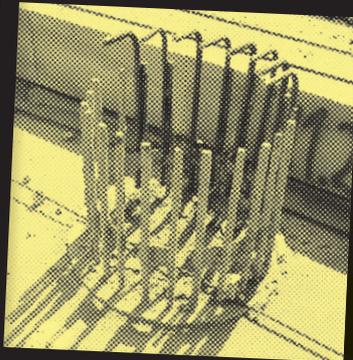


TOLERANZEN IM SPEZIALTIEFBAU

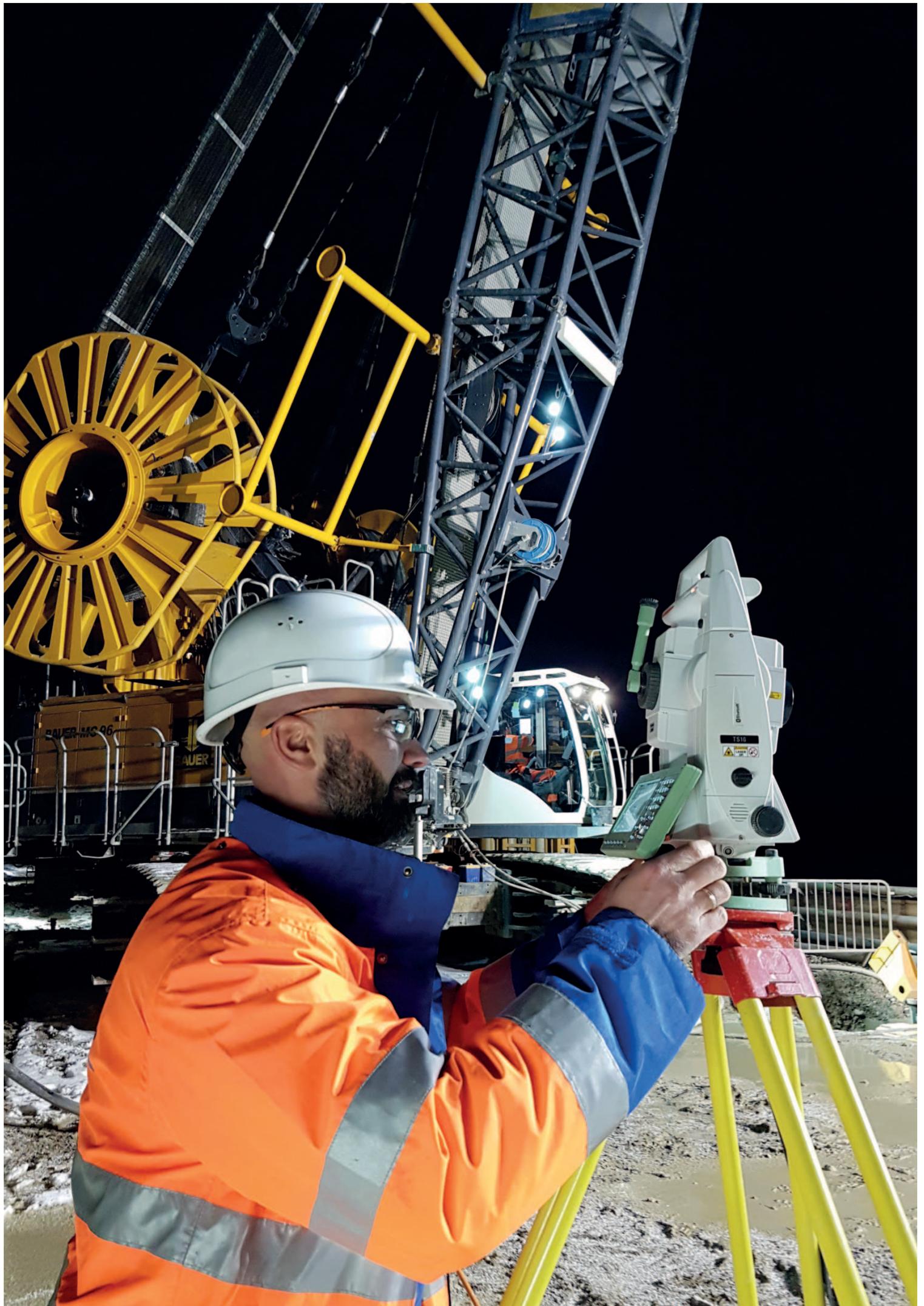


MERKBLATT

FÜR BAUHERREN/AUFTRAGGEBER,
PLANER UND BAUUNTERNEHMEN



TOLERANZEN IM
SPEZIALTIEFBAU



INHALT

Motivation und Einführung	S 5	9. Fazit / Empfehlungen	S 35
1. Begriffe und Definitionen	S 6	10. Relevante Normen und Regelwerke (Auswahl)	S 37
2. Bauvertragliche Aspekte	S 8	11. Übersichten zu häufig verwendeten Toleranzwerten	S 38
3. Akzeptanzklassen für Herstelltoleranzen	S 10	12. Impressum	S 40
4. Messungen und Messgenauigkeiten	S 12	13. Haftungsbeschränkung	S 41
5. Toleranzen in Regelwerken	S 15		
5.1 Ausschreibung und Vergabe	S 15		
5.2 Unterschiede in Regelwerken	S 16		
6. Toleranzen in der Objektplanung	S 18		
7. Toleranzen in der Tragwerksplanung	S 23		
8. Umgang mit Abweichungen während der Ausführung	S 27		
8.1 Technische Hinweise	S 28		
8.2 Beispiele zu Herstelltoleranzen	S 29		
8.3 Zusammenfassung und Empfehlungen	S 34		



MOTIVATION UND EINFÜHRUNG

Baumaßnahmen im Spezialtiefbau erreichen immer größere Dimensionen und müssen immer komplexeren Randbedingungen aus dem Umfeld genügen. Im Kontext dieses Merkblatts betrifft dies vor allem Baugruben und Gründungen mit anspruchsvollen geometrischen Anforderungen und kritischen Abhängigkeiten. Häufig wird den Ausführenden durch den Auftraggeber nur die Funktionalität vorgegeben. Ungeachtet dessen sind jedoch Entwurfsvorgaben seitens des Auftraggebers gerade in Hinblick auf die – geometrische – Baubarkeit unabdingbar.

