abmessung einer Komponente infolge ihrer Herstellung.

**Ausführungstoleranz:** Zulässige Abweichung auf die Distanz zwischen einem Punkt, einer Linie oder einer Oberfläche einer ausgeführten Komponente und den dazugehörigen Referenzpunkten, -linien oder -plänen.

## NIVEAU UND EBENHEIT

Niveau und Ebenheit sollten nicht verwechselt werden. Die nachfolgenden Definitionen und Abbildung 2 helfen bei der Unterscheidung.

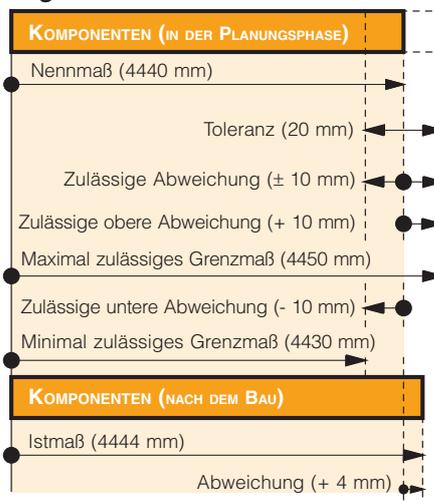
**Niveau:** Niveaudifferenzen werden gekennzeichnet durch positive oder negative Abweichungen hinsichtlich der Niveaus, die in den Ausschreibungsunterlagen spezifiziert und im Plan definiert sind. Die waagerechte Lage oder die Neigung eines Plans werden entsprechend der Höhenzahl des Niveaus definiert.

**Ebenheit:** Mängel bei der Ebenheit eines Belags werden durch konvexe oder konkave Unregelmäßigkeiten gekennzeichnet und sind daher unabhängig vom Niveau und von der Neigung.

**Ausgangsniveau oder Richtniveau:** Der Bauherr oder Generalunternehmer benennt und markiert das Ausgangsniveau (Richtniveau). Dieses befindet sich an einer Stelle, die keinen Veränderungen unterliegt, und die zu jeder Zeit zugänglich ist.

**Markierte Referenzniveaus:** Der Bauherr oder Generalunternehmer schreibt, ausgehend vom Richtniveau, die markierten Referenzniveaus fest, die generell 1 m über den Fertigfußboden gezogen werden. Die mit der Übertragung des Richtniveaus verbundenen Toleranzen sind in nebenstehender Tabelle abgebildet.

Abb. 1 Bezug zwischen den Grundbegriffen.



Da die Niveautoleranz an einem gegebenen Punkt x sich je nach der Distanz erhöht, die dieser Punkt vom nächstgelegenen markierten Referenzniveau entfernt liegt, wird dringend empfohlen, diese Distanz dadurch zu begrenzen, dass ausreichend markierte Niveaus vorgesehen werden. Wenn bestimmte Niveaus sehr strikt eingehalten werden müssen (z.B. bei Übergängen zwischen Bodenbelag und Türschwellen), dann empfiehlt es sich, diese vor Beginn der Arbeiten deutlich zu spezifizieren. ■

### Übertragung des Richtniveaus.

Distanz A (in m) zwischen dem markierten Referenzniveau und dem Richtniveau (horizontal gemessen)	Zulässige Abweichungen (in mm) zwischen dem markierten Referenzniveau und dem Richtniveau
$A \leq 10$	$\pm 2$
$10 < A \leq 50$	$\pm 3$
$A > 50$	$\pm 5$

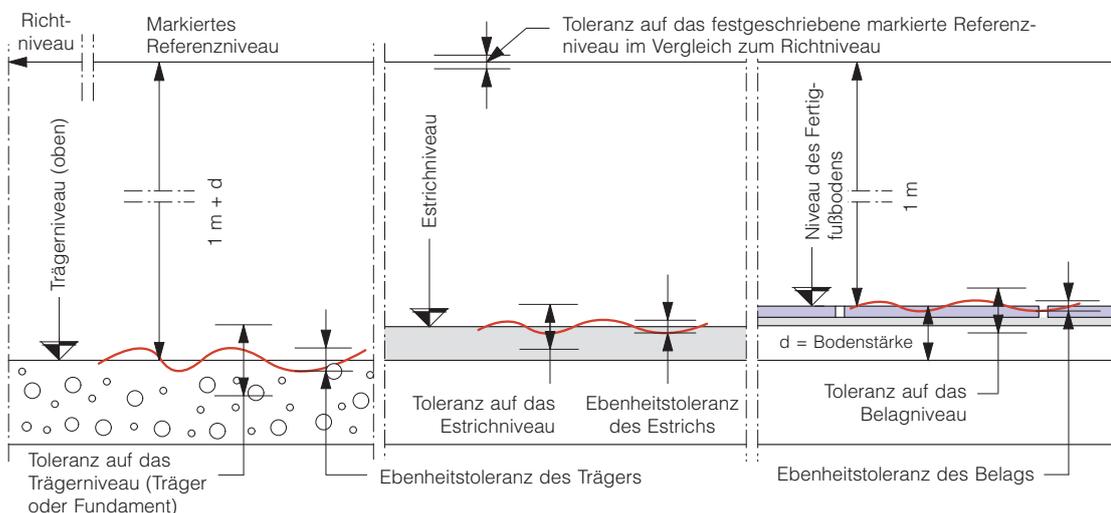


Abb. 2 Unterschied zwischen den Niveau- und Ebenheitstoleranzen.

# Kontrollinstrumente und -verfahren

Um jegliche Diskussion oder zweideutige Interpretation zu vermeiden, die aus der Kontrolle der Maßtoleranzen und der Optik von Bauwerken entstehen kann, ist es wichtig, die angewendeten Verfahren und Instrumente deutlich zu definieren. In diesem Zusammenhang kann auf die Norm NBN ISO 7976-1 sowie auf einige der elementaren Prinzipien der optischen Ausgestaltung zurückgegriffen werden. Aber leider werden diese häufig von den Fachleuten des Sektors ignoriert.

## DIE WICHTIGSTEN MESSINSTRUMENTE

Die Norm NBN ISO 7976-1 ist das Referenzdokument für die Auswahl der Messinstrumente, die bei der Kontrolle von Bauwerken und deren Ausführung verwendet werden. Diese Norm führt aber auch aus, dass andere Messinstrumente verwendet werden können, deren Präzision den Anforderungen des Verfahrens entspricht.

Die Auswahl des Messinstrumentes ist im Allgemeinen von der durchzuführenden Messung, der spezifizierten zulässigen Abweichung sowie den Bedingungen, unter denen die Kontrolle stattfindet (z.B. im Werk oder auf der Baustelle), abhängig. Der Ausführende muss mit dem Umgang dieser Instrumente vertraut sein und muss darauf achten, dass diese gut eingestellt und geeicht sind. Dies setzt voraus, dass die Instrumente regelmäßig überprüft und nach der Verwendung ordnungsgemäß gereinigt werden. In Tabelle 1 werden die wichtigsten Messinstrumente, die im Bauwesen eingesetzt werden, nach Anwendungsgebiet aufgeführt.

## DIE WICHTIGSTEN MESSMETHODEN FÜR MASSTOLERANZEN

Die Norm NBN ISO 7976-1 beschreibt die

**Tabelle 2 Übersicht der Messmethoden, die im Werk und/oder auf der Baustelle angewendet werden können.**

Messungen im Werk und auf der Baustelle	Messungen nur für die Baustelle
<ul style="list-style-type: none"> <li>Maß der Komponenten:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Länge und Breite</li> <li>Stärke oder Tiefe</li> </ul> </li> <li>Winkelhaltigkeit der Komponenten:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Winkelabweichung</li> <li>Parallelität</li> </ul> </li> <li>Geradlinigkeit und Gegenauslegung der Komponenten</li> <li>Ebenheit und Verspannung der Komponenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Position auf ebener Fläche</li> <li>Niveauabweichungen</li> <li>Vertikale Lage</li> <li>Exzentrizität</li> <li>Position gegenüber anderen Komponenten</li> <li>Sonstige wichtige Abweichungen:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Auflagertiefe</li> <li>Fugengröße</li> <li>Abweichungen an Fugen</li> </ul> </li> </ul>

**Tabelle 1 Die wichtigsten im Bauwesen eingesetzten Messinstrumente.**

Messinstrument	Anwendungsgebiet
Theodolit	Messung, Umsetzung und Kontrolle von Winkeln, Linien und horizontalen und vertikalen Flächen
Automatische Wasserwaage	Bestimmung der Höhe eines Punkts im Hinblick auf ein Referenzdatum
Laserinstrument	Bestimmung von Höhen, Niveaus und Positions- oder Richtungsabweichungen
Schieblehre	Messung von Maßen bis 1000 mm
Maßband	Direkte Messung von Maßen und Abständen bis 100 m <sup>(1)</sup>
Winkelmaß	Unerlässlich für die Überprüfung rechter Winkel
Latte oder Lineal	Stellt eine Linie dar, anhand derer man die Abweichungen hinsichtlich der Geradlinigkeit und der Ebenheit messen kann <sup>(2)</sup>
Wasserwaage	Anzeige oder Überprüfung horizontaler oder vertikaler Flächen
Senkblei	Zieht eine vertikale Referenzlinie für Höhen unter 3 m
Klinometer oder Inklinometer	Vertikale Kontrolle <sup>(3)</sup> , horizontale Kontrolle oder Neigungskontrolle
Stärkemaß	Messung der Zulässigkeit einer Fugenöffnung, einer Distanz (Niveaunterschied, Ebenheit), etc.
Kolorimeter <sup>(4)</sup>	Bestimmung des Farbtons einer Oberfläche nach verschiedenen ‚Farbsystemen‘ (z.B. L*a*b) <sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> Diese Messung sollte vorzugsweise auf 50 m beschränkt werden.  
<sup>(2)</sup> Die üblicherweise verwendeten Längen sind 20 und 50 cm, 1, 2 und 3 m.  
<sup>(3)</sup> Die vertikale Messung ist auf eine übliche Stockhöhe begrenzt.  
<sup>(4)</sup> Obwohl dieses Gerät nicht zu den in der Norm NBN ISO 7976-1 beschriebenen Messinstrumenten gehört, findet es sich in der Liste der Farbmessinstrumente der internationalen Norm ISO 7724-2 wieder.  
<sup>(5)</sup> Durch direkten Vergleich ist es möglich, die Farbdifferenz zu quantifizieren ( $\Delta E$ ).

Messmethoden, die entweder sowohl im Werk als auch auf der Baustelle angewendet werden können, und jene, die sich ausschließlich für die Anwendung *in situ* eignen. Tabelle 2 fasst diese verschiedenen Messmethoden zusammen.

Unterliegen die im Werk durchgeführten Messungen zwar häufig der Kontrolle des Herstellers, so sollten sich die Fachleute des Sektors

wie Bauunternehmer, Architekten und Spezialisten doch regelmäßig veranlasst sehen, die korrekte Ausführung dieser Produkte *in situ* zu überprüfen.

Diskussionen oder mehrdeutige Interpretationen bei der Kontrolle der Maßtoleranzen können dann vermieden werden, wenn der Ausführende die Messmethoden anwendet, die in der diesbezüglichen Norm und/oder den diesbezüglichen Referenzdokumenten beschrieben sind. Als Hilfestellung für den Ausführenden sind die wichtigsten Messmethoden, die auf der Baustelle angewendet werden, nachfolgend erläutert.

### HORIZONTALE LAGE ODER NEIGUNG EINER OBERFLÄCHE

Das Endniveau einer Oberfläche und/oder die Neigung, die diese haben muss, werden im Allgemeinen mit Hilfe eines topografischen Niveaus gemessen. Die Neigung einer Oberfläche kann auch durch Auflegen einer Was-

Abb. 1 Kontrolle der Ebenheit einer Oberfläche.

- A. Block in Stärke der Toleranz
- B. Lineal mit 2 m Länge
- C. Loser Block (doppelt so stark wie Block A)

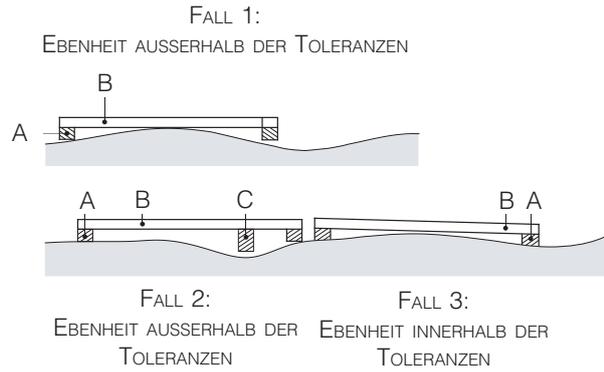
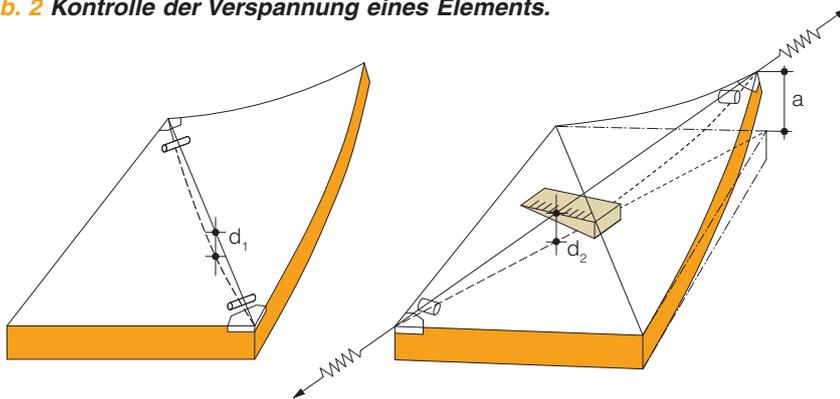


Abb. 2 Kontrolle der Verspannung eines Elements.



serwaage auf ein gerades und stabiles Lineal mit einer gekannten Länge (allgemein 2 m) kontrolliert werden.

**EBENHEIT EINER OBERFLÄCHE**

Um die Ebenheit einer Oberfläche zu kontrollieren, verwendet man am häufigsten ein gerades und stabiles Lineal mit einer genau vorgegebenen Länge (allgemein 2 m), an dessen Ende jeweils ein Block mit einer Stärke befestigt ist, die der Toleranz entspricht (siehe Abbildung 1). Dieses Lineal wird ausserdem mit einem losen Block komplettiert, dessen Stärke dem doppelten der Toleranz entspricht.

Das mit den beiden Blöcken ausgerüstete Lineal wird auf die zu kontrollierende Oberfläche gelegt:

- **Fall 1:** Ein Block und ein Punkt am Lineal berühren die Oberfläche, während der zweite Block sie nicht berührt: Die Ebenheit liegt nicht innerhalb der Toleranzen.
- **Fall 2:** Die beiden Blöcke berühren die Oberfläche, wohingegen das Lineal diese nicht berührt und der mobile Block unter dem Lineal durchrutscht: Die Ebenheit ist nicht innerhalb der Toleranzen.
- **Fall 3:** Die beiden Blöcke berühren die Oberfläche, wohingegen das Lineal diese nicht berührt und der mobile Block nicht unter dem Lineal durchrutscht: Die Ebenheit ist innerhalb der Toleranzen.

**VERSPPANNUNG**

Die Verspannung ist eine besondere Form der Ebenheit, bei der einer der Winkel einer Komponente nicht auf gleicher Ebene mit den anderen drei Winkeln liegt.

Die Messung kann mit Hilfe eines geraden und stabilen Lineals oder einer Schnur erfolgen, die zwischen den zwei diagonal gegenüberliegenden, höher gelegenen Ecken gespannt wird. Die Abstände  $d_1$  und  $d_2$  werden im Zentrum der Diagonale mit einem losen Block oder besser noch mit einer Schieblehre gemessen (siehe Abbildung 2). Der Verspannungsgrad der Oberfläche 'a' ergibt sich aus dem Verhältnis:  $a = 2 \times (d_1 - d_2)$ .

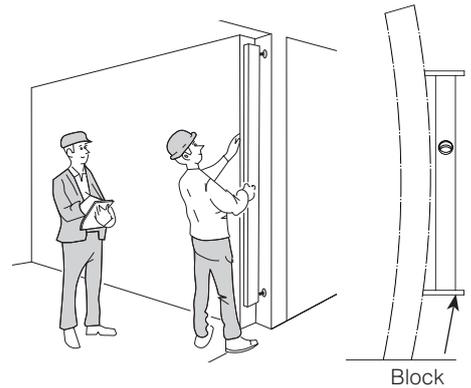
**GERADLINGKEIT DER KANTEN UND FLUCHTEN**

Die Geradlinigkeit der Kanten und Fluchten (z.B. Fugen) können auf gleiche Art wie die Ebenheit gemessen werden, indem man das mit Blöcken bestückte Lineal auf die Kante oder den zu kontrollierenden Verlauf legt.

**LOTRECHTE POSITION ODER VERTIKALE LAGE**

Lotrechte Messungen oder Messungen der vertikalen Lage werden mit Hilfe eines Klinometers (siehe Abbildung 3) oder einem Senkblei durchgeführt. Das hier gezeigte Klinometer ist ein gerades Lineal mit einer Länge unter oder

Abb. 3 Überprüfung der lotrechten Position mit Hilfe eines Klinometers.



gleich 2 m, dass mit einer einstellbaren Wasserwaage und mit zwei Blöcken ausgerüstet ist.

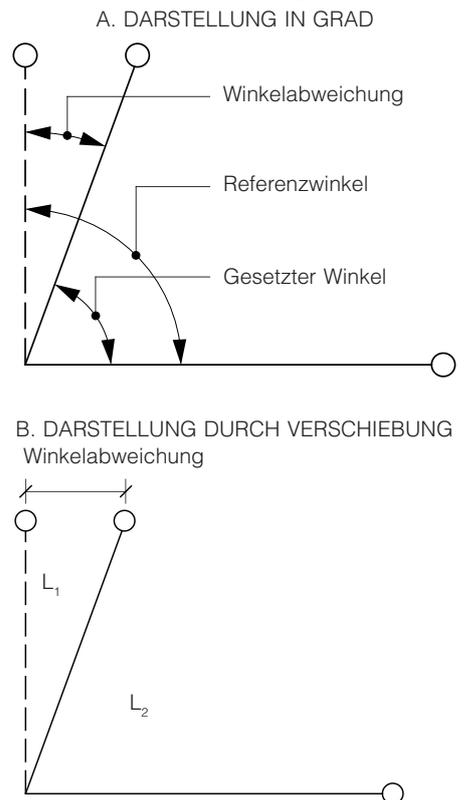
Die Messung kann direkt über das Ablesen der Anzeige erfolgen bzw. indirekt, indem man die Latte vertikal positioniert und dabei unter einem der Blöcke ein Stärkemaß einsetzt.

Das Gerät muss regelmäßig dadurch überprüft werden, dass die Position der Latte um 180° umgekehrt wird.