Insbesondere um den technischen und wirtschaftlichen Erfolg zu gewährleisten, müssen sinnvolle Toleranzen im Spezialtiefbau in den Ausschreibungsunterlagen definiert werden. Bereits in der Planung werden damit entscheidende Festlegungen zur Ausführbarkeit getroffen. Mit dem vorliegenden Merkblatt wird eine Arbeitshilfe geschaffen, die aktuell durch normative Vorgaben aus Sicht der Praxis nicht umfassend gegeben ist.

Dieses Merkblatt gibt bei der Festlegung und Beachtung von im Grunde unvermeidlichen „geometrischen Abweichungen“ vom Soll-Zustand eine Leitlinie. Ein gleiches Verständnis im gemeinschaftlichen Bauprozess zwischen den Beteiligten - Bauherren, Planern und Ausführenden - soll letztlich dafür sorgen, Fehlerkosten zu reduzieren oder bestenfalls ganz zu vermeiden.

Konkret müssen in Bezug auf das planerische „Nennmaß“ die geometrischen Größen der auf der Baustelle hergestellten Bauteile und auch der werksmäßig hergestellten Einbauteile oder Anlagen mit den Planvorgaben übereinstimmen, um – ggf. nach dem Zusammenfügen aller Bauteile – ein Bauwerk mit der geplanten Form und Funktion zu erhalten. Jede geometrische Größe ist herstellungsbedingten Streuungen unterworfen. Zur Klassifizierung werden im Merkblatt unter anderem – als Standard voraussetzbare – „normale Toleranzen“ von „engeren Toleranzen“ unterschieden, die nur mit erhöhtem planerischem oder mess- und vor allem bautechnischem Aufwand erreichbar sind. Darüber hinaus wird eine Empfehlung gegeben, wie Planer und Ausführende mit solchen Toleranzen umgehen sollten, die nur mit unverhältnismäßigem Aufwand beherrschbar sind.

In Abgrenzung zu den hier behandelten geometrischen Toleranzen soll klargestellt werden, dass die im Bauwesen geforderten Stoffeigenschaften über die Bemessungsnormen (z.B. DIN EN 1992) und daran angebundene Baustoffnormen (z.B. DIN EN 206) in aller Regel mit zulässigen Abweichungen ausreichend klar definiert sind. Die im Bauwesen zur Verfügung stehenden und in Entwicklung befindlichen Messverfahren mit deren spezifischen Messgenauigkeiten sind so zahlreich, dass hier lediglich exemplarisch auf sie eingegangen wird.

Den Schwerpunkt in diesem Merkblatt stellen die – geometrischen – Maßtoleranzen dar, da diese sehr häufig zu Diskussionen zwischen den Beteiligten im Baugeschehen führen. Sie nehmen im Spezialtiefbau eine besondere Rolle ein, da Bauteile nach der Herstellung bzw. dem Einbau – anders als etwa im Hochbau – oft unzugänglich sind. Aus diesem Grund sind Maßtoleranzen aus dem Hochbau auch nicht auf den Spezialtiefbau übertragbar.



1 BEGRIFFE UND DEFINITIONEN

Die Festlegung von Toleranzen soll, trotz unvermeidlicher Abweichungen vom Soll bei der Bauausführung, das Erstellen von Bauwerken ohne Anpassungs- oder Nacharbeiten ermöglichen. Wesentliche Begriffe in diesem Zusammenhang und konkret im Umfeld des Spezialtiefbaus werden definiert.

Abbildung 1 zeigt die prinzipielle Darstellung der Begriffsbestimmungen zur Toleranz mit beispielhaften Maßabweichungen im zulässigen Bereich, im Bild links oben für den Ansatzpunkt und unten für die Tiefe, im Bild rechts zusätzlich für die Abweichung der Mittelachse zur Vertikalen.

In Abgrenzung zu anderen Einflussgrößen auf Formänderungen soll hier betont werden, dass sowohl lastabhängige als auch lastunabhängige Verformungen oder Verschiebungen in Folge von Temperatur- oder Feuchteänderungen nicht Gegenstand dieses Merkblatts sind. Sie finden sich daher nicht in den folgenden Begriffen und Definitionen wieder. Unabhängig hiervon sind solche Einflüsse auf ein Bauwerk selbstverständlich ebenfalls in der Planung zu berücksichtigen.

Toleranz

Die zulässige Abweichung einer Größe vom planerischen (Ideal- oder) Soll-Zustand, welche die planmäßige Funktion eines Systems noch erlaubt, bei geometrischen Größen auch „Maßtoleranz“.

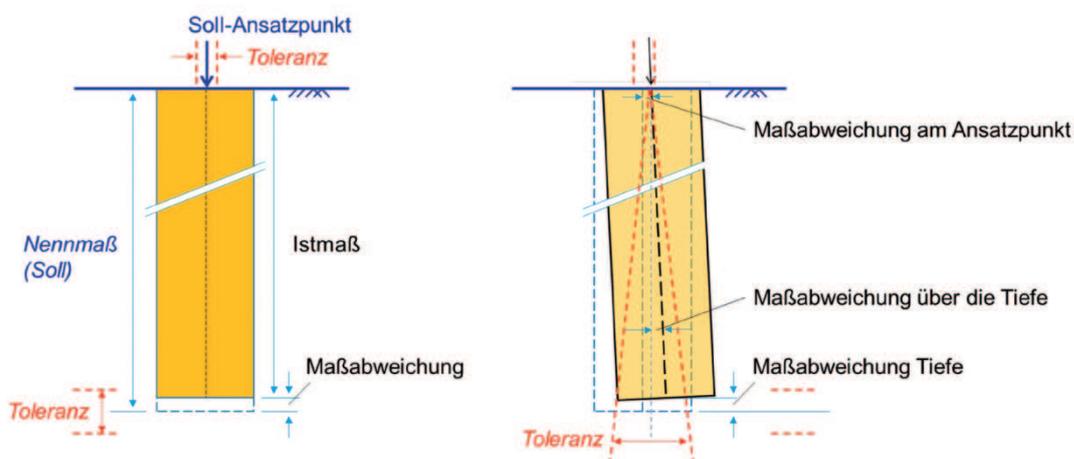


Abbildung 1: Prinzipielle Darstellung der Begriffsbestimmungen zur Toleranz

■ **Bauwerk**

Alles, was baulich erstellt wird oder von Bauarbeiten herrührt [vgl. DIN EN 1990].

Hinweis:

Dieser Begriff beinhaltet sowohl Gebäude als auch Ingenieurbauwerke und bezieht sich auf das vollständige Bauwerk, das sowohl tragende und nicht tragende Bauteile, auch für die Gründung, enthält.

■ **Bauausführung**

Alle Tätigkeiten für die physische Erstellung eines Bauwerks einschließlich der Beschaffung von Baustoffen, der Überwachung und der Erstellung der Ausführungsunterlagen, im Sinne dieses Merkblatts gleichbedeutend mit „Herstellung“ (auf der Baustelle).

■ **Bauteil**

Physisch unterscheidbarer Teil des Tragwerks, z.B. eine Stütze, ein Träger, eine Deckenplatte, ein Gründungspfahl [vgl. DIN EN 1990].

■ **Formtoleranz**

Maß, wie stark ein werksmäßig hergestelltes Bauprodukt von seiner geometrisch idealen Form oder seinem Nennmaß abweichen darf; grundsätzlich als Teil der Systemtoleranz zu berücksichtigen. Formtoleranzen gibt es für Bau- und Einbauteile aller Art, z.B. Walztoleranzen nach DIN EN 10248 für Spundwände oder Fertigungstoleranzen nach DIN EN 12794 für Stahlbetonfertigteile wie Fertigteilrammpfähle. Bei typischen Bauteilen im Spezialtiefbau sind die relevanten Formtoleranzen i.d.R. im Millimeterbereich angesiedelt.

■ **Herstelltoleranz**

Geometrische Toleranz, welche die ausführungsbedingten Maßabweichungen eines Bauteils berücksichtigt, nicht automatisch, aber möglicherweise das kumulative Ergebnis aller möglichen Grenzabweichungen [vgl. Abbildung 1], im Kontext auch „Ausführungstoleranz“.

■ **Ist-Maß**

Tatsächlich durch die Bauausführung realisiertes Maß einer Größe, Gestalt oder Lage eines Bauteils oder Bauwerks, gegebenenfalls mit einer Abweichung, oft auch als „Ist-Maß“ oder „as built“ bezeichnet.

■ **Nennmaß**

Maß, das zur Kennzeichnung von Größe, Gestalt und Lage eines Bauteils oder Bauwerks angegeben und in Zeichnungen eingetragen wird, oft auch als „Soll“ oder „Soll-Maß“ bezeichnet.

■ **Messgenauigkeit**

Beschreibt den maximal zu erwartenden Messfehler zwischen ermitteltem und wahren Messwert.

■ **Systemtoleranz**

Beschreibt die Toleranz für ein gesamtes System aus mehreren Komponenten, die zu einem Bauwerk zusammengefügt werden, wobei eben „verschiedene Abweichungen zusammentreffen“ und kumulativ relevant werden.

Hinweis:

Für die Bewertung einer Toleranz sind planerisch erfasste Zustände, z.B. Verformungen infolge Lastumlagerung, zusätzlich zu berücksichtigen.

■ **Tragwerk**

Die planmäßige Anordnung miteinander verbundener Bauteile, die so entworfen sind, dass sie ein bestimmtes Maß an Tragfähigkeit und Steifigkeit aufweisen [vgl. DIN EN 1990].



2 BAUVERTRAGLICHE ASPEKTE

Dieses Merkblatt soll als Leitlinie zur Festlegung wirtschaftlich sinnvoller und in der Praxis realisierbarer Toleranzen dienen. Sinnvoll und realisierbar bedeutet eine klare Festlegung von Toleranzen unter Berücksichtigung der anerkannten Regeln der Technik und der in diesem Merkblatt enthaltenen Hinweise.

Die vertragliche Vereinbarung der Bauparteien gilt vorrangig für die Beantwortung der Frage, ob eine vom Unternehmer erbrachte Leistung mangelfrei ist.

Die vorbeschriebene, vertragliche Festlegung des Leistungssolls einschl. Toleranzen dient in der praktischen Umsetzung der Arbeiten den Bauvertragsparteien als eindeutige Richtschnur für die Beurteilung, ob der ausführende Unternehmer eine mangelfreie Leistung erbringt. In der Praxis gibt es zu diesem Thema immer wieder Diskussions-

bedarf, so dass eine eindeutige Regelung angezeigt ist. Eine mangelfreie Leistung wird in § 633 Abs. 1 BGB bzw. § 13 Abs. 1 VOB/B definiert: Ein Mangel liegt danach vor, wenn die Ist-Beschaffenheit nicht der vertraglichen Soll-Beschaffenheit entspricht oder die anerkannten Regeln der Technik nicht eingehalten sind. Der Bundesgerichtshof hat dies noch dahingehend ergänzt, dass die Leistung auch funktionieren muss.

Die Bauleistung ist frei von Sachmängeln, wenn sie die von den Parteien vereinbarte Beschaffenheit aufweist oder sich, falls keine Beschaffenheit vereinbart ist, für die nach dem Vertrag vorausgesetzt, sonst für die gewöhnliche Verwendung, eignet und eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Besteller nach der Art des Werkes erwarten kann (§ 633 Abs. 2 BGB, § 13 Abs. 1 VOB/B).