**WINKELABWEICHUNG**

Die Winkelabweichung definiert sich aus der Differenz zwischen einem realen Winkel und dem entsprechenden Referenzwinkel. Die Abbildung 4 zeigt die in Grad (A) oder in Verschiebung (B) ausgedrückte Winkelabweichung.

Abb. 4 Winkelabweichungen.



Entscheidet man sich für die Darstellung der Messung in Verschiebungen, dann muss die Winkelabweichung basierend auf der kurzen Seite des Winkels bestimmt und im rechten Winkel zur entsprechenden Seite des Referenzwinkels gemessen werden. Die Winkelabweichungen werden mittels Winkelmaß bestimmt. Bei der Kontrolle empfiehlt es sich, folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Falls erforderlich müssen die Messpunkte mit Hilfe von Markierungszubehör definiert werden.
- Die Länge der Winkelmaßseiten sollte nicht über 1200 mm liegen.

Die Präzision des Winkelmaßes kann überprüft werden, indem man es um 180° dreht.

**Abb. 5 Abweichungsmessung zwischen zwei benachbarten Fliesen.**



**ABWEICHUNG ZWISCHEN ZWEI BENACHBARTEN ELEMENTEN**

Die Abweichung zwischen zwei benachbarten Elementen wird mittels eines geraden Lineals mit passender Länge gemessen, das man auf das höhere Element legt und mit ihm in Kontakt hält (siehe Abbildung 5). Jede Abweichung zwischen dem Lineal und dem benachbarten Element wird direkt an der angrenzenden Kante mit Hilfe von Stärkemaßen oder noch besser mit einer Schieblehre gemessen.

**PRINZIP DER BEURTEILUNG DER OPTIK**

Zunächst möchten wir daran erinnern, dass man sich an eine wichtige Regel hält: Die Kontrolle der Optik der abgeschlossenen Arbeiten muss bei natürlichem Licht, mit bloßem Auge und in einem Abstand erfolgen, der für das zu kontrollierende Bauwerk definiert wurde. Sie darf nie bei schräg einfallendem Licht oder bei Gegenlicht erfolgen. Bei vertikalen Oberflächen liegt die für eine korrekte Beurteilung erforderliche Distanz durchschnittlich zwischen 1,5 und 3 m. Die Abnahme von Bodenbelägen erfolgt in Mannshöhe (mit einem Mindestabstand von 1,5 m) und immer im rechten Winkel zur zu kontrollierenden Oberfläche statt.

Bevor man zur Beurteilung der Optik eines Bauwerks schreitet, ist es wichtig zu beachten, dass die Oberfläche ausreichend abgetrocknet ist. So wird die Wahrnehmung von Farbunterschieden vermieden, die möglicherweise während der Trocknungszeit auftreten.

Da die Entscheidung für eine Ausführung häufig auf Basis der Optik getroffen wird, könnte es von Nutzen sein – auch um alle Streitigkeiten nach der Verlegung zu vermeiden –, dass die Parteien im Vorfeld der Auftragserteilung ein vertraglich festgelegtes Muster vereinbaren. Angesichts dessen, dass es bei Naturstein oder Keramikfliesen zu Farbnuancen kommen kann, sollte dieses vertragliche Muster in diesen Fällen idealerweise aus drei Teilen bestehen, die den Zustand der gewünschten Oberfläche darstellen. Diese drei Elemente sind in ihrer Reihenfolge von 1 bis 3:

- Element Nr. 1 für die durchschnittliche Optik
- Elemente Nr. 2 und 3 die ihrerseits die Abweichungen darstellen, die maximal für die Optik akzeptiert werden (Farbton, Nuance, Einschließungen, Eigenheiten, ...).

In Bezug auf die objektive Beurteilung von Farbtonabweichungen verweisen wir auf das Infomerkblatt Nr. 25, das die wichtigsten Bewertungsmethoden nach dem zu kontrollierenden Material- bzw. Bauwerkstyp darstellt. ■

KOMBINATION DER VERSCHIEDENEN TOLERANZEN

**W**ährend der Durchführung der Arbeitskontrolle passiert es häufig, dass verschiedene Toleranzen berücksichtigt werden müssen. Bei der Kontrolle der Verlegung eines Bodenelements auf einer vertikalen Wand, achtet man daher gleichzeitig auf die Herstellungs- und Ausführungstoleranzen des rauhen Mauerwerks als auch der Wand. Darüber hinaus beinhalten diese Toleranzen diverse Aspekte: Bei den Herstellungstoleranzen prüft man beispielsweise die Winkelhaltigkeit der Endwange, die Maße des Elements, ... während man bei den Ausführungstoleranzen die Bau-, Verlegungs- und Ausführungsabweichungen des Elements kontrolliert.

Bei einer Kombination verschiedener Toleranzen muss vor allem darauf geachtet werden, dass sie nicht miteinander in Verbindung stehen. Aufgrund der Tatsache, dass die Winkelhaltigkeit der Endwange bei rauem Mauerwerk auch Einfluss auf die Mauerwerksabmessungen hat, empfiehlt es sich nur die maßgeblichsten Herstellungstoleranzen zu berücksichtigen.

Bildet man aus den betreffenden, voneinander unabhängigen Toleranzen lediglich die algebraische Summe, dann berücksichtigt man fälschlicherweise nur die ungünstigste Situation.

In unserem Beispielfall bedeutet dies folgendes: Man würde raues Mauerwerk mit den höchsten zulässigen Herstellungsabweichungen auf eine Betonwand aufbringen, deren Toleranzen genauso extrem wären und man würde darüber hinaus die maximal zulässige Ausführungsabweichung anwenden.

Die Wahrscheinlichkeit einer solchen Situation geht in der Praxis glücklicherweise gegen Null. Wenn man die Toleranzen realistisch aufsummieren möchte, empfiehlt sich demnach ein statistischer Ansatz.

Die Norm NBN ISO 3443-2 bietet Richtlinien in Bezug auf die statistische Kombination von Abweichungen basierend auf der Gaußschen

# Kombination der verschiedenen Toleranzen

Normalverteilung. Es ist zudem möglich, diese Methode für die Kombination der Toleranzen anzuwenden (insofern diese auf einer gleichen Überschreitungswahrscheinlichkeit basieren).

Gemäß diesem Prinzip entspricht eine kombinierte Toleranz der Wurzel aus der Summe der Quadrate der verschiedenen Toleranzen, d.h.:

$$s_t = \sqrt{\sum s_i^2} = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + \dots + s_n^2}$$

wobei:

- $s_t$  = die kombinierte Toleranz
- $s_i$  = die individuellen Toleranzen.

Die Mehrheit der Herstellungs- und Ausführungsabweichungen entsprechen im Allgemeinen dieser Wahrscheinlichkeit.

Sollte dies nicht der Fall sein, empfiehlt es sich sicherzustellen, dass die errechnete Abweichung immer unter der algebraischen Summe der Toleranzen (ungünstigste Situation) liegt. ■

**Die Funktionalität der Rohbauelemente ist ein entscheidender Faktor bei der Bestimmung der Toleranzen. Zu große Maß- und Positionsabweichungen können sich als verhängnisvoll in Bezug auf Stabilität und Nutzungstauglichkeit des Bauwerks erweisen.**



Die Optik der Rohbauelemente, die sich im Allgemeinen hinter der Fertigstellung verborgen, ist oftmals sekundär. Nichtsdestotrotz muss zum Zeitpunkt der Festlegung der zulässigen Abweichungen am Rohbau die vorgesehene Fertigstellung beachtet werden und es müssen möglicherweise Anforderungen festgesetzt werden, die aus funktioneller Sicht strenger als nötig sind.

Wenn gewünscht wird, dass bestimmte Rohbauelemente sichtbar bleiben, um durch sie einen bestimmten optischen Effekt zu erzielen, dann müssen diese strengeren (aber noch machbaren) Anforderungen hinsichtlich der Optik in einem Vertragsdokument spezifiziert werden. Fehlen solche Anforderungen, dann ist davon auszugehen, dass es sich um eine Standardausführung handelt, für die die typischen visuellen Eigenschaften der Rohbauelemente akzeptiert wurden.

Sowohl dem funktionellen als auch dem visuellen Aspekt sollte schließlich im Fall einer Fassade in Mauerwerk ausreichend Rechnung getragen werden. Außerdem muss die Ausführung des Mauerwerks sorgfältig genug sein, damit die Schreinerarbeiten problemlos gesetzt werden können.

## 1 REFERENZDOKUMENTE

Es gibt diverse Referenzdokumente, in denen die Toleranzen für die Herstellung, den Bau, die Verlegung und die Ausführung der Rohbauelemente sowie für die Ausführung von Öffnungen und Aussparungen beschrieben sind.

### Abb. 1 Der funktionelle Aspekt hat Priorität.



# Der funktionelle Aspekt hat Priorität

Die **Bautoleranzen** stehen mit den Maßabweichungen in Verbindung, die sich aus der angewendeten Bautechnik ergeben (z.B. mit Hilfe eines Theodoliten, eines Lasers). In der Normenreihe NBN ISO 7976 geht es um die Messung dieser Toleranzen. Die Norm NBN ISO 4463 gibt die Bautoleranzen an, die sowohl für Primär- und Sekundärsysteme als auch für die Positionspunkte eines Gebäudes Anwendung finden. Nachfolgend eine Auswahl einiger wichtiger Bautoleranzen aus dieser Norm:

- Die Toleranz der Position der sekundären Punkte liegt bei  $\pm 4$  mm für eine Distanz bis 7 m und bei  $\pm 1,5 \sqrt{L}$  für größere Distanzen ( $L =$  Distanz in m).
- Die Toleranz für die Position eines Positionspunkts liegt bei  $\pm 2 K_1$  mm für eine Distanz  $< 4$  m und bei  $\pm K_1 \sqrt{L}$  mm für größere Distanzen ( $K_1 =$  eine Konstante mit dem Äquivalent 1,5 für Beton- und Stahlbau).

In Bezug auf die Toleranzen für Tragwerkselemente empfiehlt es sich, zwischen Fundament, Mauerwerk und Tragwerk aus Beton, Holz und Metall zu unterscheiden. Für letztgenannte Elemente verweisen wir auf die Normen NBN EN 1090-1 (Anforderungen), 1090-2 (Stahl) und 1090-3 (Aluminium).

## 1.1 FUNDAMENTE UND KONSTRUKTIONEN AUS BETON

Die Norm NBN EN 13670, die bald veröffentlicht wird, widmet sich sowohl der Realisierung von vor Ort ausgeführten Betonbauarbeiten, als auch der Ausführung mit Betonfertigteilen, für die es noch nie eine spezifische Norm gab.

Für die Abweichungen bei Betonfertigteilelementen verweisen wir auf nachfolgende Referenzdokumente:

- NBN EN 13369: Allgemeine Regeln für Betonfertigteile
- NBN B 21-600: Allgemeine Regeln für Betonfertigteile (nationale Ergänzung zu NBN EN 13369)
- NBN EN 13225: Betonfertigbauteile: Stabförmige Bauteile (PTV 200)
- NBN EN 1168: Betonfertigbauteile: Hohlplatten (PTV 201)
- NBN EN 13747: Betonfertigbauteile: Deckenplatten mit Ortbetonergänzung (PTV 202)
- NBN EN 14992: Betonfertigbauteile: Wandelemente (PTV 212)
- PTV 21-601: Architektonische und industrielle Fertigelemente aus Sichtbeton.

## 1.2 MAUERWERK

Tabelle 1 zeigt die belgischen und europäischen Normen, die die Anforderungen an Ausführung und Produkte für Mauerwerk regeln sowie zwei PTV-Reihen, die als Richtschnur bei der Kontrolle von Schäden oder Fehlern an Mauerwerkselementen dienen können.

### Tabelle 1 Referenzdokumente für Mauerwerk.

Planungsnormen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• NBN EN 1996-2:2005 (+ AC:2009) + ANB: Berechnung von Massivbauwerken. Teil 2: Planung, Materialauswahl und Ausführung von Mauerwerken</li> <li>• NBN B 24-401: Durchführung von Maurerarbeiten</li> </ul>
Produktnormen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reihe NBN EN 771 + Anhänge</li> <li>• PTV-Reihe 21-00x</li> <li>• PTV-Reihe 23-00x</li> </ul>

## 1.3 HOLZ

Es gibt nur wenige belgische Referenzdokumente, die die Ausführungstoleranzen für Rohbauelemente aus Holz (Dachstuhl, Holzskelett und tragende Holzdeckenstrukturen) spezifizieren.

Für die Toleranzen bei **Holzdachstühlen**, wird auf nachfolgende Dokumente verwiesen:

- NBN EN 1995-1-1: Bemessung und Konstruktion von Holzstrukturen (Teil 1-1: Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau).
- STS 31: Zimmerhandwerk.

Im Fall **tragender Holzdecken** verweisen wir auf die TI 233 für tragende Holzdecken im Wohnungs- und Gewerbebau.

Da es für **Holzskelettbauten** keine entsprechenden belgischen Referenzdokumente gibt, kann man sich hier an der französischen Norm NF P 21-204 (Hochbau, Hausbau und Holzskelettbau) orientieren.

**Die zulässigen Deformationen** für Gebäude im Allgemeinen sowie für Holztragwerke im Speziellen werden in der Norm NBN B 03-003 (Deformation von Tragwerken, Grenzwerte für Deformation) dargestellt.

Und schließlich gibt es **belgische Produktnormen**.

men, die die entsprechenden Anforderungen für Holzelemente oder Elemente auf Holzbasis definieren:

- NBN EN 336: Bauholz für tragende Zwecke (Maße, zulässige Abweichungen)
- NBN EN 390: Brettschichtholz (Maße, zulässige Abweichungen)
- NBN EN 14250: Holzbauwerke (Produktanforderungen an vorgefertigte tragende Bauteile mit Nagelplattenverbindungen).

## 2 TOLERANZEN

### 2.1 FUNDAMENTE UND KONSTRUKTIONEN AUS BETON

Die zukünftige europäische Norm NBN EN 13670 führt eine Unterscheidung zwischen den zwei nachfolgenden Toleranzarten ein:

- die **normativen Toleranzen**: Tragwerkstoleranzen, die den mechanischen Widerstand und die Tragwerksstabilität garantieren müssen
- die **informativen Toleranzen**: Toleranzen mit allgemein geringem Einfluss auf das Tragwerk. Wir weisen darauf hin, dass die

Vertragsdokumente stets erwähnen müssen, ob diese angewendet werden oder nicht.

Diese Pränorm sieht zwei Toleranzklassen vor:

- die **Toleranzklasse 1** (normale Toleranzen): Diese Klasse wird beim Fehlen sonstiger Spezifikationen im Sonderlastenheft angewendet und beinhaltet die Berücksichtigung der Hypothesen des Eurocode 2 hinsichtlich der Bemessung (siehe Tabelle 2 und *Les Dossiers du CSTC*, Nr. 2004/4.4).
- die **Toleranzklasse 2** (schwerwiegendere Toleranzen): Diese Klasse muss immer im Sonderlastenheft angegeben werden. Diese schwerwiegenden Toleranzen und die Qualitätskontrolle ermöglichen gemäß Berechnung laut Eurocode 2 (siehe Anlage A des Eurocode) die Berücksichtigung der reduzierten anteiligen Sicherheitskoeffizienten.

#### 2.1.1 Niveau und Ebenheit

Die zufriedenstellende Funktionalität eines Industriebodens auf Zementbasis hängt maß-

geblich von den Abweichungen der Ebenheit und dem Niveau des Fertigfußbodens ab. Wir weisen darauf hin, dass Aussagen wie ‚spiegelglatt‘ oder ‚perfekt eben‘ in den Vertragsdokumenten nicht eindeutig sind und keinerlei Hinweis auf die Ebenheitsklasse und die Niveauabweichungen geben, die für die Realisierung des Bauwerks zu berücksichtigen sind.

Die für das **Niveau** des Fertigfußbodens anzuwendenden Toleranzen hängen u.a. vom Abstand ab, der zwischen dem Messpunkt und dem nächstgelegenen markierten Niveau liegt (es müssen daher ausreichend Niveaus eingeplant werden) (siehe Tabelle 3, Seite 8).

Die **Ebenheit** eines Industriefußbodens ist von einigen aufeinanderfolgenden Abläufen abhängig (Betonieren, Abziehen) und wird von einer Reihe von Faktoren beeinflusst, wie z.B.:

- die Vorbereitung des Betons
- die mögliche Kompaktheit des Betons vor dem Glätten
- das Abbinden des Betons zum Zeitpunkt des Abziehens
- das Fingerspitzengefühl des Ausführenden
- die Einheitlichkeit des Mischverhältnisses

**Tabelle 2 Normale Toleranzen anwendbar auf Betonfundamente und -konstruktionen (\*).**

Abweichungen bei ...	Zulässige Abweichung gemäß der Norm NBN EN 13670
der horizontalen Distanz bis zur Referenzlinie	Fundament: ± 25 mm Säule oder Mauer: ± 25 mm
der vertikalen Distanz H bis zum markierten Niveau	Fundament: ± 20 mm Bodenplatte zwischen der höchsten Etage und dem markierten Niveau: • H ≤ 20 m: ± 20 mm • 20 m < H: ± 0,5 (H+ 20) mm, max. ± 50 mm
der Distanz zwischen überlagerten Niveaus	Anschließende Böden: ± 20 mm
der Niveauabweichung benachbarter Balken	± (10 + ℓ/500) mm
der horizontalen Distanz ℓ zwischen zwei benachbarten Elementen	Balken: max. (± 20 mm oder ± ℓ/600), max. ± 40 mm Säulen/Mauern: max. (± 20 mm oder ℓ/600), max. ± 60 mm
den Abmessungen des Betonabschnitts (ℓ = Länge): • ℓ ≤ 150 mm • ℓ = 400 mm • ℓ ≥ 2500 mm	Lineare Interpolation der Mittelwerte ± 10 mm ± 15 mm ± 30 mm
der Ebenheit: • übergreifende Ebenheit unter einem Lineal von 2 m • lokale Ebenheit/Unebenheiten unter einem Lineal von 0,2 m	• Verschaltes oder fugenloses Element: 9 mm / 2 m und 4 mm / 20 cm • Nicht verschaltes Element: 15 mm / 2 m und 6 mm / 20 cm
der Krümmung der Elemente (h = Höhe, ℓ = Länge)	Säulen und Wände: max. (± h/300 ou ± 15 mm), max. ± 30 mm Balken und Bodenplatten: max. (± ℓ/600 oder ± 20 mm)
der Geradlinigkeit der Kanten (ℓ = Länge der Kante): • ℓ ≤ 1 m • ℓ > 1 m	± 8 mm ± 8 mm/m, ≤ ± 20 mm
der Orthogonalität (a = Länge des Abschnitts)	Max. (± 0,04 a oder ± 10 mm), max. ± 20 mm
der Schrägheit (a = Höhe, b = Breite des Abschnitts)	Max. (± a/25, ± b/25), max. ± 30 mm
der vertikalen Lage (h = Höhe der Wand oder der Säule, Σh <sub>i</sub> = Gesamthöhe der betreffenden Etagen, n = Anzahl Etagen)	Eine Etage ≤ 10 m: max. (h/400 oder 15 mm) Mehrere Etagen: min. (50 mm oder Σh <sub>i</sub> / (200 n <sup>1/2</sup> ))
der vertikalen Ausrichtung (t = mittlere Breite)	Max. (t/30 oder 15 mm), max. ± 30 mm
der Neigung der Balken oder Platten (L = deren Länge)	± (10 + L/500) mm
den Öffnungen und Aussparungen	± 25 mm auf die Position und Maße der Aussparung ± 10 mm auf den Durchmesser der Versorgungsschächte

(\* ) Die informativen Toleranzen werden in den hellgrünen, die normativen Toleranzen in den dunkelgrünen Feldern angegeben.