Es ist somit festzustellen, dass es für die Frage, ob eine erbrachte Leistung vertragsgerecht ist, auf die Vereinbarungen der Bauvertragsparteien ankommt. Deshalb ist zu überprüfen, ob die Parteien eine bestimmte Beschaffenheit vertraglich vereinbart haben. Dies kann, wie der BGH festgestellt hat, auch dadurch geschehen, dass der Unternehmer eine vom Besteller gewünschte Beschaffenheit stillschweigend, d.h. durch schlüssiges Verhalten, akzeptiert. Nur in zweitem Rang wird – sofern sich eine Beschaffenheitsvereinbarung nicht feststellen lässt – geprüft, ob sich die erbrachte Leistung für die vertraglich vorausgesetzte Verwendung eignet. Lässt sich auch eine vertraglich vorausgesetzte Verwendung nicht feststellen, kommt es auf die gewöhnliche Verwendung und die Beschaffenheit an, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Auftraggeber daher erwarten kann. Erst in der letzten Stufe der Prüfung sind die Vorgaben von DIN-Normen oder anderen anerkannten Regeln der Technik im Hinblick auf Toleranzen von Bedeutung.

Es steht den Parteien zwar grundsätzlich frei, außergewöhnlich enge Toleranzen zu vereinbaren, auch solche, die in der Ausführung als nicht gesichert beherrschbar qualifiziert werden. Die Folge wäre aber, dass der AN zwangsläufig eine mangelhafte Leistung erbringt. Der AG wiederum wäre allenfalls auf reduzierte Reaktionsmöglichkeiten festgelegt, weil eine Nacherfüllung vernünftigerweise von dem AN gar nicht verlangt werden könnte (§ 275 BGB). Diese für alle Beteiligten unsichere Vertragslage ist daher durch die Festlegung sinnvoller und in der Praxis realisierbarer Toleranzen zu vermeiden.

Eine konkrete Vereinbarung von Ausführungstoleranzen unter Berücksichtigung der Hinweise aus den Folgekapiteln ist aufgrund vorstehender Überlegungen empfehlenswert.

Dabei ist darauf zu achten, dass die entsprechende Abweichung mit hinreichender Genauigkeit und mit vertretbarem Aufwand konkret geprüft/gemessen werden kann, d.h. dass es hinreichend genaue und anerkannte Messmethoden und Geräte gibt.

Ungeachtet der Frage, welche Toleranzwerte die Parteien auch immer vereinbart haben, muss diese vereinbarte Toleranz technisch realisierbar sein. Eine womöglich auch erhebliche Anstrengung des Unternehmers zur Umsetzung ist dabei von ihm zu leisten, aber auch durch den Auftraggeber zu vergüten.

In der Praxis kann es aus unterschiedlichsten Gründen zu Überschreitungen der festgelegten Toleranzen kommen.

Die Bewertung der Relevanz dieser Überschreitung ist immer im Detail vorzunehmen, d.h. die Bedeutung für die Funktionalität des Bauteils ist zu berücksichtigen.



3

AKZEPTANZKLASSEN FÜR HERSTELLTOLERANZEN

Toleranzen setzen sich zusammen aus Herstellertoleranzen der Ausführung, Formtoleranzen von Bauteilen sowie last- und systemabhängigen Toleranzen.

An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass mit einer unnötig engen Toleranz auch eine Verschwendung von Ressourcen einhergeht. Diese kann erheblich sein, was sich substantiell negativ auf die Nachhaltigkeit auswirkt.

Wie vorbeschrieben wird nachfolgend ausschließlich auf die Herstellertoleranzen eingegangen. Diese werden nicht ausschließlich durch Normen (z.B. DIN bzw. DIN EN), sondern auch in Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen (ZTV) und besonderen projektspezifischen Anforderungen beschrieben. Während Normen im Konsens aller Interessierten Kreise entstehen, stellen alle anderen Regelwerke Allgemeine Geschäftsbedingungen einzelner Auftraggeber dar.

Faktisch ist der Einfluss des Ausführenden auf die zu erreichenden Toleranzen begrenzt. Dies spiegelt sich auch in den relevanten europäischen Ausführungsnormen durch Hinweise auf Anpassungen der Toleranzwerte bei Antreffen von ungünstigen Baugrundverhältnissen wider, bzw. es wird - je nach Gewerk - zwischen „müssen“ und „sollen“ unterschieden. Entsprechende Hinweise werden in Regelwerken von großen Auftraggebern, wie ZTV-ING, Ril etc. nicht direkt gegeben. Dies führt häufig

zu Problemen im Zuge der Ausführung (siehe Kapitel 5). Grundsätzlich gilt aber auch hier, dass durch die Bezugnahme auf und Mitgeltung der europäischen Ausführungsnormen eine grundsätzliche Öffnungsklausel für den Einzelfall gegeben ist.

Es gilt der Grundsatz, dass mit steigender Anforderung an die Herstellertoleranz sich der bautechnische Aufwand zu deren Erreichen in der Ausführung erhöht. Diese Abhängigkeit hat einen direkten Einfluss auf die Herstellkosten, um den dafür erforderlichen Aufwand zu berücksichtigen.

Um den Aufwand zum Erreichen der jeweils geforderten Herstellertoleranz abzubilden, bietet es sich daher an, dafür Akzeptanzklassen (AKT) einzuführen.

Die Abgrenzung dieser Akzeptanzklassen wird dadurch definiert, dass es über die gewerkespezifischen normativen Toleranzen hinaus auch weitergreifende Anforderungen aus zusätzlichen Regelwerken oder seitens des Bestellers eines Bauwerkes geben kann. Solche erhöhten Ansprüche müssen nicht zwingend einer statischen oder planerischen Notwendigkeit entspringen. Sie können dennoch durch eine vertragliche Vereinbarung zum geschuldeten Werkerfolg gehören. Dabei ist es durchaus möglich, dass die Technik sowohl in Bezug auf die Machbarkeit als auch die Messbarkeit an ihre Grenzen stößt.