**Tabelle 3 Toleranzen beim Niveau eines Industriefertigbodens.**

Distanz d [m] zwischen einem Bodenpunkt und dem nächstgelegenen markierten Niveau	Abweichung [mm]
$d \leq 1$	$\pm 6$
$1 < d \leq 3$	$\pm 8$
$3 < d \leq 6$	$\pm 12$
$6 < d \leq 15$	$\pm 16$
$15 < d \leq 30$	$\pm 20$
$d > 30$	$\pm 25$

**Tabelle 4 Toleranz bei der Ebenheit eines Industriebodens auf Zementbasis.**

Ebenheitsklasse	Toleranz [mm] unter einem Lineal von 2 m
I (sehr strikt)	3
II	5
III	7
IV	9

für die Abrieglage der Oberfläche

- die Ausrüstung des Ausführenden.

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die verschiedenen **Ebenheitsklassen** für Industriefertigböden sowie die entsprechenden Toleranzen (siehe TI 204). Die Auswahl der Ebenheitsklasse muss im Hinblick auf die vorgesehene Nutzung erfolgen. Daher ist die Ebenheitsklasse IV (Toleranz von 9 mm unter einem Lineal von 2 m) generell für Industrieböden vorgeschrieben, die dauerhaft genutzt werden. Diese Klasse ist auch beim Fehlen sonstiger Spezifikationen im Sonderlastenheft anzuwenden.

Die Ebenheitsklassen I, II und III müssen deutlich im Lastenheft spezifiziert werden und sind nur für spezielle Fälle vorgesehen (z.B. wenn auf dem Boden Hubfahrzeuge für große Höhen fahren). Aufgrund der erhöhten Kosten für diese Bodenarten, empfiehlt es sich, nur die Bereiche anzugeben, in denen diese besonderen Anforderungen Anwendung finden.

Durch Schwankungen beim Abziehen (Intensität und Form) oder aufgrund der Schwierigkeit in die betroffenen Bereiche zu gelangen (Unterschied in der Fertigstellung, vor allem bei manuellem Abziehen), können rund um Hindernisse (Mauern, Säulen, etc.) große Abweichungen auftreten. Aus diesem Grund werden die Messpunkte für die Ebenheitskontrolle üblicherweise mit einem Abstand von mindestens 20 cm zu Hindernissen festgelegt. Innerhalb dieser Zone von 20 cm wird die Ebenheitsklasse angewendet, die direkt über der für die sonstigen Flächen vorgesehenen Klasse liegt. Handelt es sich um einen Boden

**Tabelle 5 Toleranzen bei der Optik von Fertig Sichtbeton.**

Element aus Sichtbeton	Oberfläche	Abstufungen der Lufteinschlüssen auf der CIB-Skala	Anzahl der Abstufungen nach der CIB-Grauskala
Architektonisch	Glatt	1	2
	Nicht glatt	2	
Industriell	Glatt	2	3
	Nicht glatt	3	

**Abb. 2 Kontrolle der Ebenheit einer Oberfläche.**



der Ebenheitsklasse IV, dann entspricht die Toleranz im vorher beschriebenen Bereich 12 mm/2 m.

### 2.1.2 Sichtbeton

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, ist die Optik der Rohbauelemente generell von geringerer Bedeutung, da diese üblicherweise durch die Fertigstellung verdeckt werden.

Nichtsdestotrotz können bestimmte Toleranzen für die Optik von **Beton, der vor Ort verarbeitet wird** und sichtbar bleibt, definiert werden. In Erwartung der neuen Norm, die diesbezüglich veröffentlicht werden wird, kann man sich am Bericht CIB Nr. 24 (siehe *Les Dossiers du CSTC*, Nr. 2007/4.4) orientieren, das Anforderungen in Bezug auf die Umgebung und Lufteinschlüsse auf der sichtbaren Oberfläche sowie für Kiesnester und lokale Unvollkommenheiten festlegt.

Was die **Optik der architektonischen und industriellen Elemente aus Sichtfertigbeton** betrifft, so definieren die PTV 21-601 die Toleranzen in Bezug auf Lufteinschlüsse, Farbabweichungen, Rostflecken und Risse. Luftporen werden anhand der CIB-Skala bewertet; die Farbabweichungen auf der Betonoberfläche werden anhand einer bestimmten Zahl von Abstufungsabweichungen zwischen zwei Werten auf der CIB-Grauskala ausgedrückt.

Bei Streitigkeiten nach visueller Kontrolle kann der Farbton der Oberfläche mit einem Kolorimeter gemessen werden. Mit dem so erzielten Resultat kann dann die Farbtonvaria-

tion  $\Delta E$  berechnet werden, die  $\Delta E/5,0$  auf der CIB-Grauskala entspricht.

Außerdem darf bei einer Kontrolle der Sichtbetonelemente aus 3 m Abstand keinerlei Spur von Rost aus den enthaltenen, eisenhaltigen Granulaten sichtbar werden. Die trockene Oberfläche darf zudem keine Risse oder Fissuren aufweisen, deren Öffnung größer ist als:

- 0,05 mm bei glattem Beton für architektonische Elemente
- 0,1 mm für Betonoberflächen mit einem architektonischen Reliefelement und jene, glatt oder nicht, von industriellen Elementen.

### 2.2 MAUERWERK

Enthält das Vertragsdokument keinerlei spezifische Anforderungen für das Mauerwerk, dann gelten die in Tabelle 6 (S. 9) aufgeführten Abweichungen. Diese Anforderungen sind ein Auszug aus Eurocode 6 und zielen hauptsächlich auf die garantierte Stabilität des tragenden Mauerwerks ab. Es ist eventuell möglich, striktere Anforderungen in Anbetracht der vorgesehenen Fertigstellung festzulegen.

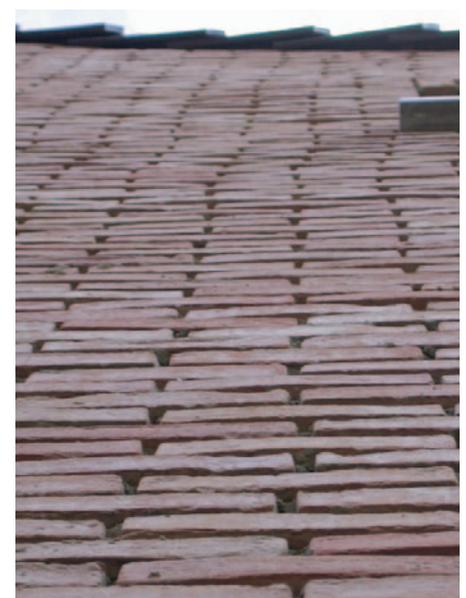
Nach Ausführung der Verblendmauern kann die Höhe und Ausrichtung der (vertikalen) Fugen zum Gegenstand von Diskussionen auf der Baustelle werden. Das ist vor allem bei bestimmten handgeformten Ziegelsteinen (siehe Abbildungen 3 und 4, S. 9) der Fall. Tabelle 7 (S. 9) zeigt die Toleranzen bei Fugen in der Fassadenverkleidung (siehe TI 208). Aus dieser Tabelle geht hervor, dass es zumal die Maßtoleranzen und die Qualität der Ausführung sind, die die zulässigen Abweichungen auf die Fugenhöhe und -ausrichtung bestimmen.

**Tabelle 6 Toleranzen bei der Ausführung von Mauerwerk.**

NBN EN 1996-2			Zusätzliche Anforderung	
Abweichung bei ...	Eurocode 6	ANB:2009 (Projekt)		
Funktionaler Aspekt	der vertikalen Lage: • pro Etage • 3 Etagen • n Etagen	± 20 mm ± 50 mm ± 50 mm	± 6 mm ± 18 mm ± 50 mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>TI 188/199: ± 1/8 <math>\sqrt[3]{d} \leq 4 \text{ cm}^{(2)}</math></li> <li>TI 209: ± 1/8 <math>\sqrt[3]{d}</math></li> </ul>
	der vertikalen Ausrichtung	± 20 mm	± 20 mm	–
	der Ebenheit	± 10 mm / 1 m ± 50 mm / 10 m	± 6 mm / 2,5 m <sup>(1)</sup>	–
Ästhetischer Aspekt	den linearen Maßen	–	± 1/4 $\sqrt[3]{d}^{(2)} \leq 4 \text{ cm}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>TI 188: 1 cm ≤ ± 1/4 <math>\sqrt[3]{d} \leq 4 \text{ cm}</math></li> <li>Öffnungen für Schreinerarbeiten: + 1/4 <math>\sqrt[3]{d}</math> und - 1/8 <math>\sqrt[3]{d}</math></li> </ul>
	der Geradlinigkeit (horizontaler und vertikaler Lage <sup>(3)</sup> )	–	± 1/8 $\sqrt[3]{d}^{(4)}$	TI 209: • 5 mm / 2 m (Klasse 1) • 8 mm / 2 m (Klasse 2)

(<sup>1</sup>) Die Pränorm prNBN EN 1996-2 ANB legt die Toleranzen für die Ebenheit bei ± 10 mm / 2,5 m (normal) oder bei ± 8 mm / 2 m und bei ± 5 mm / 2,5 m (genau) oder bei ± 4 mm / 2 m fest.  
 (<sup>2</sup>) Der Wert 'd' entspricht dem linearen Maß (in cm).  
 (<sup>3</sup>) Beispiele: Vertikale Fugen, Sims, Fassungen etc.  
 (<sup>4</sup>) Der Wert 'd' entspricht der Länge der Linie (in cm).

**Abb. 3 Handgeformte Ziegelsteine.**



Abweichungen bei der vertikalen Ausrichtung der vertikalen Fugen pro Etagenhöhe 20 bis 25 mm erreichen kann.

Die zulässigen Abweichungen bei Mauerziegeln werden in der Produktnorm NBN EN 771-1 (+ A1) wiedergegeben. Diese Anforderungen sind in Tabelle 8 dargestellt für Ziegel mit hoher Dichte (HD: trockene Volumenmasse > 1000 kg/m<sup>3</sup>). Man stellt fest, dass die Streuung der Maße (\*) einen maßgeblichen Einfluss auf die Höhe und die Ausrichtung der Fugen hat.

Nehmen wir beispielsweise eine gemauerte Mauer aus handgeformten Ziegelsteinen, deren deklarierte Maße 220/110/69 mm sind und

**Abb. 4 Handgeformte Ziegelsteine.**



(\*) Die Streuung der Maße (R-Kategorien) ist die Differenz zwischen dem größten und kleinsten im Laufe einer üblichen Errichtung ausgewählten Ziegelmaß. Die Toleranzen bei den mittleren Maßen in Bezug zu den deklarierten Herstellungsmaßen werden mit Hilfe der T-Kategorien angegeben.

die zur Streumaßkategorie R1 (siehe Tabelle 8) gehören. Wenn man die Gesamtteranz für das Mauerwerk berechnen möchte, empfiehlt es sich, die Maßtoleranz jedes Ziegelsteins (siehe Tabelle 9, S. 10) mit der Ausführungstoleranz aus Tabelle 6 zu kombinieren. In diesem Fall kann die Höhenabweichung der Fugen 10 bis 15 mm erreichen, während die

Ziegelsteine, die hohe Maßtoleranzen aufweisen, sind also weniger für Mauerwerk geeignet, für das strikte optische Kriterien gelten (z.B. wenn eine vertikale Ausrichtung der Fugen vereinbart wurde). Es ist darüber hinaus nutzlos, präzise Toleranzen für ein sichtbares Mauerwerk einzuhalten, dessen Optik 'rustikal' sein soll.

**Tabelle 7 Toleranz bei Fugen in der Fassadenverkleidung.**

Abweichungen bei ...	Maximale Abweichung
der Breite der Fugen	± 2 mm (+ Maßtoleranz auf das Mauerwerkelement)
der Ausrichtung der vertikalen Fugen	± 1/4 $\sqrt[3]{d}$ (+ Maßtoleranz auf das Mauerwerkelement) (*)
der horizontalen Lage der gesetzten Fugen	± 1/8 $\sqrt[3]{d} \leq 4 \text{ cm}^{(*)}$
der Geradlinigkeit der gesetzten Fugen	± 2 mm / 2 m (+ Maßtoleranz auf das Mauerwerkelement)
der Höhendifferenz zwischen zwei benachbarten Mauerwerkelementen	± 2 mm (+ Maßtoleranz auf das Mauerwerkelement)

(\*) 'd' ist die Länge des fraglichen Mauerwerks in cm.

**Tabelle 8 Toleranz bei Mauerziegeln mit hoher Dichte.**

Kriterium	Kat.	HD (hohe Dichte)
Toleranz auf den Mittelwert	T1	± 0,40 $\sqrt{\text{Herstellungsmaß}}$ in mm oder 3 mm (man berücksichtigt den höchsten Wert)
	T2	± 0,25 $\sqrt{\text{Herstellungsmaß}}$ in mm oder 2 mm (man berücksichtigt den höchsten Wert)
	Tm	Vom Hersteller deklarierte Abweichung in mm (kann größer oder kleiner sein als die anderen Kategorien)
Sreuung der Maße	R1	0,60 $\sqrt{\text{Herstellungsmaß}}$ in mm
	R2	0,30 $\sqrt{\text{Herstellungsmaß}}$ in mm
	Rm	Vom Hersteller deklarierte Abstufung in mm (kann größer oder kleiner sein als die anderen Kategorien)

**Tabelle 9 Maßtoleranzen bei handgeformten Steinen.**

Toleranz auf die Länge [mm]	Extremwert auf eine Länge von 220 mm	Toleranz auf die Höhe [mm]	Extremwert auf eine Höhe von 69 mm
± 9	211 bis 229	± 5	64 bis 74

Die Hersteller von Ziegelsteinen für die Verarbeitung mit dünnlagigem Mörtel oder Klebemörtel müssen die maximalen Abweichungen für die Ebenheit und die Parallelität der Oberflächen angeben. Es ist wünschenswert, die nominale Breite der Fugen je nach der Abweichungskategorie der vorgenannten Mauerwerk-elemente anpassen zu können. Es wird daher aus ästhetischen Gründen empfohlen, die Mauerwerk-elemente mit hohen Maßabweichungen in ‚freiem‘ oder ‚wildem‘ Verbund auszuführen.

**2.3 Holz**

Obwohl die Referenzdokumente wenig Informationen über die Toleranzen bei Holzbauwerken bieten, empfiehlt es sich, die maximale Deformation der Tragwerkelemente im Hinblick auf die Nutzung zu begrenzen.

Bei fehlenden Hinweisen auf die zulässige

Deformation im Sonderlastenheft, begrenzt die Norm NBN B 03-003 die verzögerte Deformation eines an mindestens zwei Seiten gestützten Holzbodens auf:

- maximal 1/350 der Spannweite für Dächer, deren Innenseite verputzt ist
- maximal 1/250 der Spannweite für Dächer,

**Tabelle 10 Toleranzen gemäß der französischen Norm NF P 21-204 für Holzskellettbauten.**

Abweichungen bei ...	Maximal zulässige Abweichung
der vertikalen Lage je Etage	± 5 mm
der vertikalen Lage auf die Gesamthöhe des Bauwerks	± 35 mm
benachbarten Elementen	± 3 mm ± 1 mm (*)
der Ebenheit	± 5 mm / 2 m
den Maßen der Fassade	± 10 mm / 10 m
der Winkelhaltigkeit der Fassade	± 10 mm / 10 m

(\*) Diese Toleranz von ± 1 mm wird im Fall einer anhaftenden Verkleidung angewendet.

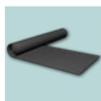
die nicht mit einer Innenverkleidung ausgestattet werden.

Wir möchten klarstellen, dass es sich hier um eine berechnete Biegung handelt, die bei der Bemessung des Bauwerks berücksichtigt werden sollte. Zusätzliche Anforderungen können hinsichtlich der Fertigstellung und/oder vorgesehener Trennwände festgelegt werden.

Aufgrund fehlender belgischer Referenzdokumente für die anwendbaren Toleranzen bei Holzskellettbauten, greifen wir in Tabelle 10 die Anforderungen auf, die in der französischen Norm NF P 21-204 beschrieben sind. ■

**ABDICHTUNGEN**

**Bei der Planung und Realisierung eines Flachdachs geht es darum, die Bildung von Wasseransammlungen zu vermeiden, die zahlreiche Unannehmlichkeiten nach sich ziehen können (siehe TI 215).**



Man entscheidet sich bei der Planung eines neu zu konstruierenden Flachdachs am besten für eine Neigung von mindestens 2 %, um dadurch die Wasseransammlung zu begrenzen. Es empfiehlt sich darüber hinaus, darauf zu achten, dass die Ebenheit des Tragwerks den in unten stehender Tabelle angegebenen Werten entspricht und dass die Regenwasserabflüsse in die thermische Isolation bzw. das Tragwerk des Dachs integriert werden (siehe TI 191).

**Pfützen vermeiden**

Bei Renovierung eines Flachdachs ist ein solches Gefälle häufig schwer ohne Anpassungsarbeiten zu realisieren. Tatsächlich führt die Ausführung einer Neigungsform zu einer höheren Dachbelastung und erfordert eine Erhöhung der Ränder. Wasseransammlungen können vermieden werden, wenn man in der Planungsphase eine Neigung vorsieht, die den Dachdetails entspricht (z.B. Höhe der Stürze, Abläufe).

Auch bei korrekt geplanten und realisierten Flachdächern sind kleine Wasserpfützen unvermeidbar. Wir haben demnach berechnet, dass bei einer Neigung von 2 % geringe Wasseransammlungen in einem Bereich von 20 cm rund um die 4 mm breiten Überlappungen der abdichtenden Abdeckung entstehen können.