AKZEPTANZKLASSE – AKT 1

Mit normalem Aufwand beherrschbar.

Die Akzeptanzklasse AKT 1 umfasst diejenigen geometrischen Anforderungen, die ohne besondere oder zusätzliche Maßnahmen, d.h. mit der üblichen Sorgfalt, erreichbar sind. Die zugehörige Herstelltoleranz entspricht dem in den relevanten Normen (DIN bzw. DIN EN) eines Gewerkes festgelegten Standard.

AKZEPTANZKLASSE – AKT 2

Mit zusätzlichem Aufwand noch beherrschbar.

Die Akzeptanzklasse AKT 2 umfasst diejenigen geometrischen Anforderungen, die nur mit besonderen Maßnahmen erreichbar sind. Die zugehörigen Herstelltoleranzen sind enger als in AKT 1 und finden sich in nicht normativen Regelwerken (ZTV-ING bzw. vergleichbare AGBen) oder sind Einzelvereinbarungen. Die besonderen Maßnahmen bedingen einen Mehraufwand und verlängern die Bauzeit.

AKZEPTANZKLASSE – AKT 3

Mit sehr hohem Aufwand nicht gesichert beherrschbar.

In die Akzeptanzklasse AKT 3 fallen diejenigen Anforderungen, die mit den üblichen technischen Methoden und selbst mit sehr hohem Aufwand durch den Ausführenden nicht gesichert technisch beherrschbar sind. Die Zielerfüllung kann angestrebt werden, allerdings dann vernünftigerweise ohne Vereinbarung einer Mängelhaftung.

Werden dennoch solche individuellen Ansprüche gestellt, sind die Vertragspartner in jedem Fall dazu aufgerufen, die Notwendigkeit zu hinterfragen.

Über die zu erwartenden geometrischen Abweichungen unter Benennung der zu treffenden und realisierbaren Maßnahmen, mit Auswirkung auf Bauzeit und Kosten, ist Einvernehmen herzustellen.





4

MESSUNGEN UND MESSGENAUIGKEITEN

Für die Betrachtung, ob Werte innerhalb oder außerhalb eines Toleranzbereichs liegen, sind Messungen notwendig; diese sind immer mit einer gewissen Messgenauigkeit belegt. Voraussetzung für die Beurteilung, ob eine geometrische Größe den gestellten Anforderungen entspricht, also – nach der Ausführung – innerhalb der zulässigen Toleranz liegt, ist eine ausreichend genaue Messung. Als Faustformel sollte die Genauigkeit eines Messmittels oder Messsystems $1/5$ der angegebenen geometrischen Toleranz, besser $1/10$ nicht überschreiten.

Grundsätzlich kann jede physikalische Messung als Näherungswert für den wahren Wert der zu erfassenden Messgröße verstanden werden, der umso genauer ist, je besser die Genauigkeit eines Messmittels bzw. Messsystems ist.

Die Messgenauigkeit wird durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst, wie:

- Messmethode
- Messmittel
- Messsystem
- Handhabung
- Ort der Messung
- Physikalische Randbedingungen wie Temperatur, Dichte des Mediums in dem gemessen wird etc.

Jedes Messmittel (Messgerät) hat eine eigene Messgenauigkeit, welche auch als Empfindlichkeit bezeichnet wird.

Ein weiterer kritischer Faktor ergibt sich häufig dadurch, dass im Spezialtiefbau die Messgeräte an Hilfskonstruktionen angebracht werden müssen, um die Messungen durchführen zu können. Die Hilfskonstruktion, welche das Messmittel

an den Ort der Messung bringt, kann dabei die Genauigkeit beeinflussen. Das Messsystem hat daher eine geringere Messgenauigkeit als das Messmittel. Beeinflusst wird die Messgenauigkeit zudem durch die physikalischen Randbedingungen, die sowohl das System an sich als auch das Messmittel beeinflussen können.

Messungen werden durch Menschen vorbereitet und zum Teil auch durchgeführt, so dass auch durch die Handhabung Abweichungen entstehen können.

Gleichzeitig gilt es bei der Anforderung an das Messmittel bzw. Messsystem zu beachten, dass die Messgenauigkeit mit zunehmender geometrischer Unregelmäßigkeit (Abbildung 2) des zu messenden Objekts selbst abnimmt; ebenso ist die Schwierigkeit einer Messung am jeweiligen Ort zu beachten, etwa bei unsichtbaren bzw. unzugänglichen Geometrien.

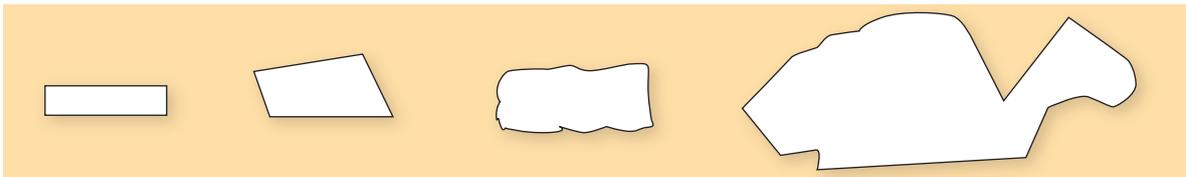


Abbildung 2: Unregelmäßigkeit des zu messenden Objekts

Zur Verdeutlichung sind in Abbildung 2 hierzu verschiedene zu messende Objekte zweidimensional dargestellt. Das erste Objekt ist regelmäßig und verfügt über gerade Ränder. Hier sind nur zwei Werte zu ermitteln, um das Objekt zu beschreiben. Das zweite Objekt verfügt über eine Trapezform. Der Aufwand für Messungen zur Beschreibung des Objekts nimmt damit deutlich zu. Das dritte Objekt besitzt eine unregelmäßige Berandung. Zur genauen Beschreibung steigt die Anzahl der notwendigen Messpunkte signifikant. Beim vierten Objekt führen einfache, d.h. klassische Messmethoden, wie Zollstock o.ä. nicht mehr zum Ziel.

Hinweis: Im Spezialtiefbau ist beispielsweise die Breite eines gefrästen Schlitzes – als Maß für die anschließend hergestellte Elementdicke – weniger genau zu bestimmen als etwa im Hochbau die Abmessungen einer in Ortbetonbauweise hergestellten, geschalteten Stütze.

Ausführungs- oder verfahrensbedingte Besonderheiten wie eine Messung unter Wasser (Abbildung 3) schränken die Auswahl verfügbarer

Messmethoden und -mittel ein. Oft kommen hier nur indirekte, ggf. berührungslose Messungen in Frage, wie die Messung der Laufzeit eines Ultraschallsignals im wässrigen Medium, aus deren Messwert die eigentliche gesuchte Messgröße abgeleitet werden muss. Die Messgenauigkeit reduziert sich durch Einflussparameter, wie etwa in einer Stützflüssigkeit, deren Dichte sich infolge „Aufladung“ mit Feinkorn aus dem umgebenden Baugrund über die Messstrecke verändert.

Im Freien lässt sich ein regelmäßiger Körper relativ einfach mit einem Maßband messen (Abbildung 3). Befindet sich der zu messende Körper jedoch im Wasser, dann ist die Messung nicht mehr so einfach möglich, sie wird durch die Lichtbrechung schwieriger. Der Aufwand für die Messung mit gleicher Genauigkeit wie zuvor steigt deutlich, obwohl eine optische Kontrolle noch möglich ist. Befindet sich das Objekt in sehr trübem Wasser oder einer Suspension, dann entfällt die optische Kontrolle und der Aufwand für die Messung steigt erheblich.

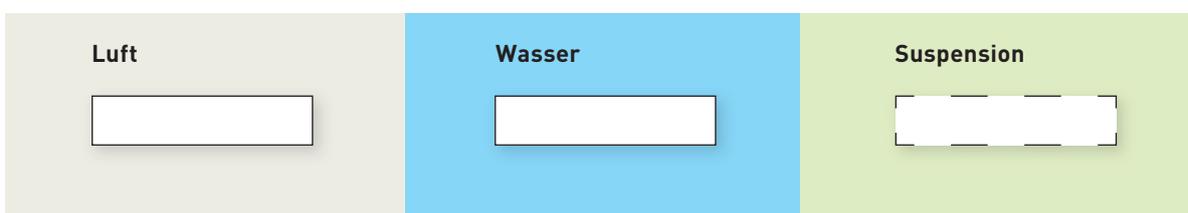


Abbildung 3: Sichtbarkeit des zu messenden Objekts

Ein weiterer Faktor stellt die Lage (Abbildung 4) und Größe des Messobjekts dar. Je weiter das Objekt von der Oberfläche entfernt ist, desto höher wird der Einfluss des Trägersystems der Messtechnik. Ein nicht sichtbares und nicht direkt tastbares Messobjekt wird mit zunehmender Tiefe immer schwieriger zu messen. Das Trägersystem für die Messtechnik kann sich verschieben. In Wasser stellt dies kein Problem dar, da hängende Messsysteme sich zuverlässig vertikal

ausrichten. Mit zunehmender Flüssigkeitsdichte innerhalb des Bereichs, in dem gemessen werden soll (z.B. Suspension o.ä.), steigt die Wahrscheinlichkeit der Verschiebung des Trägersystems. Hierdurch ändert sich der Bezugspunkt bzw. die Bezugsachse, so dass Messwerte, auch fehlerfreie Messungen, falsch interpretiert werden.

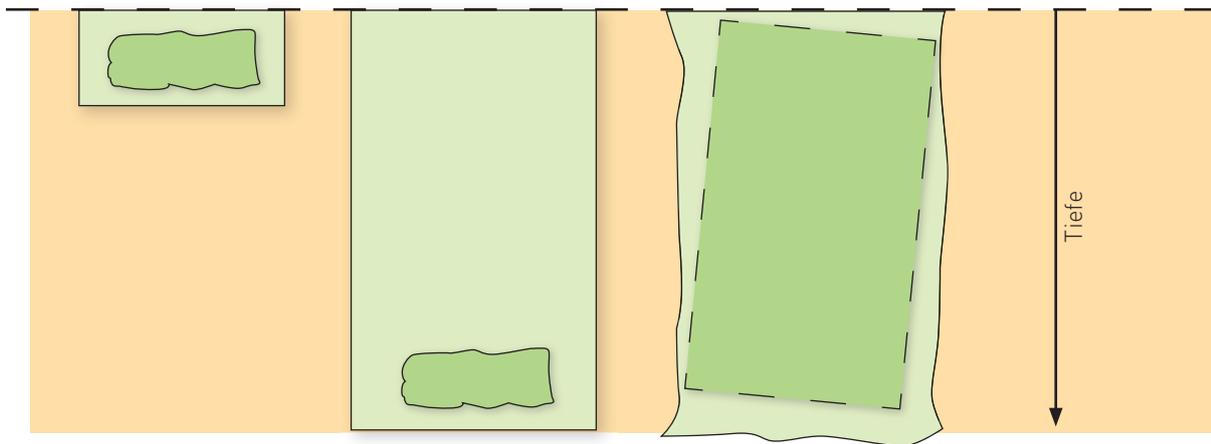


Abbildung 4: Ort und Zugänglichkeit der Messobjekte

Es gibt etablierte Messverfahren, die für die Bestimmung von entsprechenden Messgrößen in der Fachwelt überwiegend anerkannt sind.