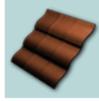
Beträgt die Neigung 5 %, ist ein Bereich von 8 cm mit Wasser bedeckt. Die Erfahrung hat uns jedoch gezeigt, dass die heutigen Abdichtungen nicht anfällig sind für beschleunigten Verschleiß, wenn sich dort Wasser ansammelt. Wasseransammlungen sind infolgedessen kein Argument, um bei der Abnahme eines Dachs einen Vorbehalt einzuräumen. ■



**Referenzwerte für die Ebenheitstoleranzen von Dachböden bei normaler Ausführung.**

	Verschweißen oder loses Verlegen einer Dampfsperrefolie oder einer Bitumenabdichtung	Verkleben mit heißem Bitumen oder Kaltverkleben einer Dampfsperrefolie oder einer Bitumenabdichtung	Verlegen einer Dampfsperrefolie oder einer synthetischen Abdichtung	Verlegen der Isolierschicht		
				Zellglas	EPS/EPB/PUR/PF	Mineralfolle
a ≤	10 mm	12 mm	10 mm	3 mm/0,6 m	10 mm	12 mm

Bei der Kontrolle von Toleranzen bei einem schrägen Dach wird häufig die Ebenheit der Dachdeckung in Frage gestellt. Aufgrund der Tatsache, dass die Referenzdokumente keinerlei konkrete Anforderungen in Bezug auf die Optik der kompletten Dachdeckung spezifizieren, bleibt die Kontrolle subjektiv und hängt von der Gleichmäßigkeit der Dachschräge ab. Demzufolge werden Mängel bei der Ebenheit bei geringerer Neigung wesentlich deutlicher sichtbar.



## 1 TOLERANZEN

Wenn die verschiedenen Produktnormen die Toleranzen im Hinblick auf die Optik der Dachdeckungselemente (z.B. Pfannen und Schiefer) definieren, so präzisiert doch keine von ihnen die Art und Weise, wie die Realisierung einer Dachdeckung *in situ* kontrolliert wird. Die Praxis zeigt aber, dass die Optik maßgeblich von den Abweichungen am Träger (Dachstuhl), von den Toleranzen auf die Pfannen oder Schiefer und von der Qualität der Ausführung bestimmt wird.

Bei der Realisierung des Dachstuhls empfiehlt es sich daher, von Beginn an auf die geltenden Toleranzen zu achten. Die zulässigen **Niveauabweichungen** zwischen den Befestigungspunkten der Pfannen, Sparren oder Dachbinder können mit nachfolgender Formel

berechnet werden:

$$G = \pm (10 + A/2000)$$

wobei:

- G = die zulässige Niveauabweichung (im rechten Winkel zur Dachneigung gemessen) (in mm)
- A = der Abstand zwischen den Befestigungspunkten der Pfannen, Sparren oder Dachbinder (A1 oder A2 in Abbildung 1) (in mm).

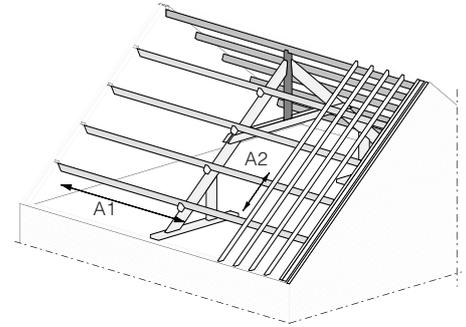
Strengere Anforderungen werden nötig, wenn man die Optik der Dachdeckung aus Falzpfannen, Flachpfannen oder Flachschiefer garantieren möchte, nämlich:  $G = \pm (5 + A/4000)$ . Beispielsweise kann man rechnen, dass für Elemente einer flachen Dachdeckung die zulässige Abweichung zwischen zwei Sparren mit einem Abstand von 400 mm bei 5,1 mm liegt.

In Bezug auf die zulässige **Biegung** der Holzelemente, vermerkt die Norm NBN B 03-003, dass die maximale Deformation  $1/350$  der Spannweite für Dächer, deren Innenseite verputzt ist, entspricht und  $1/250$  für Dächer, die nicht mit einer Innenverkleidung ausgestattet werden. Die Optik kann garantiert werden, wenn die zulässige Deformation  $1/300$  der Spannweite nicht überschreitet. Der Dachdecker kann sich diesen letzten Wert für die Kontrolle eines mit Pfannen bestückten Dachstuhls zunutze machen und kann ab dem Zeitpunkt der Überschreitung dieses Wertes die notwendigen Maßnahmen ergreifen.

Die **Toleranzen auf die Pfannen und Schiefer** sind, wie bereits erwähnt, der entsprechenden Produktnorm zu entnehmen. Die Norm NBN EN 1304 legt die maximale Ebenheitsabweichung bei 2 % für Pfannen mit einer Länge von oder unter 300 mm und bei 1,5 % für län-

# Elegant, aber vor allem dicht

Abb. 1 Schematische Darstellung der zulässigen Niveauabweichungen.



gere Pfannen fest. Die Norm NBN EN 1024 präzisiert ihrerseits die anzuwendende Messmethode für die Kontrolle der Toleranzen.

Die zukünftige TI zum Thema Dachdeckung mit Pfannen beschäftigt sich u.a. mit einer Toleranz für die **Ausrichtung von Pfannen**. Die Abweichung im Vergleich zur theoretischen Linie darf nicht über  $1/8 \sqrt{l}$  liegen (l entspricht der Länge der fraglichen Linie in cm). Die maximale Abweichung im Vergleich zur theoretischen vertikalen Linie beträgt zum Beispiel 11 mm, wenn der Abstand zwischen der Firstlinie und der Trauffinie 6 m ist.

## 2 EMPFEHLUNGEN FÜR DAS SONDERLASTENHEFT

Bei der Renovierung einer Pfannendachdeckung ist es empfehlenswert, in den Vertragsdokumenten festzulegen, in welchem Maße die Ebenheits- oder Niveauabweichungen des alten Dachstuhls reduziert werden müssen, bevor man mit der Verlegung der Pfannen beginnt. ■



### REFERENZDOKUMENTE

- TI 195, TI 219 und die nächste TI zu Pfannendachdeckungen
- NBN EN 490, NBN EN 491, NBN EN 492, NBN EN 1024 und NBN EN 1304, NBN B 44-001
- STS 34



Photo : Koramic

Abb. 2 Korrekt verlegte Pfannen.



Abb. 3 Kontrolle der Biegung einer Dachdeckung.

Die Maßtoleranzen und die Optik der Schreinerarbeiten im Innern und außen haben große Bedeutung und dies nicht nur aus funktionellen Gründen, wie z.B. Abdichtung gegen Wasser durch die Schreinerarbeiten außen, sondern auch aus ästhetischen Gründen. Schreinerarbeiten sind ein Teilbereich der Fertigstellung und ihnen muss daher unter Berücksichtigung der Herstellungs- und Verlegungstoleranzen große Aufmerksamkeit zukommen.



# Funktionalität und Optik, zwei wichtige Elemente

Dieser Artikel behandelt die wichtigsten belgischen Referenzdokumente, die sich mit den Herstellungs- und Ausführungstoleranzen und den optischen Kriterien von Schreinerarbeiten sowie den Abweichungen hinsichtlich dieser Toleranzen beschäftigen. Eine Unterscheidung wird hierbei zwischen Schreinerarbeiten im Außenbereich (z.B. Fensterrahmen) und im Innenbereich (Parkett oder Innentüren, ...) gemacht.

Wir kommentieren auch die Vorschriften, die in die Vertragsdokumente aufgenommen werden könnten, um Missverständnisse bei der Abnahme der Bauwerke zu vermeiden. Die so genannten Tore ‚für Waren und Fahrzeuge‘, die in Industrie-, Gewerbe- und Werkstattkomplexe eingebaut werden, werden in diesem Artikel nicht behandelt.

## 1 REFERENZDOKUMENTE

Es ist generell möglich, zwischen Maßtoleranzen und Kriterien zu unterscheiden, die in Bezug zur Optik der Bauwerke stehen (siehe Tabelle 1). Die Erstgenannten behandeln hauptsächlich die Abweichungen bei der Herstellung und Verlegung der Elemente, während die zweiten maßgeblich die mit der Optik einhergehenden Eigenheiten von Schreinerarbeiten aus Holz (Astlöcher, Verlauf der Maserung, ...) sowie die Farbnuancen von Schreinerarbeiten aus Metall oder synthetischem Material betreffen. Die Toleranzen für die Farbtonvariationen von geschweißten oder

eloxierten Elementen werden ihrerseits im Artikel auf Seite 22 dargestellt, der sich mit Malerarbeiten beschäftigt.

## 2 TOLERANZEN

### 2.1 PARKETT

Zunächst muss daran erinnert werden, dass Holz ein sehr saugfähiges Naturmaterial ist, d.h. dass es seinen Feuchtigkeitsgehalt an die Bedingungen anpasst, in denen es liegt (relative Luftfeuchtigkeit der Umgebung, Baufeuchte im Untergrund, ...). Mit der Anpassung gehen auch **Abmessungsschwankungen** einher (Biegen, Zusammenziehen oder Ausdehnen des Parketts), deren Ausmaß wesentlich vom Umfang der Schwankungen im Feuchtigkeitshaushalt des Holz abhängt. Es empfiehlt sich daher zu berücksichtigen, dass die nachfolgend für Parkett genannten Maßtoleranzen, aber auch jene für Türen, nur dann anzuwenden sind, wenn der Feuchtigkeitsgehalt im Holz innerhalb angemessener Grenzen bleibt. Tabelle 2 greift weitere Anforderungen in Bezug auf das Verbiegen in der Breite der Dielen (*Cup*) vor Verlegung auf. Man muss sich dessen bewusst sein, dass ein massiveres Verbiegen nach dem Verlegen auftreten kann, vor allem wenn das Holz zahlreichen Maßvariationen unterliegt.

Bezüglich der **Ebenheits- und Niveautoleranzen** eines Parketts, gehen wir prinzipiell davon

aus, dass sich bei verklebtem oder schwimmendem Verlegen die Maßabweichungen des Untergrunds auf die Verkleidung auswirken. Wir möchten deshalb hier auf den Artikel verweisen, der sich mit Estrich beschäftigt (S. 8), dem gebräuchlichsten Untergrund für Parkett.

Die **Herstellungsabweichungen** der Elemente sowie die unvermeidbaren Deformationen, die mit den Schwankungen im holzeigenen Feuchtigkeitshaushalt einhergehen, haben zur Konsequenz, dass die Fugenöffnungen zwischen den Brettern oder Dielen variieren können (siehe Tabelle 3). Die möglichen Abweichungen auf die Maße der Bretter werden in den entsprechenden Normen dargestellt (z.B. NBN EN 13226 für Parkett mit Nut und Feder und NBN EN 13489 für mehrlagiges Parkett).

Bezüglich der **optischen Kriterien** der Parkett dielen (sichtbare Astlöcher, Kratzer, ...) kann auf die Normen NBN EN 13226 und 13489 sowie für Massivholz-Lamparkett auf die Norm NBN EN 13227 zurückgegriffen werden. Die in diesen Normen verwendeten Klassifizierungen finden sich in der belgischen Praxis allerdings selten wieder. Man greift hier meist auf nachfolgende Bezeichnungen zurück:

- extra/Wahl I
- erste/Wahl II
- rustikal - 1 ff/Wahl III
- rustikal AB/Wahl IV.

Diese Bezeichnungen ergeben sich haupt-

**Tabelle 2 Anforderungen für das Verbiegen in der Breite der Parkett dielen.**

Art der Holzverkleidung	Cup (% der Breite)
Bretter, Parkett mit Nut und Feder	± 0,5 %
Mehrlagiges Parkett, Verkleidung von Furnierböden	± 0,2 %

**Tabelle 1 Referenzdokumente nach Toleranzart.**

Toleranzart	Schreinerarbeiten außen	Schreinerarbeiten innen
Maßtoleranzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NBN EN 1529, NBN EN 1530, NBN B 25-002-1</li> <li>• STS 52.1, STS 52.2, STS 52.3, STS 53.1</li> <li>• TI 127, TI 188</li> <li>• Vorschriften Aluminium Center Belgium</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NBN EN 1529, NBN EN 1530, NBN EN 13226, NBN EN 13489</li> <li>• STS 53.1</li> <li>• TI 198, TI 218</li> </ul>
Optische Kriterien	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NBN EN 942, NBN EN 14220</li> <li>• STS 52.1, STS 52.2, STS 52.3</li> <li>• Vorschriften 'Qualicoat' für Lackierungen und 'Qualanod' für Eloxierungen</li> </ul>	NBN EN 942, NBN EN 14221

**Tabelle 3 Ausführungstoleranzen.**

Bodentyp	Maximal zulässige Fugenbreite	
	Mittelwert	Maximal pro Fuge
Verklebt	1,0 %/ℓ (*)	1,5 %/ℓ (*)
Vernagelt	1,5 %/ℓ (*)	2,0 %/ℓ (*)
Schwimmend verlegt	1 mm	2 mm

(\*) ℓ = Breite der Bretter.

**Tabelle 4 Empfehlungen für Farbtonnuancen bei PVC-Profilen.**

Messzeitpunkt	Weißes PVC-Profil	Farbiges PVC-Profil
Bei Lieferung	$\Delta E_{Lab} \leq 1,0$ $\Delta L \leq 1,0 \Delta a \leq 0,5 \Delta b \leq 0,8$	$\Delta E_{Lab} \leq 3,0$
Farbstabilität nach natürlicher Alterung von 2 Jahren	$\Delta E_{Lab} \leq 1,0$ (*)	$\Delta E_{Lab} \leq 3,8$

(\*) Die STS 52.3 geben keinerlei Empfehlung für weißes PVC. Alterungstests im Labor mit aktuellen Profilmodellen haben jedoch keine Farbtonvariationen aufgewiesen, wodurch nach unserer Einschätzung die Verwendung eines Kriteriums, das dem bei Lieferung entspricht, möglich ist.

sächlich aus der mehr oder weniger hervor-gehobenen Farbtonvariation, der Säugung der Dielen und dem Auftreten von klebenden oder morschen Astlöchern. Bei Eichendielen muss man beispielsweise wissen, dass die Farbtonvariationen typischerweise auftreten und häufig nachgefragt werden, um den natürlichen Charakter des Belags zu unterstreichen. Für nähere Informationen hinsichtlich der Eigenheiten der erlaubten Optik verweisen wir auf die entsprechenden Normen sowie auf die TI 218.

**2.2 FENSTER- UND TÜRRAHMEN**

Die **Herstellungs- und Verlegungstoleranzen** von Schreinerarbeiten im Außenbereich werden in einem im WTB-Kontakt 2008/3 veröffentlichten Artikel ausführlich behandelt. Sie basieren im Wesentlichen auf den durch die STS 52 und STS 53 definierten Klassen. Diese Toleranzen finden auch für Innentüren Anwendung.

Hinsichtlich der **optischen Kriterien** dürfen die Schreinerarbeiten aus Metall und PVC in geschlossener Position keinerlei mechanische Verformung, Bläselungen, Flecken, Kratzer oder sonstige Defekte bei einer Kontrolle aufweisen, die aus 2 m Abstand, senkrecht zur Oberfläche und bei diffusem Licht (bedeckter Himmel draußen und ohne künstliche Beleuchtung innen) durchgeführt wird. Bei Oberflächen, die erst nach dem Öffnen sichtbar werden, sind Mängel insofern akzeptabel, als sie kein funktionelles Problem darstellen.

Die Farbtonnuancen der PVC-Profile im Vergleich zu der im Sonderlastenheft spezifizierten Referenzfarbe werden mit Hilfe eines Kolorimeters gemessen und müssen mindestens den in Tabelle 4 dargestellten Empfehlungen entsprechen.

Die optischen Kriterien für Holzschreinerarbeiten sind in der Norm NBN EN 942 klassifiziert. Diese beschreibt die Grenzwerte für die Eigenheiten von Holz für Schreinerarbeiten in Bezug auf die vereinbarte Optikkategorie. Die Normen NBN EN 14220 und 14221 legen ihrerseits die Basisanforderungen für Holz fest, das sowohl für den Innen- als auch den Außenbereich (mit der Ausnahme von Parkett) genutzt wird. Es handelt sich hierbei um Klassen, die durch die Norm NBN EN 942 definiert sind. Sie unterscheiden die so genannte ‚sichtbare‘, ‚verborgene‘ (d.h. in geschlossener Position nicht sichtbare) und ‚unsichtbare‘ Fläche je nach Art der geplanten Fertigstellung (siehe Photo unten). Bei Holz, das in einer Schreinerei verarbeitet wird und das für eine abdeckende Endbearbeitung (z.B. Anstrich) vorgesehen ist, muss man weniger anspruchsvoll bezüglich der holzeigenen optischen Eigenschaften sein. Diese Anforderungen müssen jedoch auf nationaler Ebene festgelegt werden und müssen in Anlagen aufgeführt sein, was allerdings bis heute noch nicht der Fall ist.

Allgemein ist es wichtig, die Eigenheiten in ihrer Gesamtheit zu betrachten, d.h. unter Berücksichtigung des funktionellen Charakters des Elements (z.B. Luft- und Wasserdichtigkeit) sowie der Eigenschaften der später getragenen Endbearbeitung. Bei Abweichungen an der Holzmaserung (siehe Photo) muss zunächst geprüft werden, ob dies nicht zu Verformungen führen kann, die möglicherweise die Luft- und Wasserdichtigkeit des Bauelements beeinflussen.

Die STS 52.1 präzisieren die Eigenheiten, die für äußere Fensterrahmen berücksichtigt werden können, indem sie sich auf die Klassifizierung der Norm NBN EN 942 beziehen. Sie listen auch die Mängel auf, die nicht tolerierbar sind. Diese können zum Gegenstand von Re-

paraturen werden, insofern diese möglich und in den Vertragsdokumenten vorgesehen sind.

**3 VORSCHRIFTEN DER VERTRAGSDOKUMENTE**

Zu den Themen Maßabweichungen und optische Eigenschaften muss das Sonderlastenheft die Dokumente nennen, an denen man sich orientieren sollte. Bei Parkett ist es angezeigt, die Wahl zu benennen, der die optischen Eigenheiten der Dielen entsprechen müssen und in jedem Fall die Farbtonvariationen zu berücksichtigen, die der Natur des Materials häufig innewohnen.

Wenn Bezug auf die technischen Spezifikationen STS genommen wird, empfiehlt es sich, die gewünschten Maßtoleranzklassen zu präzisieren und dabei die funktionellen Eigenschaften des Elements zu berücksichtigen. Ist es im Fall von PVC-Profilen gewünscht, die Farbtonabweichungen bei Lieferung und/oder nach Alterung zu begrenzen, so muss die chromatische Referenz der gewünschten Farbe im Sonderlastenheft erwähnt werden.