Zusammenfassung

Vor der Anwendung besonders komplexer bzw. noch nicht allgemein anerkannter und gebräuchlicher Messverfahren sollte gemeinsam zwischen den Projektbeteiligten festgelegt werden, wie die Beurteilung des Ergebnisses der Messung vorgenommen wird. Insbesondere kann es sinnvoll sein, im Voraus festzulegen, welche Schritte vorzunehmen sind, falls eine so ermittelte Messgröße außerhalb der zulässigen Toleranz sein sollte.

Letztlich muss dabei in Erwägung gezogen werden, dass der wahre Wert trotz gemessener Abweichung innerhalb der Toleranz liegen könnte. Dies kann auch bedeuten, dass als Konsequenz aus einer geringen Messgenauigkeit die zulässige Herstelltoleranz entsprechend groß gewählt werden muss.



TOLERANZEN IN REGELWERKEN

AUSSCHREIBUNG UND VERGABE

Die heute gültigen Normen und Regelwerke (Zusätzliche Technische Vorschriften bzw. Empfehlungen), die es für den Bereich des Spezialtiefbaus gibt, sind im Hinblick auf Toleranzen nicht durchgängig aufeinander abgestimmt.

Der Anwender muss daher diese Normen und Regelwerke in Kombination miteinander benutzen. Nachfolgend wird ein Überblick über diese Normen und Regelwerke mit darin enthaltenen Besonderheiten gegeben. Die Auflistung der Normen und Regelwerke ist ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit in Kapitel 10 dargestellt. Übersichten zu häufig verwendeten Toleranzwerten sind in Kapitel 11 enthalten.

Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau (DIN-EN-Normen)

Für die Ausführung von Gewerken im Spezialtiefbau gibt es europäische Normen (z.B. die DIN EN 1536 „Bohrpfähle“ etc.). Diese DIN-EN-Normen werden über das Technische Komitee TC 288 in Europa koordiniert und sind überwiegend miteinander homogenisiert. Sie enthalten im Regelfall im jeweiligen Kapitel 8 Hinweise zu Herstellertoleranzen.

Ergänzende Festlegungen zu DIN-EN-Normen

National ergänzen DIN SPEC bzw. DIN TS die jeweilige DIN-EN-Norm und sind gemeinsam mit der zugehörigen DIN-EN-Norm in der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) aufgeführt. Sie enthalten auch Hinweise zum Umgang bei – gegenüber einer DIN EN - abweichenden Festlegungen von Herstellertoleranzen.

Weitere Europäische Normen

Die DIN EN 1997 stellt die Grundlagennorm für Baugrunduntersuchung, Entwurf, Berechnung und Bemessung dar und ist daher im Kontext mit den entsprechenden Ausführungsnormen zu sehen.

VOB/C (ATV DIN-Normen)

Die Normen der VOB/C bauen auf den europäischen Normen mit den nationalen Ergänzungen auf. Sie geben im Hinblick auf und im Kontext zur VOB insgesamt zusätzliche technische Rahmenbedingungen an, die für die Ausführung unter den vertraglichen Aspekten in Deutschland von Bedeutung sind. Sie gelten in Deutschland allgemein als anerkannte Regeln der Technik (aRdT), prägen damit das vertraglich vereinbarte Soll der Ausführung (vgl. Kapitel 2) und definieren im Rahmen ihres Regelungsgehalts die Aspekte der mangelfreien Leistung im Sinne des Werkvertragsrechts. In den Normen der VOB/C werden auch Herstellertoleranzen zu Aspekten aufgeführt, die nicht in der jeweiligen europäischen Norm beinhaltet sind (ATV DIN 18302 bezgl. Einbautoleranzen von Bewehrungskörben).

Grundsätzlich ist hier auf die Angabe der ATV DIN 18303 (Verbauarbeiten) hinzuweisen, wonach in Fällen, in denen keine normativen Regelungen getroffen sind, folgende Werte gelten:

Lotabweichung	max. 1%
Lageabweichung am Ansatzpunkt	max. 50 mm
Abweichung von vorgegebener Oberseite	max. 20 mm

Regelwerke in Deutschland

Die in Kapitel 10 aufgeführten Regelwerke sind zum einen von großen öffentlichen Auftraggebern herausgegeben und bauen inhaltlich auf dem europäischen und deutschen Normenwerk auf. Es werden gerade im Bereich der Toleranzen jedoch deutlich restriktivere Vorgaben gemacht, die dann zum Vertragsbestandteil werden. Damit werden dann auch die in diesem Merkblatt definierten Akzeptanzklassen relevant. Zum anderen finden sich in Kapitel 10 auch

Regelwerke von Arbeitsausschüssen zu bedeutenden Anwendungsbereichen wie Pfahlgründungen, Baugruben und Ufereinfassungen.

In diesen wird das Thema Toleranzen im Kontext zu den europäischen und nationalen Normen ergänzt.

Regelwerke in Österreich

Die aufgeführten Regelwerke aus Österreich haben insofern eine Bedeutung, da im deutschsprachigen Raum wechselseitig auf entsprechende Regelwerke Bezug genommen wird.

UNTERSCHIEDE IN REGELWERKEN

5.2



Wie erwähnt sind die gültigen Normen und Regelwerke (Zusätzliche Technische Vorschriften bzw. Empfehlungen), die es für den Bereich des Spezialtiefbaus gibt, im Hinblick auf Toleranzen nicht durchgängig aufeinander abgestimmt. Nachfolgend werden hierzu drei ausgewählte Beispiele gezeigt.

Vertikale Abweichungen bei der Schlitzwandherstellung

Die DIN EN 1538 sieht hier eine Toleranz von max. 1,0% als zulässig an. Dieser Wert fällt gemäß der in Kapitel 3 vorgestellten Klassifizierung in die Akzeptanzklasse AKT1. Die ZTV-ING hingegen schreibt für die gleiche Größe eine maximale Abweichung (= Toleranz) von 0,5% fest. ZTVen z.B. der Landeshauptstadt München bzw. der Hochbahn Hamburg reduzieren diesen Wert sogar noch weiter auf 0,4%.