Für die optischen Eigenheiten von Holzschreinerarbeiten kann auf die Normen NBN EN 942, 14220 und 14221 verwiesen werden. Es empfiehlt sich in diesem Fall, die minimalen Eigenschaftsklassen zu präzisieren, die im Hinblick auf die vorgesehene Endbearbeitung erforderlich sind. Aufgrund fehlender Spezifikationen erscheint es uns als gängig, dass die am wenigsten strenge Klasse (J50) angewendet wird, insofern die optischen Eigenheiten die funktionellen Eigenschaften der Schreinerarbeit (z.B. Luft- und Wasserdichtigkeit durch größere Verformungen) nicht beeinträchtigen und keinen unzureichenden Zustand für die Durchführung der Enbearbeitung darstellen. ■

**Schreinerarbeiten im Außenbereich mit transparenter Endbearbeitung.**



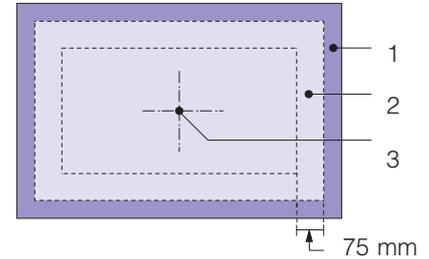
Die moderne Architektur schmückt sich mit den Möglichkeiten von lichtdurchlässigen/transparenten Wandelementen, die eine natürliche Beleuchtung des Gebäudes möglich machen, aber den Nutzer oder Besucher auch über bestimmte Lichtspiele durch das Gebäude ‚leiten‘. Die Maßtoleranzen und die optischen Toleranzen sind von besonderer Bedeutung – sowohl aus funktionellen Gründen, als auch aus ästhetischen Gesichtspunkten.



# Erhellendes zur Glasabnahme

## 2 OPTISCHE KRITERIEN

Die Einschätzung der Fehler und der zulässigen Unvollkommenheiten bei Einfachverglasungen (Brennung, Härtung, Aushärtung, Verbund, Wölbung, Lagen, Coating und Sandstrahlung) sowie bei Isolierverglasungen die aus mehreren einfachen Glasscheiben aufgebaut sind, kann gemäß den Empfehlungen der Nota VGI 03 vorgenommen werden.



(siehe Schema oben):

- die Oberfläche S (i.e. die so genannte Tagesoberfläche), die der Glasfläche entspricht, die nicht von der Falz verdeckt ist
- die Anzahl laufender Meter der Verglasung (Umfang des Glasrandbereichs)
- den verdeckten Bereich (1), den Randbereich (2) und den zentralen Bereich (3).

Dieser Artikel behandelt die wichtigsten belgischen Referenzdokumente, die sich mit den Herstellungs- und Verlegungstoleranzen und den optischen Kriterien von Verglasungen sowie den Abweichungen hinsichtlich dieser Toleranzen beschäftigen.

## 1 REFERENZDOKUMENTE

Es ist generell möglich, zwischen Maßtoleranzen und Kriterien zu unterscheiden, die in Bezug zur Optik der Bauwerke stehen. Die Maßtoleranzen behandeln im Wesentlichen die Maßabweichungen, die mit der Herstellung des Bauwerks sowie mit der Verlegung einhergehen. Im Nachfolgenden konzentrieren wir uns ausschließlich auf die optischen Kriterien von Glasprodukten.

Die Maßabweichungen bei Doppelverglasungen und die entsprechenden Toleranzen für einfache Glasscheiben finden sich in der TI 214 und den in Tabelle 1 genannten Normen wieder.

Das Dokument definiert:

- die Überprüfungsbedingungen:
  - von innen nach außen (so genannte Überprüfung durch ‚Inaugenscheinnahme‘), mit einem Abstand von 2 m, ohne direkte Sonneneinstrahlung und bei natürlichen Lichtverhältnissen
  - von außen nach innen (so genannte Überprüfung durch ‚Reflexion‘), aus einem Abstand von 5 m
- die Fehlerarten (siehe Tabelle 2):
  - punktuelle Mängel wie Flecken, Blasen, Einschlüsse ...
  - lineare Mängel wie Kratzer und Haarrisse (nicht mit Nagel fühlbar)
- die betroffenen Oberflächen und Maße

## 3 EMPFEHLUNGEN FÜR DAS SONDERLASTENHEFT

Um bei der Abnahme des Bauwerks jedes Missverständnis zu vermeiden, gibt das Sonderlastenheft deutlich die Dokumente an, auf die sich der Auftraggeber beziehen möchte. ■

Tabelle 1 Referenzdokumente.

Thema	Referenzdokumente
Maßtoleranzen	NBN S 23-002, NBN EN 572-1 bis 9, NBN EN 1279-1, NBN EN 12150-1, NBN EN 1863-1, NBN EN ISO 12543-5 und TI 214
Optische Kriterien	Nota Verband der Glasindustrie (VGI) 03 'Abnahmemethoden und Kriterien für die Optik von transparentem Glas für Gebäude'

Tabelle 2 Übersicht der zulässigen Mängel.

Durch die Falz verdeckter Bereich				
Im vom Falz verdeckten Bereich sind sowohl Schuppungen als auch punktuelle und lineare Mängel erlaubt.				
Randbereich				
PUNKTUELLER MANGEL			LINEARER MANGEL	
S ≤ 1 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup> < S ≤ 3 m <sup>2</sup>	S > 3 m <sup>2</sup>	Haarrisse	Kratzer
Max. 4 Mängel mit Durchmesser ≤ 3 mm	Die Anzahl der Mängel mit Durchmesser ≤ 3 mm muss unter oder gleich zu Anzahl laufender Meter der Verglasung sein	Die Anzahl der Mängel mit Durchmesser ≤ 3 mm muss unter oder gleich zu Anzahl laufender Meter der Verglasung sein und max. 1 Mangel darf zwischen 3 und 5 mm liegen	Zulässig, wenn nicht konzentriert	Kumulierte Gesamtlänge von 90 mm mit einer max. Länge pro Kratzer von 30 mm
Zentraler Bereich				
PUNKTUELLER MANGEL			LINEARER MANGEL	
S ≤ 1 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup> < S ≤ 3 m <sup>2</sup>	S > 3 m <sup>2</sup>	Haarrisse	Kratzer
Max. 2 Mängel mit Durchmesser ≤ 2 mm	Max. 3 Mängel mit Durchmesser ≤ 2 mm	Max. 5 Mängel mit Durchmesser ≤ 2 mm und max. 1 Mangel mit Durchmesser ≤ 5 mm	Zulässig, wenn nicht konzentriert	Kumulierte Gesamtlänge von 45 mm mit einer max. Länge pro Kratzer von 15 mm
Randbereich und zentraler Bereich				
Punktuelle Mängel unter 1 mm, wenn nicht konzentriert, d.h. max. 4 Mängel in einem Kreis mit Durchmesser von 50 mm				

**F**ür eine saubere Fertigstellung von Innenputz und Gipsplattenwänden sind die Ausführungstoleranzen sowie der Fertigstellungsgrad von wesentlicher Bedeutung. Hinsichtlich der Putz- und Verfugarbeiten im Außenbereich muss zudem auf maßgebliche Farbtonvariationen geachtet werden, da diese die Optik des gewünschten Fassadenergebnisses beeinträchtigen können.



## 1 INNENPUTZ

Die Maßtoleranzen und die optischen Abweichungen bei Innenputz variieren je nach Art der geplanten Fertigstellung und der Ausleuchtung der Oberfläche. Putz, der gestrichen werden soll, ist generell häufiger anfällig für Diskussionen.

In Bezug auf Putz, der gestrichen werden soll, hängt das Endergebnis stark von den vorbereitenden Arbeiten des Malers und den Anforderungen des Sonderlastenheftes ab und zwar im Hinblick auf die Fertigstellung des Putzes und auf den Ausführungsgrad der Malerarbeiten. Da sowohl der normale als auch der spezielle Fertigstellungsgrad eine bestimmte Zahl von Unregelmäßigkeiten in der Oberfläche zugesteht, muss der Maler generell umfassende Vorbereitungsarbeiten ausführen, um den Zustand der fertigen Oberfläche zu erreichen, der in der TI 159 definiert ist.

### 1.1 OPTISCHE KRITERIEN

Vor Beginn der Arbeiten muss der Auftraggeber überprüfen, ob die zulässigen Ausführungstoleranzen für den Putzuntergrund eingehalten wurden. Die Kontrolle der Optik muss immer vor Durchführung der eventuellen Fertigstellung und bei natürlichem Licht, mit bloßem Auge und aus einem Abstand von 2 m erfolgen.



#### REFERENZDOKUMENTE

- Innenputz:
  - TI 199, TI 201
  - *Les Dossiers du CSTC*, Nr. 2008/3.12
  - NBN EN 13914-2
- Außenputz:
  - TI 209
  - NBN EN 13914-1
- Gipsplattenwände und abgehängte Decken:
  - TI 232, TI 233
  - prEN 15303-1
- Verfugarbeiten:
  - TI 208
  - Infomerckblatt Nr. 25

# Balance zwischen Untergrund und Fertigstellung

Die TI 199 unterscheidet zwei Fertigstellungsgrade für glatten Innenputz, nämlich den normalen und den speziellen Fertigstellungsgrad.

Der normale Fertigstellungsgrad lässt vier Unregelmäßigkeiten pro 4 m<sup>2</sup> Oberfläche zu (lokale, unregelmäßig polierte Bereiche mit max. 0,5 dm<sup>2</sup>, Verputzstreifen, Sandkörner), während der zweite Grad nur zwei Unregelmäßigkeiten zulässt. In beiden Fällen sind 2 Welligkeiten auf einer Länge von 2 m zulässig.

### 1.2 MASSTOLERANZEN

Sieht das Sonderlastenheft eine Kontrolle der Putzstärke vor, dann muss die gemittelte tatsächliche Putzstärke mindestens der beschriebenen Stärke entsprechen und dabei mindestens die nachfolgenden zulässigen Abweichungen berücksichtigen:

- 2 mm für Putz mit einer nominale Gesamtstärke zwischen 6 und 10 mm
- 20 % der nominalen Stärke für Putz mit einer nominalen Stärke über 10 mm
- bei Spritzputz (Stärke ≤ 3 mm), wird die Stärke nicht kontrolliert, aber die gesamte Fläche muss verputzt sein.

Die Tabellen 1 und 2 geben einen Überblick über die zulässigen Ebenheitsabweichungen und Winkelfehler (siehe Abbildung 1).

Gemäß TI 199, darf die lotrechte Abweichung einer Oberfläche oder einer Kante maximal wie folgt betragen:

- ± 8 mm auf eine Höhe von 2,5 m (Etagenhöhe) bei normalem Fertigstellungsgrad
- ± 5 mm auf eine Höhe von 2,5 m für einen speziellen Fertigstellungsgrad.

Die TI 199 bestimmt außerdem:

- Die Festlegung des Ausführungsgrads in den vertraglichen Bestimmungen und, falls dies nicht der Fall ist, die Anwendung des normalen Grads.
- Die Aussage ‚fertig für Anstrich‘ stellt keine eindeutige Definition für die Fertigstellung eines Putzes dar, da sie nicht den Ausführungsgrad der endgültigen Innenverkleidung präzisiert.

**Tabelle 2 Zulässige Ebenheitsabweichung [mm].**

Fertigstellungsgrad	Kontrolle mit einem Lineal von 0,2 m	Kontrolle mit einem Lineal von 2 m
Normal	2,0 mm	5,0 mm
Spezial	1,5 mm	3,0 mm

**Abb. 1 Kontrolle der Winkelhaltigkeit.**



### 1.3 EMPFEHLUNGEN FÜR DAS SONDERLASTENHEFT

Um Diskussionen nach Abschluss der Arbeiten zu vermeiden, ist es wichtig, dass das Sonderlastenheft den gewünschten Fertigstellungsgrad erwähnt.

## 2 AUSSENPUTZ

Zur Sicherung der Dauerhaftigkeit empfiehlt es sich, bei der Ausführung von Außenputz, der auf Mauerwerk oder Isolierstoffe (ETICS) aufgebracht wird, auch ausreichend auf die bestehenden Baudetails zu achten. Es ist ebenso wichtig, sicher zu stellen, dass in Bezug auf Ebenheit, vertikale Lage und Farbton des Putzes die Ausführung den vorgesehenen Anforderungen entspricht.

### 2.1 TOLERANZEN

#### 2.1.1 Maßtoleranzen

Die für Außenputz vorgesehenen Toleranzen hängen von den Toleranzen für den Untergrund sowie von der Art und Fertigstellung

**Tabelle 1 Zulässige Winkelfehler [mm].**

Länge L [cm]	Zulässige Abweichung [mm]
L ≤ 25	0; + 3
25 ≤ L ≤ 50	0; + 5

**Tabelle 3 Toleranzklassen für Außenputz.**

Toleranz	Außenputz			Bedeutungsgrad (°)
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	
Ebenheit • unter einem Lineal von 2 m • unter einem Lineal von 0,2 m	5 2	8 4	10 5	a b
Lotrechte Position (vertikale Lage)	8 mm / 2,5 m	8 mm / 2,5 m	8 mm / 2,5 m	b
Horizontale Lage der Linien: • $d \leq 3 \text{ m}^{(1)}$ • $3 < d \leq 6 \text{ m}$ • $6 < d \leq 15 \text{ m}$	8 12 16	8 12 16	8 12 16	b
Geradlinigkeit der Linien	5 mm / 2 m	8 mm / 2 m	5 mm / 2 m	a
Winkelfehler (Fensterwangen)	5 mm / 0,5 m	5 mm / 0,5 m	5 mm / 0,5 m	b
Vorhandene sichtbare Breite an den Wangen	5 mm	5 mm	8 mm	a

(<sup>1</sup>) In Ermangelung von Vorschriften sind nur die Kriterien mit Bedeutung 'a' zu überprüfen.  
 (<sup>2</sup>) d = Distanz zwischen zwei Punkten auf der Linie.

des vorgesehenen Putzes ab. Die TI 209 unterscheidet in diesem Zusammenhang die nachfolgenden Putzarten:

- **Typ 1:** mineralischer Putz oder Harzputz mit geringer Stärke (einlagig) und feiner Struktur
- **Typ 2:** glatter Putz, fein verstrichen, möglicherweise als Untergrund zum Streichen gedacht
- **Typ 3:** dicker mineralischer Putz, wie Kratzputz oder dekorativer Rauputz.

Je nach der für die Verputzarbeiten gewünschten Ausführung gibt es drei Toleranzklassen. Definieren die Vertragsdokumente keine Klasse, dann findet generell die Klasse 2 Anwendung für die Putztypen 1 und 2. Der Putztyp 3 gehört zur Toleranzklasse 2 oder 3. Tabelle 3 präzisiert die zulässigen Abweichungen je Toleranzklasse.

**2.1.2 Farbtonvariationen**

Die für den Farbton des Außenputzes zulässigen Abweichungen werden von den Werten abgeleitet, die für architektonischen Beton gelten. Der visuelle Aspekt kann objektiv durch Messung der Farben mit Hilfe eines

Kolorimeters bewertet werden. Zu diesem Zweck berechnet man für jeden der beiden Bereiche die Abweichungen ( $\Delta E$ -Wert) zwischen den Mittelwerten von sechs Messungen, die gleichmäßig verteilt über die Oberfläche durchgeführt werden.

Gemäß den neuesten technischen Vorschriften für Sichtbetonfassaden (PTV 21-601), darf der  $\Delta E$ -Wert maximal 10 Einheiten für normal ausgeführte Arbeiten erreichen. Ist aber eine speziellere Behandlung vorgesehen, dann darf der Unterschied nur bei 5 Einheiten liegen. Da diese Kriterien nicht immer die Kundenzufriedenheit garantieren, ist davon die Rede, die Anforderungen zu erhöhen und die Bewertung der Putzfarbe nach RAL-Farbsystem vorzunehmen (analog zu den Anforderungen in TI 216).

**2.2 IM SONDERLASTENHEFT ZU PRÄZISIERENDE HINWEISE**

Es ist empfehlenswert, die gewünschten Toleranzen im Sonderlastenheft zu präzisieren. Für

**Tabelle 4 Zulässige Abweichungen bei der Ausführung von Gipsplattenwänden und abgehängten Decken.**

Abweichungen bei ...	Normalklasse	Spezialklasse	prEN 15303-1	
			Niveau 1	Niveau 2
der Ebenheit • unter einem Lineal von 2 m • unter einem Lineal von 0,2 m	4,0 mm 1,5 mm	2,0 mm 1,0 mm	5 mm 2 mm	8 mm 3 mm
der vertikalen Lage ( <sup>1</sup> ) (Stockhöhe $\pm 2,50 \text{ m}$ )	$\pm 6 \text{ mm}$	$\pm 4 \text{ mm}$	$\pm 5 \text{ mm}$ (Höhe 2,50 m)	
der horizontalen Lage	2 mm / m (max. 20 mm)		2 mm / m (max. 20 mm)	
der Winkelabweichung ( <sup>2</sup> ) • $L \leq 25$ • $25 < L \leq 50$	0 ; + 3 mm 0 ; + 5 mm		-	

(<sup>1</sup>) Für größere Höhen ist eine zusätzliche Toleranz von  $\pm 2 \text{ mm/m}$  (max. 20 mm) erlaubt.  
 (<sup>2</sup>) L = Länge in cm.

die Putztypen 1 und 3 wird Toleranzklasse 1 empfohlen.

Es wird außerdem dazu geraten, den Wert  $\Delta E$  vorab zu spezifizieren, der für die mögliche Bewertung der Farbtonvariationen Anwendung findet. In diesem Zusammenhang machen zu strikte Anforderungen keinen Sinn, da Außenputz unvermeidlich von den Ausführungsbedingungen (z.B. klimatische Verhältnisse) abhängig ist.

**3 GIPSPLATTENWÄNDE UND ABGEHÄNGTE DECKEN**

Gipsplattenwände und abgehängte Decken müssen einer Reihe von **Leistungsanforderungen** entsprechen, die in Verbindung zur Stabilität, Feuerbeständigkeit, Wärme- und Schallisolierung etc. stehen (siehe TI 232 und 233). Der Fertigstellungsgrad und die Ausführungstoleranzen bei Gipsplattenwänden und abgehängten Decken wirken sich zudem maßgeblich auf ihre endgültige Ausgestaltung aus.

**3.1 TOLERANZEN**

Vor der Ausführung von Gipsplattenwänden empfiehlt es sich zu kontrollieren, ob die Bodenoberfläche ausreichend eben ist (siehe Ebenheitstoleranzen für Böden auf S. 7, für Estrich und Bodenbeläge aus Keramikfliesen auf S. 18). Der Bodenbereich darf keine Biegung aufweisen, die über der in der Norm NBN B 03-003 beschriebenen liegt.

Tabelle 4 zeigt die **Ausführungstoleranzen** für Gipsplattenwände und abgehängte Decken, die gelten, wenn keine diesbezüglichen Hinweise in den Vertragsdokumenten enthalten sind.

Neben den Ausführungstoleranzen gibt es in Belgien drei **Fertigstellungsgrade** (F1, F2 und F3) für die Verkleidung von Gipsplatten (siehe Tabelle 5). Der Fertigstellungsgrad F2 hat zwei Unterbereiche, nämlich F2a und F2b.

**Abb. 2 Beispiel ETICS.**



Der Grad F2a wird angewendet, wenn in den Vertragsdokumenten keine Spezifikationen vermerkt sind.

Wenn abgehängte Decken oder Gipsplattenwände gestrichen werden sollen, dann muss der Fertigstellungsgrad an die Art des Anstrichs sowie an die für die Malerarbeiten notwendigen Vorbereitungsarbeiten (siehe Tabelle 6) angepasst werden. Ist aufgrund der Position der Wand oder der Decke schräg einfallendes Licht gegeben, dann sollte man sich vorzugsweise für Fertigstellungsgrad 3 entscheiden.

### 3.2 EMPFEHLUNGEN FÜR DAS SONDERLASTENHEFT

Idealerweise ist im Sonderlastenheft die Toleranzklasse (normal oder spezial) genannt, die bei der Ausführung der Gipsplattenwände und der abgehängten Decken erzielt werden muss. Um jegliche spätere Diskussion zu vermeiden, empfiehlt es sich das gewünschte Fertigstellungsniveau auf die Art der Endausführung (z.B. Fliesen oder Anstrich) auszurichten. Wenn die abschließende Schicht auf Mauern und Decken ein Anstrich sein soll, dann ist es

**Tabelle 5** Empfohlener Fertigstellungsgrad für Gipsarbeiten je nach der Art der Verkleidung.

Art der geplanten Verkleidung	Fertigstellungsgrad der Gipsplatten		
	F1	F2	F3
Fliesen oder Paneele	X	–	–
Wandverkleidung mit rauer oder halbrauer Struktur	–	X	–
Wandverkleidung mit feiner Struktur	–	X	–
Glatte oder strukturierte glänzende Wandverkleidung (Tapete mit Metall- oder Vinyl-Anstrich)	–	–	X
Strukturputz oder Stuck	–	X	–

**Tabelle 6** Empfohlener Fertigstellungsgrad für Gipsarbeiten je nach der Art des Anstrichs.

Art des Anstrichs	Fertigstellungsgrad der Platten			Vorbereitungsstufe gemäß TI 159		
	F1	F2	F3	Grad I	Grad II	Grad III
Matter und/oder strukturierter Anstrich	–	X	–	X	–	–
	–	X	–	–	X	–
Satinierter Anstrich	–	X	–	–	–	X
	–	–	X	–	X	–
	–	–	X	–	–	X
Glänzender Anstrich (*)	–	–	X	–	–	X
Normales Anforderungsniveau, anzuwenden bei fehlenden besonderen Vorgaben im Lastenheft.						
Spezielles Anforderungsniveau, im Lastenheft zu beschreiben.						
(*) Bei glänzendem Anstrich ist die Beachtung des höchsten Anforderungsniveaus erforderlich.						

empfehlenswert, den Grad der Fertigstellung im Hinblick auf die Farbart zu bestimmen.

## 4 VERFUGARBEITEN

Die Optik eines Mauerwerks hängt nicht nur von der Qualität des eigentlichen Mauerwerks, sondern auch von der der Fugen ab. Es versteht sich von selbst, dass die Maßtoleranzen der Verfugarbeiten größtenteils von den Ausführungstoleranzen und Maßtoleranzen des Mauerwerks abhängen (siehe S. 5, 9 und 10).

Auch die Farbe der Fugen kann eine wichtige Rolle spielen. Um Farbtonvariationen auszuweichen, vermeidet man das ‚aufwärts‘ verfügen und verwendet man für die Neuverfugung vorzugsweise einen Fertigmörtel.

### 4.1 TOLERANZEN

Bei der Abnahme der Verfugarbeiten wird nicht nur die diesbezüglich anwendbare **Maßtoleranz** berücksichtigt (siehe Artikel zum Thema Rohbau, S. 6), sondern auch die möglichen Farbtonvariationen (siehe Abbildung 3).

**Abb. 3** Farbtonvariationen an den Fugen.



Die **Farbtonvariationen** bei Mörtelfugen können mit Hilfe eines Kolorimeters objektiv beurteilt werden. Hierzu berechnet man für jeden der beiden Bereiche die Abweichungen zwischen den Mittelwerten von sechs Messungen, die gleichmäßig verteilt über die Oberfläche durchgeführt werden. Wenn durch die Farbtonvariationen Ränder entstehen, dann wird ein Gesamt- $\Delta E$ -Wert von 5 Einheiten empfohlen; ohne Ränder sind 10 Einheiten zulässig.

Bei der Abnahme von Verfugarbeiten kann es vorkommen, dass die Stabilität der Fugen ebenfalls beanstandet wird, wenn der Mörtel nicht hart genug ist. Im Zweifelsfall kann die Härte getestet werden, indem man mit einem Metallgegenstand die Fugen ankratzt.

Objektiver kann die **Fugenhärte** mit einem Sklerometer gemessen werden. Die Messergebnisse einer solchen Überprüfung müssen dennoch stets mit einer gewissen Vorsicht interpretiert werden. Tatsächlich zeigt ein Mörtel, der Zement als einziges Bindemittel hat, eine größere Druckfestigkeit (und daher auch eine größere Härte) als ein Mischmörtel auf, ohne dass er deswegen beständiger ist.

Tabelle 7 zeigt die in den Niederlanden geltenden Mindestkriterien für die Verwendung eines ‚TNO‘-Sklerometers.

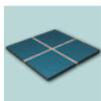
### 4.2 IM SONDERLASTENHEFT ZU PRÄZISIERENDE HINWEISE

Neben den Richtlinien zur Zusammensetzung des Fugenmörtels, sollte das Sonderlastenheft Empfehlungen für die zulässigen Farbtonabweichungen beinhalten. ■

**Tabelle 7** Mindestkriterien für die Verwendung eines ‚TNO‘-Sklerometers.

Belastungsklasse (*)	Min. Härte
A (Innenklima)	25
B und C (normale oder starke Belastung in Außenklima)	35
(*) Diese Belastungsklassen werden in § 2.1.1 der TI 208 erläutert.	

Als Synonym für den technologischen Fortschritt (einfache Ausführung und verbesserte Haftung) haben die Techniken der Verlegung auf dünner Kleberschicht jedoch auch zur Folge, dass den Maßtoleranzen des Untergrunds und den Herstellungsabweichungen der Fliesen eine wesentlich höhere Bedeutung zukommt.



# Kombinierte Toleranzen

## 1 ESTRICH

Der Estrich dient generell als Untergrund für Bodenbeläge. Dabei spielt die Optik des Estrichs keine besondere Rolle. Er muss aber den Anforderungen an Niveau und Ebenheit (sowie den mechanischen Eigenschaften) in der Form entsprechen, dass das Verlegen des endgültigen Bodenbelags problemlos erfolgen kann. Bei Glatterstrich, der sichtbar bleiben soll (z.B. Belag für Industrieböden) finden die Anforderungen der TI 204 Anwendung (siehe Artikel zum Thema Rohbau, S. 6).

### 1.1 TOLERANZEN

Die *Niveau- und Ebenheitstoleranzen von Estrich*, der mit einem Bodenbelag versehen wird, sind in Tabelle 1 und 2 zusammengefasst. Darüber hinaus präzisiert die TI 189:

- Werden im Sonderlastenheft zu Niveau- und Ebenheitsklassen keine Aussagen gemacht, dann findet Klasse 2 Anwendung.
- Für großformatige Fliesen (Länge oder Breite  $\geq 30$  cm) empfiehlt es sich, die Ebenheitsklasse 1 vorzuschreiben. Die gleiche Empfehlung kann auch bei verklebtem Parkett angewendet werden; bei Fliesen oder Dielen mit sehr großen Abmessungen kann sogar ein noch strengeres Anforderungsniveau nötig sein.

Abstand d zwischen jedem Punkt des Estrichs und dem nächstgelegenen markierten Niveau	Zulässige Abweichungen	
	Klasse 1 (streng)	Klasse 2 (normal)
$d \leq 3$ m	$\pm 6$ mm	$\pm 8$ mm
$3 \text{ m} < d \leq 6$ m	$\pm 8$ mm	$\pm 12$ mm
$6 \text{ m} < d \leq 15$ m	$\pm 10$ mm	$\pm 14$ mm

**Tabelle 1**  
Niveautoleranzen des fertigen Estrichs.

Ebenheitsklasse	Ebenheitstoleranzen des Estrichs je nach der Länge des Lineals	
	1 m	2 m
Klasse 1 (streng)	2 mm	3 mm
Klasse 2 (normal)	3 mm	4 mm
Klasse 3 (großzügig)	5 mm	6 mm

**Tabelle 2**  
Ebenheitstoleranzen des Estrichs je nach der Länge des Lineals.

### 1.2 EMPFEHLUNGEN FÜR DAS SONDERLASTENHEFT

Um nachgelagerte Reklamationen zu vermeiden, ist es erforderlich, dass das Sonderlastenheft auf folgendes hinweist:

- die zulässige Toleranzklasse für Niveau und Ebenheit.
- das Niveau des fertigen Estrichs, um überprüfen zu können, ob die erforderliche Stärke der verschiedenen Lagen eingehalten werden kann.
- mögliche Neigungen. Letztere müssen auf den Plänen mit einem Hinweis versehen werden, der den Sinn und die Bedeutung der Neigung sowie die einzuhaltenden Niveaus zeigt (z.B. Türschwellen, Abläufe, Gruben-gitter, ...). Wenn der Ablauf von Flüssigkeiten gefordert ist, dann muss die Neigung zum Ablauf oder zur Rinne hin mindestens 10 mm/m betragen.

## 2 BODENBELÄGE AUS KERAMIK- ODER NATURSTEINFLIESEN FÜR DEN INNENBEREICH

Da harte Bodenbeläge grundsätzlich praktisch sein müssen, ist es wichtig, während der gesamten Ausführung auf die Ebenheit und die Abweichungen zwischen benachbarten Fliesen zu achten. Um auch den ästhetischen Aspekt sicherzustellen, gelten für bestimmte Bodenbelagsarten zusätzliche Anforderungen.

### 2.1 NIVEAU UND EBENHEIT

Die Niveau- und Ebenheitstoleranzen für Bodenbeläge werden hauptsächlich durch die *Verlegetechnik* (siehe Tabellen 3 und 4) und durch den Abstand zwischen dem Messpunkt und dem nächstgelegenen *markierten Niveau* (siehe Tabelle 4, S. 18) bestimmt.



### REFERENZDOKUMENTE

- Estrich:
  - TI 189, TI 193, TI 204
- Bodenbeläge aus Keramikfliesen oder Naturstein:
  - TI 213, TI 228 und TI 237
  - Infomerkblatt Nr. 19 und 25
  - NBN EN 12057, NBN EN 12058, NBN EN 14411
- Böden auf Harzbasis:
  - TI 216
- Doppelböden:
  - TI 230
  - NBN EN 12825
- Wandfliesen aus Keramik und Naturstein:
  - TI 227
  - NBN EN 14411 und NBN EN 12057

**Tabelle 3** Ausführungstoleranz auf die Ebenheit der Bodenfliesen.

Traditionelle Verlegung oder Verlegung auf frischem Estrich	Verklebte Verlegung	
	Klasse 1 (streng)	Klasse 2 (normal)
$\pm 2$ mm	$\pm 3$ mm	$\pm 4$ mm

**Tabelle 4** Niveautoleranzen für den fertigen Bodenbelag.

Abstand d zwischen jedem Messpunkt und dem nächstgelegenen markierten Niveau [m]	Toleranz auf das Niveau [mm]		
	Verlegung in Mörtel oder frischem Estrich	Verklebte Verlegung	
		Klasse 1 (streng)	Klasse 2 (normal)
$d \leq 3$ m	$\pm 2$	$\pm 6$	$\pm 8$
$3 \text{ m} < d \leq 6$ m	$\pm 4$	$\pm 8$	$\pm 12$
$6 \text{ m} < d \leq 15$ m	$\pm 8$	$\pm 10$	$\pm 14$

**Tabelle 5 Ebenheitstoleranz bei Natursteinfliesen [% der Abmessung].**

Stärke der Natursteinfliesen (d) (*)		
d ≤ 12 mm (NBN EN 12057)		d > 12 mm (NBN EN 12058)
Nicht kalibriert	Kalibriert	
± 0,15%	± 0,1%	± 0,2 % und max. ± 3 mm

(\*) Diese Toleranzen gelten nicht für großformatige Fliesen.

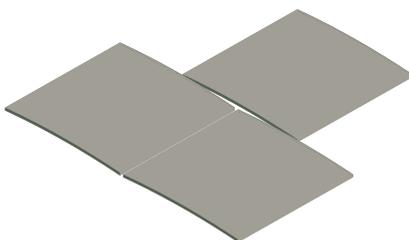
**Abb. 1 Hohe Ebenheitsabweichung bei Keramikfliesen.**



Zudem stehen Niveau und Ebenheit des Belags bei verklebten Fliesen in direkter Verbindung zu **Niveau und Ebenheit des Estrichs** (siehe § 1). Die Ebenheit des Belags wird darüber hinaus von der **Ebenheit der Fliesen** (maßtechnische und geometrische Eigenschaften und Toleranzen auf die Ebenheit der Fliesen, siehe Tabelle 5) beeinflusst. Die Ausführungstoleranzen müssen infolgedessen mit den Fliesentoleranzen (siehe S. 5) kombiniert werden.

In Bezug auf die Ebenheitstoleranz der Fliesen stellen wir fest, dass jene für Keramikfliesen relativ großzügig gefasst sein kann (siehe TI 237) und noch großzügiger für großformatige Fliesen (in der Größenordnung von 0,5 % der Länge der Fliesendiagonale, siehe Abbildung 1). Wir empfehlen daher, sich immer für großformatige Fliesen zu entscheiden, die strengeren Ebenheitsanforderungen entsprechen (in der Größenordnung von 0,2 % der Länge der Fliesendiagonale).

**Abb. 2 Im Kreuz ausgelegte Fliesen.**



**Tabelle 6 Maßtoleranzen bei Natursteinfliesen.**

Stärke der Natursteinfliesen (d)					
d ≤ 12 mm (NBN EN 12057)		d > 12 mm (NBN EN 12058)			
Nicht kalibriert	Kalibriert	Dimension < 600 mm		Dimension ≥ 600 mm	
		d ≤ 50 mm	d > 50 mm	d ≤ 50 mm	d > 50 mm
± 1 mm	± 0,5 mm	± 1 mm	± 2 mm	± 1,5 mm	± 3 mm

**2.2 ABWEICHUNGEN ZWISCHEN BENACHBARTEN FLIESEN**

Abweichungen zwischen Fliesen werden nicht nur durch die Sorgfalt der Arbeit beeinflusst, sondern auch durch die tatsächlichen Toleranzen bei der Ebenheit und Stärke der Fliesen.

Die **Ausführungstoleranz** ist abhängig von der Fugenbreite zwischen den Fliesen. Sie liegt bei 1 mm für Fugenbreiten ≤ 6 mm und bei 2 mm für breitere Fugen.

Entsprechend der **Ebenheitstoleranzen** sind die **tatsächlichen Stärketoleranzen** der Fliesen manchmal sehr groß (vor allem wenn es sich um dickere Natursteinplatten handelt). Um Abweichungen zwischen benachbarten Fliesen zu reduzieren, empfiehlt es sich, Fliesen auszusuchen, die strengeren Ebenheits- und Stärketoleranzen entsprechen. Für die zulässigen Abweichungen bei der Stärke von Keramikfliesen verweisen wir auf Tabelle 9 der TI 237.

Es wurde außerdem festgestellt, dass die Anordnung die Abweichungen zwischen den Fliesen beeinflussen kann. So bilden Anordnungen mit im Kreuz ausgelegten Fliesen generell eine Ursache für größere Abweichungen (vor allem wenn die Platten gewellt sind, siehe Abbildung 2).

Die **Kombination** von Ausführungstoleranz und Herstellungstoleranzen ergibt nach dem auf Seite 5 dargestellten Prinzip einen statistischen Wert für die zulässige Abweichung zwischen benachbarten Fliesen. Diese Argumentation erlaubt es jedoch nicht, größere Abweichungen einzuklammern. Dieses Prinzip bezieht sich nämlich auf die charakteristischen Werte für Toleranzen bei Fliesen,

**Tabelle 7 Ausführungstoleranz auf die Breite der Fugen.**

Natursteinfliesen		Keramikfliesen
Typ Marmor (¹)	Typ Standard (²)	
± 0,25 mm	± 0,50 mm	± 1 mm

(¹) Speziell für eine Baustelle hergestellte Fliesen.  
(²) Fliesen aus Massenproduktion.

während die tatsächlichen Abweichungen bei einigen Fliesen größer sein können.

**2.3 FUGENBREITE**

Die nominale Breite der Fugen darf nie unter dem Zweifachen der Maßtoleranz der Fliesen liegen. Wenn die Maßtoleranz der Fliesen beispielsweise ± 2 mm beträgt, dann darf für die Fugenbreite kein Wert unter 4 mm vorgesehen werden, da ansonsten das Risiko für Verschiebungen der Fliesen (siehe Abbildung 3) wächst.

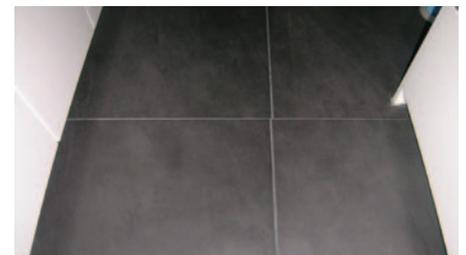
Zur Bestimmung der Toleranz auf die Fugenbreite muss man nicht nur die **Ausführungstoleranz** (siehe Tabelle 7), sondern auch die **in situ** gemessenen tatsächlichen Abweichungen bezüglich der **Fliesenabmessungen** berücksichtigen (siehe Tabelle 6 für Fliesen aus Naturstein und TI 237 für Keramikfliesen).

**2.4 AUSRICHTUNG DER FUGEN**

Die Ausrichtung der Fugen zwischen den Fliesen hängt ab von der **Ausführungstoleranz** (1 mm für Natursteinfliesen und 2 mm für Keramikfliesen) und der realen Toleranz auf die **Abweichungen in Maß und Form** der Fliesen (strikteste Toleranz auf die Abmessungen der Fliesen und Toleranz auf die Geradlinigkeit und/oder Winkelhaltigkeit der Ränder). Eine Fliese darf auf keinen Fall die Fuge zerstückeln, wenn die nominale Breite der Fuge an die Herstellungs- und Ausführungstoleranzen angepasst wurde (siehe Abbildung 3).

In Bezug auf Natursteinfliesen (Stärke ≤ 12 mm) enthält die Norm NBN EN 12057 nur eine Toleranz für die Winkelhaltigkeit der

**Abb. 3 Verschiebung der Fliesen.**



Fliesen (0,15 % der Herstellungsabmessungen für nicht kalibrierte Fliesen und 0,10 % für kalibrierte Fliesen). Tabelle 9 der TI 237 gibt einen Überblick über die Toleranzen für die Winkelhaltigkeit und Geradlinigkeit der Ränder bei Keramikfliesen gemäß der Norm NBN EN 14411.

## 2.5 OPTIK DER FLIESEN

Aufgrund des natürlichen Charakters von Steinplatten sind optische Unterschiede unvermeidbar. Um lange Diskussionen nach Abschluss der Arbeiten zu vermeiden, empfiehlt es sich, sich auf ein ‚vertragliches‘ Muster zu einigen (siehe Norm NBN EN 771-6). Dazu wählt man drei Muster aus, von denen eines die gemittelte Optik und die beiden anderen die zulässigen Extreme deutlich macht (im Hinblick auf Farbtonvariationen, Adern, Flecken, ...). Bei der Abnahme reicht es dann aus zu überprüfen, ob die Optik der Platten innerhalb der Bandbreite liegt, die die vertraglichen Muster festlegen.

Bei **Keramikfliesen** mit einheitlichem Farbton können eventuell Farbmessungen durchgeführt werden, um die Farbtonvariationen zu quantifizieren (siehe Infomerkblatt Nr. 25). Diese Variationen dürfen einen vorab vereinbarten Toleranzwert bzw. bei fehlendem Referenzwert einen  $\Delta E_{\text{cmc}}$ -Wert von 0,75 nicht überschreiten. Derartige Farbtonvariationen sind mit bloßem Auge kaum zu erkennen. Allerdings können leichte Variationen nicht ausgeschlossen werden, wenn die Fliesen aus verschiedenen Chargen stammen.

Die Kontrolle der Optik der verlegten Fliesen muss immer aus Mannshöhe (mindestens 1,5 m), mit bloßem Auge und bei natürlicher Beleuchtung (kein Gegenlicht oder schräg einfallendes Licht) erfolgen.

## 2.6 EMPFEHLUNGEN FÜR DAS SONDERLASTENHEFT

- Bei der Auswahl der Fliesen sollte sich der Bauherr für Fliesen entscheiden, die ziemlich strengen Toleranzen entsprechen.
- Bei verklebter Verlegung empfiehlt es sich, für den Estrich die ‚strengen‘ Anforderungen festzulegen, vor allem dann, wenn es sich um großformatige Fliesen handelt (Seitenlänge  $\geq 30$  cm).
- Es muss immer darauf geachtet werden, dass die nominale Breite der Fugen den Maßtoleranzen der Fliesen Rechnung trägt.
- Die Niveaus müssen präzise festgelegt werden und müssen die ‚festen‘ Anschlusspunkte berücksichtigen (z.B. Stufen).
- Um nachträgliche Diskussionen zu vermeiden, empfiehlt es sich, vorab deutliche ästhetische Anforderungen zu formulieren.
- Durch Verlegung in einer Anordnung, bei der die Fugen in beiden Richtungen durch-

**Tabelle 8 Niveautoleranzen bei Doppelböden.**

Abstand (d) im Vergleich zum nächstgelegenen markierten Niveau	Toleranz auf das Niveau [mm]
$d \leq 3$ m	$\pm 8$
$3 \text{ m} < d \leq 6$ m	$\pm 12$
$6 \text{ m} < d \leq 15$ m	$\pm 16$
$15 \text{ m} < d \leq 30$ m	$\pm 18$
$d > 30$ m	$\pm 20$

gängig verlaufen, vermeidet man die ausgeprägten Niveauunterschiede, die bei wechselnden Fugen auftreten können und dämmt man die Rissbildung in den Fugen zwischen den Fliesen ein.

## 3 BÖDEN AUF HARZBASIS

Das Verlegen von Böden auf Harzbasis muss auf einem ausreichend bindenden Untergrund ausgeführt werden. Die Haftung bei direkter Zugauswirkung auf den Untergrund muss über 1,5 N/mm<sup>2</sup> bei steifen Systemen, über 1 N/mm<sup>2</sup> für rissüberbrückende Harzbeläge und über 0,6 N/mm<sup>2</sup> bei Steinteppichen liegen. Betonplatten entsprechen generell diesen Bedingungen und sind infolgedessen ein perfekter Untergrund. Aufgrund ihrer geringen Stärke sind die Toleranzen bei Bodenbelägen auf Harzbasis (Niveau, Ebenheit) häufig direkt von den Eigenschaften des Untergrunds abhängig. Im Folgenden gehen wir von einem Betonuntergrund aus.

### 3.1 NIVEAU UND EBENHEIT

Die Niveau- und Ebenheitstoleranz bei harzbasierten Bodenbelägen entspricht der Niveau- und Ebenheitstoleranz von Industrieböden auf Zementbasis (siehe Artikel zum Thema Rohbau, S. 6).

### 3.2 FARBE

Bezüglich der Farbauswahl bei harzbasierten Böden orientiert man sich am RAL-Farbsystem. Mit Hilfe eines Kolorimeters kann den Unterschied zwischen der Belagfarbe und der gewünschten RAL-Farbe berechnet werden (siehe auch TI 216).

### 3.3 EMPFEHLUNGEN FÜR DAS SONDERLASTENHEFT

Es wird empfohlen, die gewünschte RAL-Farbe sowie die für den Untergrund vorgesehene Ebenheitsklasse im Sonderlastenheft deutlich zu beschreiben.

**Tabelle 9 Ebenheitstoleranzen bei Doppelböden.**

Ebenheitsklasse	Ebenheitstoleranz [mm/2 m]
Klasse 1 (streng)	$\pm 3$
Klasse 2 (normal)	$\pm 4$
Klasse 3 (großzügig)	$\pm 6$

## 4 DOPPELBÖDEN

### 4.1 NIVEAU

Die Niveautoleranzen bei Doppelböden sind in Tabelle 8 im Vergleich zum nächstgelegenen markierten Niveau wiedergegeben.

### 4.2 EBENHEIT

Die Toleranz auf die Ebenheit bei Doppelböden setzt sich aus der Ausführungstoleranz und den tatsächlichen Abweichungen bei der Ebenheit der Paneele zusammen.

Bei nassen Hohlböden entspricht die **Ausführungstoleranz** der Ebenheitstoleranz des Estrichs (3 Klassen, siehe Tabelle 9). Bei umsetzbaren Böden und trockenen Hohlböden verwendet man entweder die normalen oder strengen Toleranzen (Klasse 1 und 2 aus Tabelle 9).

In Bezug auf die **Ebenheitsabweichung** der Paneele bestimmt die Norm NBN EN 12825, dass eine vertikale Verbiegung nicht über  $\pm 0,3$  mm betragen darf, bzw. entsprechend  $\pm 0,6$  mm für Paneele der Klassen 1 und 2.

### 4.3 ABWEICHUNGEN ZWISCHEN BENACHBARTEN PANEELN

Wie bei Fliesen, so hängen auch hier die Abweichungen einerseits von der **Ausführungstoleranz** und andererseits von der **tatsächlichen Ebenheits-** und **Stärketoleranz** der Paneele ab (siehe S. 5 für die Kombination dieser Toleranzen). Die Ausführungstoleranz liegt bei 1 mm. Gemäß der Norm NBN EN 12825 kann die maximale Abweichung bei der Stärke der Paneele bei  $\pm 0,3$  mm liegen, bzw. entsprechend bei  $\pm 0,5$  mm für Paneele der Klassen 1 und 2.

### 4.4 EMPFEHLUNGEN FÜR DAS SONDERLASTENHEFT

Es empfiehlt sich, im Sonderlastenheft die gewünschte Ebenheitsklasse zu spezifizieren und sich für die Paneele zu entscheiden, deren Maßabweichungen gering sind (Klasse 1).

**5 WANDBELÄGE AUS KERAMIK- UND NATURSTEINFLIESEN**

In der gleichen Art wie Bodenbeläge aus Fliesen, spielen auch bei Wandbelägen aus Keramik- oder Natursteinfliesen die Maßtoleranzen und die Optik eine große Rolle, da sie der dekorierende Abschluss für die zu verkleidende Wand sind. Die Qualität der fertigen Arbeit hängt von den Ebenheitstoleranzen des Untergrunds, den Maßtoleranzen der Fliesen selbst und der bei der Ausführung angewandten Sorgfalt ab.

**5.1 TOLERANZEN**

Die zulässigen Toleranzen für Wandbeläge aus Keramik- und Natursteinfliesen werden in Tabelle 10 zusammengefasst.

Sie werden in drei Klassen unterteilt:

- die Klasse R1.1: spezielle Ausführung
- die Klasse R1.2: herkömmliche Ausführung
- die Klasse R2: funktionelle Ausführung.

Fehlen im Sonderlastenheft entsprechende Angaben, dann findet Klasse R1.2 Anwendung und werden ausschließlich die Toleranzen mit Bedeutungsgrad ‚a‘ kontrolliert (siehe Tabelle 10). Klasse R1.1 kann nur dann eingehalten werden, wenn die Toleranzen des Untergrunds angepasst wurden.

Zur Berechnung der Gesamttoleranz empfiehlt es sich, diesen Werten die tatsächlichen Herstellungstoleranzen der verlegten Fliesen hinzuzufügen (siehe NBN EN 12057 für Naturstein- und NBN EN 14411 für Keramikfliesen). Wir weisen darauf hin, dass die nach der europäischen Norm NBN EN 14411 zulässigen Maßtoleranzen keine Ausführung möglich machen, die den in unserem Land geltenden ästhetischen Anforderungen Rechnung trägt. Es ist daher ratsam, sich für Fliesen zu entscheiden, die die strengen Maßtoleranzen der Norm einhalten (Ebenheitstoleranz in der Größenordnung von 0,2 % der kontrollierten Abmessung oder geringer bei großformatigen Fliesen). Bestimmte Anordnungen (z.B. im Verbund mit wechselnden Fugen) erschweren oder verhindern eine gute Ausführung bei Fliesen mit großzügigen Ebenheitstoleranzen.

Die TI 227 führt aus, dass bei Verkleidungen die Auswahl der Toleranzklasse im Hinblick auf die Niveauanforderungen des Bauherrn und die Umgebungsbedingungen (z.B. schräg einfallendes Licht) bestimmt werden muss. Sie zeigt ebenfalls an, dass darauf zu achten ist, dass die Abnahme und Kontrolle der verlegten Fliesen stets bei natürlichem Licht, mit bloßem Auge und einem Mindestabstand von 1,5 m erfolgen muss und nie bei schräg einfallendem Licht oder Gegenlicht stattfinden darf. Die Toleranzen dürfen nur mit Messgeräten gemessen werden, die dazu

geeignet sind ein Ergebnis zu liefern, anhand dessen bestimmt werden kann, in welchem Maße die fertigen Arbeiten den beschriebenen Anforderungen entsprechen bzw. nicht entsprechen.

Der Planer oder Auftraggeber muss bei der Abnahme des Untergrunds überprüfen, ob die diesbezüglichen Ausführungstoleranzen eingehalten wurden. Der Fliesenleger selbst überprüft ob der Untergrund seinen Erwartungen entspricht und ob dieser es möglich macht, die Arbeiten konform zum gewünschten Anforderungsniveau auszuführen.

**5.2 EMPFEHLUNGEN FÜR DAS SONDERLASTENHEFT**

Um nachgelagerte Diskussionen zu vermeiden, ist es wichtig, dass das Sonderlastenheft auf folgende Punkte hinweist:

- die Toleranzklasse für die fertigen Arbeiten, die abhängig von der zulässigen Toleranzklasse für den Untergrund definiert wird.
- die Toleranzen auf die Fliesen. Vorzugsweise wird im Fall von großformatigen Keramikfliesen ein Anforderungsniveau festgelegt, dass über dem in der Norm erwähnten liegt.
- die nominale Breite der Fugen; dieser Wert darf nicht unter dem Zweifachen der Maßtoleranz auf die Fliesen liegen. ■

**Tabelle 10 Zulässige Toleranzen auf Wandbeläge aus Keramik- und Natursteinfliesen.**

Toleranzen		Klasse R1.1	Klasse R1.2	Klasse R2	Bedeutungsgrad (¹)
Ebenheit (²): unter einem Lineal von 2 m unter einem Lineal von 0,2 m		3 mm 1,5 mm	5 mm 2 mm	8 mm – (¹)	a a (⁷) – b
Vertikale Lage (²)		1/12 $\sqrt[3]{h}$ (cm) (³)	1/8 $\sqrt[3]{h}$ (cm) (³)	–	b
Horizontale Lage (²): d ≤ 3 m (⁴) 3 m < d ≤ 6 m 6 m < d ≤ 15 m		8 mm 12 mm 16 mm	8 mm 12 mm 16 mm	– (¹)	b
Geradlinigkeit der Kanten und Ausrichtung der Fugen		1 mm/2 m	2 mm/2 m	2 mm/2 m	a
Fugenbreite (⁶)	Naturstein	0,5 mm (2 mm ≤ Fuge ≤ 6 mm)	0,5 mm (2 mm ≤ Fuge ≤ 6 mm)	– (¹)	b
	Sonstige (z.B. Keramik)	0,5 mm (2 mm ≤ Fuge ≤ 6 mm)	1 mm (2 mm ≤ Fuge ≤ 6 mm)		
Abweichungen zwischen den Fliesen		1 mm (2 mm ≤ Fuge ≤ 6 mm)	1,5 mm (2 mm ≤ Fuge ≤ 6 mm)	– (¹)	b

(¹) Die strengen Eigenschaften des Bedeutungsgrads 'b' werden nicht herangezogen, wenn sie nicht in den Vertragsdokumenten genannt werden. Sie finden darüber hinaus keine Anwendung auf die Toleranzklasse R2 (funktionelle Ausführung).  
 (²) Für eine Fliesenverlegung auf dünnen Lagen (Kleb mortel oder Kleber) entsprechen die Ebenheitstoleranz, die Toleranz auf die Geradlinigkeit und die Toleranz auf die vertikale Lage (z.B. Winkel, Kante) denen des Untergrunds. Gegebenenfalls kann ein doppeltes Verkleben oder die Verwendung einer dicken Kleb mortelschicht dazu führen, dass für bestimmte Fälle kleinere Korrekturen vorgenommen werden können.  
 (³) 'h' ist die Höhe der gefliesten Oberfläche in cm.  
 (⁴) 'd' ist der Abstand zwischen zwei Punkten auf einer Linie.  
 (⁵) Falls die Fliesen nicht die gesamte Höhe oder Breite einer Wand bedecken, so kann sich die Toleranz auf die Geradlinigkeit der Linien speziell auf die Verlegung der Fliesen beziehen und unabhängig sein vom Untergrund. In diesem Fall erleichtert der Einsatz eines durchgehenden ad hoc-Kantenprofils die Einhaltung der sehr strengen Toleranzen.  
 (⁶) Je nachdem, ob die Ränder der Fliesen abgerundet oder gerade sind, sind strenge Toleranzen auf die Fugenbreite möglicherweise mehr oder weniger schwer einzuhalten. Variationen in der Fugenbreite sind jedoch weniger sichtbar, wenn die Farbe der Fugen der der Fliesen entspricht.  
 (⁷) Für die Toleranzklasse R1.1 muss der Bedeutungsgrad 'a' für die Ebenheit des Belags unter einem Lineal von 0,2 m angenommen werden.

**A**ufgrund ihrer geringen Stärke können weder weiche Wand- und Bodenbeläge noch Malerarbeiten wesentlich zum Ausgleich von Unregelmäßigkeiten im Untergrund beitragen. Die Toleranzen auf die fertige Arbeit sind demzufolge eng mit den Toleranzen des Untergrunds verbunden.



# Der Untergrund ist entscheidend

**Abb. 1** Weicher Bodenbelag, durch den der Untergrund noch sichtbar ist.



## 1 WEICHE WAND- UND BODENBELÄGE

Bei weichen Bodenbelägen wird die Optik hauptsächlich von der Ebenheit, dem Verbund, der Rauheit, dem möglichen Auftreten von Rissen und der Porosität des Untergrunds bestimmt (siehe Abbildung 1).

Im Falle weicher Wandverkleidungen beeinflussen vor allem die horizontale Lage von Boden und/oder Decke die Optik des Belags und/oder die vorbereitenden Arbeiten. Die vertikale Lage und die Rechtwinkligkeit der Mauern sind in diesem Zusammenhang ebenfalls von maßgeblicher Bedeutung.

### 1.1 TOLERANZEN

Da weiche Wand- und Bodenbeläge keine Maßabweichungen ausgleichen können, müssen für diese Elemente die gleichen Toleranzen wie für den Untergrund angewendet werden (siehe Artikel zum Thema Estrich, S. 18, und zu Putzarbeiten, S. 15).

Die Kontrolle der Optik dieser Beläge darf nie bei Gegenlicht oder schräg einfallendem Licht erfolgen. Die Abnahme muss bei Tageslicht, mit bloßem Auge und rechtwinklig zu der zu kontrollierenden Fläche aus einem Abstand von mindestens 1,5 m für Bodenbeläge und 2 m für Wandbeläge erfolgen.

**Abb. 2** Bei manchen Motiven ist es schwierig, die Bahnen miteinander abzustimmen.



Es wird darauf hingewiesen, dass sogar die strengsten Ebenheitstoleranzen für einige Arten von Belägen (z.B. ultra-brillanter Lack) und/oder unter bestimmten Bedingungen (z.B. indirekte Beleuchtung) noch zu großzügig sein können. Selbst wenn man vor der Verlegung eines trittfesten Bodenbelags eine Ausgleichsschicht aufträgt, um Mängel in der Oberfläche des Untergrunds auszugleichen, kann es immer noch dazu kommen, dass auch noch kleinste Unebenheiten sichtbar bleiben (z.B. bei Licht, das durch große Glasflächen schräg einfällt).

Es empfiehlt sich auf jeden Fall, die Umsetzung der Tapetenbahnen (oder der Fliesen) vor der Verlegung des weichen Wand- oder Bodenbelags zu vereinbaren. Hier sollte der Schwerpunkt der Argumentation einerseits auf dem ökonomischen (höherer Abfallanteil), andererseits auf dem ästhetischen Aspekt liegen.

Bei Wandbelägen mit Motiven muss u.a. dar-

auf geachtet werden, dass diese Motive über die Bahnen hinweg perfekt zueinander passen, um so den gewünschten dekorativen Effekt zu erzielen (siehe Abbildung 2).

### 1.2 EMPFEHLUNGEN FÜR DAS SONDERLASTENHEFT

Bei der Auswahl des Belags ist es ratsam, die Nutzungsbedingungen und die Erwartungen in Sachen endgültiger Optik des Bauwerks zu berücksichtigen. Einige Mängel in der Oberfläche sind beispielsweise weniger sichtbar (vor allem bei schräg einfallendem Licht), wenn man sich für einen matten Belag mit Motiven und/oder Struktur entscheidet.

Die Auswahl eines weichen Bodenbelags muss darüber hinaus im Hinblick auf die vorgesehene Nutzung erfolgen. Man sollte sich dementsprechend für einen Belag entscheiden, der der Nutzung trotzten kann bzw. für einen Belag mit Motiv, der die Folgen der Nutzung besser kaschiert.

Um mögliche spätere Streitigkeiten zu vermeiden, sollte man schließlich im Vorhinein die Verlegung der Tapetenbahnen (oder Fliesen) vereinbaren.

## 2 MALERARBEITEN

Wie jeder Art der Endbearbeitung, so muss man auch Malerarbeiten ganz besondere Aufmerksamkeit zukommen lassen. Denn die Zufriedenheit des Kunden bezieht sich nicht nur auf die Funktionalität und Haltbarkeit der Malerarbeiten, sondern auch – und vor allem – auf den ästhetischen Aspekt.

Obwohl es nicht immer möglich ist, alle Unregelmäßigkeiten zu überdecken (z.B. Abweichungen in der Brillanz oder Orangenhaut-effekt), so muss doch sichergestellt werden, dass der Gesamteindruck der Malerarbeiten zufriedenstellend ist.

Hier daher einige Regeln und Prinzipien, die generell für die Kontrolle von Malerarbeiten angewendet werden.

## 2.1 MASSTOLERANZEN DES UNTERGRUNDS

Aufgrund ihrer geringen Stärke können Malerarbeiten keine Maßtoleranzen des Untergrunds ausgleichen. Diese hängen demzufolge maßgeblich von den Toleranzen des Untergrunds ab.

Die Vorbereitung des Untergrunds ist eine entscheidende Phase der Arbeiten, wenn man die Qualität und Einheitlichkeit der Optik der Malerarbeiten garantieren möchte (siehe Abbildung 3). Das Ausmaß der vorbereitenden Arbeiten (Säubern, Grundieren, Schmirgeln, Vorstreichen, ...) hängt nicht nur vom Untergrund, sondern auch von der Art der Malerarbeiten und dem gewünschten Ausführungsgrad ab (siehe TI 159 für allgemeine Malerarbeiten und TI 233 für Malerarbeiten auf Platten).

## 2.2 KONTROLLE DER OPTIK

Die Endbearbeitung darf nur mit bloßem Auge, bei normalen Lichtverhältnissen und aus einem Abstand von mindestens 2 m für den Innenbereich und 3 m für den Außenbereich kontrolliert werden (\*).

Die Tabelle oben gibt einen Überblick über die Qualicoat-Vorgaben in Bezug auf die Kontrolle von Malerarbeiten auf einem Untergrund

## Qualicoat-Vorgaben für die Kontrolle von Anstrichen, Lacken und Pulverbeschichtungen auf Aluminium.

Kontrollmethode	Kriterium
Mit einem Abstand von 3 m, im Winkel von 60°	Es dürfen keine Unregelmäßigkeiten, wie massive Rauheit, Farbnasen, Bläselungen, Einschlüsse, Krater, matte Bereiche, kleine Löcher und Kratzer, sichtbar sein.
Mit einem Abstand von mindestens 3 m (innen) oder 5 m (außen)	Die Lackschicht, der Farbton und die Brillanz sind einheitlich. Die Deckung muss ausreichend sein.

aus Aluminium, die in einer Werkstatt durchgeführt wurden.

## 2.3 FARBTONVARIATIONEN

Gemäß der Norm NBN EN ISO 3668 muss die Kontrolle der Farbtonvariationen immer bei natürlichem, gestreutem Licht erfolgen: Direkte Sonneneinstrahlung ist demzufolge ausgeschlossen und der zu kontrollierende Bereich muss einheitlich beleuchtet sein.

Wird mit bloßem Auge keine maßgebliche Farbtonvariation festgestellt, dann gilt die Ausführung als akzeptiert. Im entgegengesetzten Fall ist es möglich, die Farbtonvariationen objektiv mit Hilfe eines Kolorimeters zu bewerten.

Das Hauptproblem bei dieser Methode ist, dass es keine Kriterien gibt, anhand derer man den gemessenen  $\Delta E$ -Wert beurteilen kann. Die Normen NBN EN 12206-1 und NBN EN 13438 führen nur aus, dass sich die Farbe des Belags innerhalb der Grenzen der vereinbarten Farben bewegen muss (siehe EN ISO 3668 und ISO 7724-3).

Wenn möglich, empfiehlt es sich daher, sich für die Kontrolle des  $\Delta E$ -Werts auf die Qualicoat-Vorgaben zu beziehen, die die zulässigen

Farbtonvariationen in Bezug zur gewählten RAL-Farbe und zum Alter des Belags angeben (durch Multiplikation des  $\Delta E$ -Werts mit einem Faktor 0,65 nach einem Jahr und 0,75 nach 2 Jahren).

Schließlich ist es ratsam, bei der Kontrolle des Anstrichfarbtons bei örtlich durchgeführten Renovierungsmaßnahmen eine größere Toleranz einzukalkulieren, um damit den – meist unvermeidlichen – Farbtonvariationen zwischen dem renovierten und nicht renovierten Bereich Rechnung zu tragen.

## 2.4 EMPFEHLUNGEN FÜR DAS SONDERLASCENHEFT

Um nachgelagerte Diskussionen zu vermeiden, sollten im Vorfeld realistische Anforderungen, sowohl für den Fertigstellungsgrad des Untergrunds als auch für die Durchführung der Malerarbeiten, festgelegt werden.

Wenig aussagekräftige Begriffe wie ‚fertig für den Anstrich‘ sind in diesem Zusammenhang nicht ratsam. Solche Aussagen bieten faktisch keine Information über den gewünschten Fertigstellungsgrad, da nahezu jede ausreichend verbundene, trockene Oberfläche, deren Maßtoleranzen in den empfohlenen Grenzen liegen, ‚fertig für den Anstrich‘ ist. ■

**Abb. 3 Eine unzureichende Vorbereitung kann bei Anstrichen zu einer uneinheitlichen Optik führen.**



(\*) Obwohl in einigen Normenvorlagen abweichende Kontrollverfahren und -abstände für den Untergrund zu finden sind, beträgt der Mindestabstand immer 2 m.



## REFERENZZDOKUMENTE

- Weiche Wand- und Bodenbeläge:
  - TI 165 (in Revision)
  - TI 194
- Malerarbeiten:
  - NBN EN ISO 3668
  - TI 159, TI 233
  - Infomerblatt Nr. 25
  - CSTC-Revue 1987/2.3
  - Qualicoat 'Specifications for a quality label for paint, lacquer and powder coatings on aluminium for architectural applications' (12. Ausgabe)
  - DIN 6175

**S**anitärinstallateure werden beim Setzen der Anlagen (z.B. Rohrleitungen und Objekte) generell mit den Abweichungen konfrontiert, die aus den vorhergehenden Arbeiten resultieren. Wir haben nur eine geringe Zahl an geltenden Toleranzen entdeckt, die sich auf die Sanitärinstallationen selbst beziehen. Hier nun einige allgemeine Vorgaben für Installationsarbeiten, für die in keinem der Referenzdokumente eine maximale Abweichung gefunden werden konnte.



# Von seltenen Toleranzen

**Tabelle 1** Empfohlener Abstand der Schellen für horizontal verlaufende Metallleitungen.

Stahlrohre		Kupfer- und Edelstahlrohre	
NOMINALER DURCHMESSER (ND)	ABSTAND DER SCHELLEN [m]	EXTERNER DURCHMESSER (D <sub>e</sub> )	ABSTAND DER SCHELLEN [m]
20	1,25	22	1,80
25	1,50	28	1,80
50	2,00	35	2,40

## 1 TOLERANZEN

Das Verlegen von Leitungen und Rohren erfolgt gemäß der Angaben, die im Plan und/oder im Sonderlastenheft angegeben sind. Diese Elemente müssen generell immer einem geradlinigen horizontalen oder vertikalen Verlauf folgen.

Um die korrekte Montage der Leitungen sicherzustellen und um die Handhabung des Zubehörs (z.B. Verriegelungshähne und Kontrollteile) zu vereinfachen, empfiehlt es sich, **ausreichend Abstand** zwischen der Außenwand der Leitung (d.h. die Außenwand des Rohrs bei nicht isolierten Leitungen und die Außenwand des Isoliermaterials bei isolierten Leitungen) und dem Untergrund, auf dem diese befestigt wird, zu lassen. Dieser Abstand hängt nicht nur von der Montagemethode ab, sondern auch vom Aufbau der Leitungen (z.B. Art der Schellen). Bei Versorgungsleitungen mit Hüllrohr muss der Abstand zum Untergrund bei mindestens 50 mm festgelegt werden. Für an der Decke hängende Leitungen (oder jedes andere hängende Element) muss der Abstand grundsätzlich 20 mm betragen; die freie Höhe unter dem Rohr muss bei mindestens 2000 mm liegen. In Gängen oder anderen Bereichen mit viel Durchgang erhöht sich die freie Höhe auf 2250 mm. In die Wand eingelassene Leitungen liegen vorzugsweise mindestens 10 mm unter dem Putz. Im Fall

von Leitungskreuzungen muss man darüber hinaus beachten, dass der Abstand zwischen der Außenwand der beiden Leitungen mindestens 10 mm beträgt. Zwischen zwei parallel verlaufenden Leitungen sieht man einen Abstand von circa 60 bis 100 mm vor.

Beim **Verbau** von Leitungen muss darauf geachtet werden, dass die Ausdehnung nicht beeinträchtigt wird und dass es nicht zu unzulässigen Biegungen kommt. Tabelle 1 zeigt den Abstand der Schellen für Metallleitungen. Für synthetische oder Mehrschichtrohre wird dieser Abstand in der technischen Dokumentation des Herstellers und/oder in der TI 207 angegeben.

Bei der Festlegung der **Setzhöhe der Objekte** ist es ratsam, die Körpergröße der Nutzer zu berücksichtigen. Die nachfolgende Formel kann demnach laut deutscher technischer Dokumentation dazu dienen, die Höhe  $H_L$  eines Waschbeckens zu bestimmen:  $H_L = 0,482 H + S$  [m] wobei:

H = die Größe der Person  
S = die Dicke der Schuhsohle (z.B. 0,025 m für Männer, 0,040 m für Frauen).

Mit dieser Formel lässt sich beispielsweise berechnen, dass die Höhe  $H_L$  eines Waschbeckens für eine Person mit einer Körpergröße von 1,72 m 0,854 m beträgt. Die maximale Höhe der unteren Spiegelkante, der über dem Waschbecken hängt, kann auf gleiche Weise mit Hilfe der Formel  $H_{SO} = H - 300 + S$  [m] berechnet werden. Dank dieser Formel kann zum Beispiel die Höhe der Spiegel und Waschbecken in Kindergärten bestimmt werden. Enthält das Sonderlastenheft keine Vorgaben hinsichtlich der Setzhöhe für Sanitärobjekte für Erwachsene, dann kann man auf die in Tabelle 2 wiedergegebenen Standardwerte zurückgreifen (gültig für eine Person mit einer Körpergröße von circa 1,70 m).

Die STS 61 geben eine Toleranz von  $\pm 50$  mm im Vergleich zur Setzhöhe der Sanitärobjekte vor (exklusive Waschbecken, wofür die Abweichung nur  $\pm 20$  mm betragen darf). Eine Toleranz von  $\pm 50$  mm erscheint uns relativ großzügig; wir empfehlen daher, diesen Wert auf  $\pm 20$  mm für alle Objekte zu beschränken.

Die **Sanitärobjekte** müssen waagrecht gesetzt und solide an Boden und/oder Wand befestigt werden.

Die **Position von Wasserhähnen** muss unter Berücksichtigung folgender Maße festgelegt werden:

- Zwischen dem Wasserhahn und dem Rand des Sanitärobjekts muss immer ein Spielraum von 20 mm eingehalten werden
- Wandwasserhähne an Standardbadewannen werden entweder an der kurzen Seite, oder an der langen Seite und 1/3 vom Abfluss entfernt montiert. In Duschen wird der Wasserhahn auf die Wand und/oder gegenüber dem Zugang sowie in einer Höhe von  $\pm 1000$  mm über Bodenniveau der Dusche gesetzt. Der obere Teil der Duschstange liegt entsprechend bei  $\pm 1950$  mm
- Wasserhähne über Ausgüssen müssen so installiert werden, dass ein handelsüblicher Eimer darunter passt.

## 2 EMPFEHLUNGEN FÜR DAS SONDERLASTENHEFT

Der Verlauf der Leitungen und Rohre muss im Plan und/oder Sonderlastenheft vermerkt sein. Werden spezielle Bedingungen im Hinblick auf die Setzhöhe der Objekte hinterlegt (z.B. für Behinderte), dann ist es natürlich gestattet, von den Standardhöhen in Tabelle 2 abzuweichen. Diese Bedingungen sollten im Vorfeld niedergeschrieben werden. ■

**Tabelle 2** Setzhöhe von Sanitärobjekten für Erwachsene.

Objekt	Setzhöhe (*)
Waschbecken	850 bis 900 mm
WC	430 mm
Bidet	400 mm
Urinal	650 mm
Ausguß	650 mm
Badewanne	500 bis 550 mm

(\*) Vertikaler Abstand zwischen der Oberfläche oben (z.B. des Waschbeckens) oder der Frontfläche (z.B. Urinal) und dem Belag in Endausführung.



### REFERENZDOKUMENTE

- TI 207
- STS 61, STS 62, STS 63
- Kleintje water: handleiding voor de installateur en monteur bij het installeren van sanitaire voorzieningen in bestaande woningen, Stichting ISSO, NLD, 2003
- Sanitärtechnik Band 1, Krammer Verlag, Düsseldorf AG 2005
- DIN 1988-2
- Leistungsverzeichnis Typ VMSW

# WTB-Publikationen und Schulungen



## PUBLIKATIONEN

### *Les Dossiers du CSTC 3/2009*

- Cahier 3. Spécification des bétons pour sols industriels (V. Pollet, E. Noirfalisse, J.-F. Denoel und C. Ployaert).
- Cahier 12. Eclairage et contrastes pour les personnes malvoyantes (S. Danschutter, P. D'Herdt und A. Deneyer).
- Cahier 15. Isoler les planchers massifs contre les bruits de choc (M. Van Damme).

### *Les Dossiers du CSTC 2/2009*

- Cahier 5. Stade olympique d'Athènes: contrôle non intrusif d'éléments structurels en service (L. Vandenplas, V. Whenham und C. Mertens).
- Cahier 11. Réaction au feu des revêtements de sol résilients: attention aux conditions de pose! (Y. Martin und V. Pollet).

## SCHULUNGEN

### **Pathologie des Gebäudes (Winterkurs 2009-2010)**

- Am 9. und 16. März 2010 von 19.00 bis 22.00 Uhr im Schulungszentrum PME, Rue Fétis 61, 5500 Bouvignes (Dinant)
- Am 24. und 31. März 2010 von 19.00 bis 22.00 Uhr im Construform Liège, Rue de Wallonie 21, 4480 Grâce-Hollogne.

### **Akustik – die neue Norm NBN S 01-400-1 (Winterkurs 2009-2010)**

- Am 10. und 17. März 2010 von 19.00 bis 22.00 Uhr im Schulungszentrum IFAPME, Rue de Limbourg 37, 4800 Verviers
- Am 22. und 29. März 2010 von 19.00 bis 22.00 Uhr im FormatPME, Rue Saucin 66, 5032 Gembloux.

### **Informationsveranstaltung PEB (Energieleistungsverordnung für Gebäude)**

- Am 5. März 2010 von 13.00 bis 17.30 Uhr im Imagix, Boulevard André Delvaux 1, 7000 Mons
- Am 19. März 2010 von 13.00 bis 17.30 Uhr im Euro Space Center, Rue Devant les Hêtres 1, 6890 Transinne (Redu).

## PUBLIKATIONEN

Die WTB-Publikationen sind verfügbar:

- auf unserer Webseite:
  - gratis für Mitgliedsunternehmen
  - im Bezug über ein Abonnement für interessierte Baufachleute (Anmeldung auf [www.wtb.be](http://www.wtb.be))
- als Druckversion und auf ein CD-ROM.

Nähere Informationen erhalten Sie telefonisch unter 02/529.81.00 (von 8.30 bis 12.00 Uhr) oder kontaktieren Sie uns schriftlich per Fax an 02/529.81.10 oder per E-Mail an [publ@bbri.be](mailto:publ@bbri.be).

## SCHULUNGEN

- Für nähere Informationen zu Schulungen steht Ihnen Herr J.-P. Ginsberg ([info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)) zur Verfügung. Sie erreichen ihn auch telefonisch unter 02/655.77.11 oder per Fax an 02/653.07.29.
- Nützlicher Link: [www.cstc.be](http://www.cstc.be) (Rubrik ‚Agenda‘).

Veröffentlichung des Wissenschaftlichen und Technischen Bauzentrums, Institut anerkannt in Anwendung der Rechtsverordnung vom 30. Januar 1947

Verantwortlicher Herausgeber: Jan Venstermans  
WTB - Rue du Lombard 42, 1000 Brüssel

Dies ist eine Zeitschrift mit allgemein informativer Ausrichtung. Sie soll dazu beitragen, die Ergebnisse der Bauforschung aus dem In- und Ausland zu verbreiten.

Das Übernehmen oder Übersetzen von Texten dieser Zeitschrift, auch wenn es nur teilweise erfolgt, ist nur bei Vorliegen eines schriftlichen Einverständnisses des verantwortlichen Herausgebers zulässig.

[www.wtb.be](http://www.wtb.be)



## BRÜSSEL

### Firmensitz

Rue du Lombard 42  
B-1000 Brüssel

Generaldirektion  
Tel.: 02/502 66 90  
Fax: 02/502 81 80  
E-Mail: [info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)  
Webseite: [www.wtb.be](http://www.wtb.be)

## ZAVENTEM

### Büros

Lozenberg 7  
B-1932 Sint-Stevens-Woluwe (Zaventem)  
Tel.: 02/716 42 11  
Fax: 02/725 32 12

Technische Gutachten - Schnittstelle und Beratung  
Kommunikation  
Verwaltung - Qualität - Informationstechniken  
Entwicklung - Valorisierung  
Technische Zulassungen  
Normierung

### Veröffentlichungen

Tel.: 02/529 81 00  
Fax: 02/529 81 10

## LIMELETTE

### Versuchsgelände

Avenue Pierre Holoffe 21  
B-1342 Limelette  
Tel.: 02/655 77 11  
Fax: 02/653 07 29

Forschung und Innovation  
Laboratorien  
Bildung  
Dokumentation  
Bibliothek

## HEUSDEN-ZOLDER

### Demonstrations- und Informationszentrum

Marktplein 7 bus 1  
B-3550 Heusden-Zolder  
Tel.: 011/22 50 65  
Fax: 02/725 32 12

ICT-Wissenszentrum für Bauprofis (ViBo)