In diesem Zusammenhang ist beachtenswert, dass die DIN EN 1538 „bodenbedingt“ eine Öffnungsklausel enthält, wonach beim Antreffen großer

Blöcke oder Hindernisse die Toleranz überschritten werden kann. Die ZTVen dagegen geben direkt keinerlei Hinweise für eine ggf. unvermeidliche Überschreitung aufgrund angetroffener Baugrundverhältnisse an. In Abhängigkeit der durch die ZTVen vorgegebenen Toleranz und der zu erwartenden Baugrundverhältnisse erfolgt die Einteilung in eine ggf. höhere Akzeptanzklasse.

Kappen von Pfählen

Bei der Herstellung von Bohr- und Verdrängerpfählen mit Ort beton ist verfahrensbedingt am Pfahlkopf ein Beton vorhanden, der teilweise mit dem gelösten bzw. sedimentierten Boden vermischt ist und daher nicht zwangsläufig die Nennfestigkeit aufweist.

Daher werden die Pfähle um ein bestimmtes Maß über die planmäßige Pfahloberkante betoniert (= Überbeton) und dann abgestemmt.

Die DIN EN 1536 bzw. DIN EN 12699 geben für die Höhe des Überbetons keinen Wert an, sondern

weisen nur darauf hin, dass durch geeignete Maßnahmen das Vorhandensein von Beton der geforderten Nennfestigkeit auf Pfahloberkante vorhanden sein muss.

Die ATV DIN 18302 ergänzt hier die DIN-EN-Normen und gibt ein zulässiges Maß für den Über-/Unterbeton in Bezug auf die planmäßige Pfahloberkante an; das spätere Abstemmen bzw. Aufbetonieren der Pfähle in diesem Toleranzbereich ist dann eine „Besondere Leistung“ im Sinne der VOB/C.

Die ZTV-ING gibt im Teil 2, Abschnitt 2, eine klare Maßgabe für den Wert des Überbetons mit mindestens 50 cm über Unterkante Pfahlkopfplatte an; dieser ist dann im Zuge des Aushubs zu kappen.

Sowohl die ATV DIN 18302 als auch die ZTV-ING lassen offen, in wessen Verantwortungsbereich es liegt, wenn bei der Einhaltung der Toleranzvorgaben und dem anschließenden Abstemmen kein Beton der Nennfestigkeit auf der planmäßigen Pfahloberkante erreicht wird.

Keines der Regelwerke gibt an, in welchem Verfahren der Beton abzustemmen ist, noch mit welcher Genauigkeit/Toleranz die planmäßige Pfahloberkante hergestellt werden kann. In der Praxis ist als Verfahren zum Abstemmen der Handabbruchhammer bzw. Meißeleinsatz mit Minibagger üblich; Sägeschnitte bzw. ein hydraulisches Brechen sind „Besondere Leistungen“ im Sinne der VOB/C. Die erzielbare Toleranz ist vom Größtkorn des Betonzuschlags abhängig, z.B. ergibt sich bei einem Größtkorn des Betonzuschlags von 32 mm eine erzielbare Toleranz von 5 cm.

Zusammenfassung

Grundsätzlich sollte es Ziel bei der Harmonisierung von unterschiedlichen Regelwerken sein, Widersprüche auszuräumen und in sich konsistente Anforderungen an Toleranzen zu erzielen. Das gilt auch für etwaige zusätzliche technische Vertragsbedingungen, wie sie üblicherweise von öffentlichen Auftraggebern in Bauverträgen vereinbart werden. Im Einzelfall kann es aber notwendig sein, geringere Toleranzen zu vereinbaren, insbesondere dann, wenn technische oder gestalterische

Bohrtoleranzen von Kleinlochbohrungen

Kleinlochbohrungen werden für die Herstellung von Mikropfählen, Bodennägeln und Verpressankern eingesetzt.

Die in den relevanten europäischen Ausführungsnormen aufgeführten Herstelltoleranzen sind nicht nur unterschiedlich in den jeweiligen Werten, sondern auch in der Stringenz der Einhaltung („sollen bzw. müssen“).

DIN EN 1537 (Verpressanker) gibt an:

Lage der Bohransatzpunkte
max. 75mm

Neigungsabweichung bei Bohrbeginn
max. 2°

Bohrlochabweichung insgesamt
max. 1/30 der Bohrlänge

Diese Werte sollen lt. Norm eingehalten werden, d.h. Überschreitungen stellen nicht zwingend einen Mangel dar, sofern nichts anderes im Bauvertrag vereinbart ist.

DIN EN 14199 (Mikropfähle) gibt an:

Lage der Bohransatzpunktes
max. 100 mm

Neigungsabweichung bei Bohrbeginn
keine Angabe

Bohrlochabweichung
max. 2% der Pfahlänge
max. 4% der Pfahlänge bei einer Neigung $n \geq 4$
max. 6% der Pfahlänge bei einer Neigung $n \leq 4$

Diese Werte müssen lt. Norm eingehalten werden, d.h. Überschreitungen stellen damit formal einen Mangel dar.

Randbedingungen dies erfordern. Ziel muss daher sein, dass sich die am Bau Beteiligten - beginnend mit der Planung über die Ausschreibung bis hin zur Ausführung - über Toleranzen verständigen.

Es ist zu beachten, dass etwaige Widersprüche in Regelwerken nicht mit dem Hinweis, dass immer das qualitativ höhere Niveau und somit geringere Toleranzen Vertragssoll ist, versehen werden.



6 TOLERANZEN IN DER OBJEKTPLANUNG

Die **Objektplanung** beinhaltet die umfassende Planung eines Objektes von der ersten „Handskizze“ über die Ausführungsplanung, Vergabe und Objektüberwachung bis zur Übergabe einer vollständigen Gebäudedokumentation des fertiggestellten Bauwerks.

Die **Tragwerksplanung** hingegen erbringt den Nachweis einer ausreichenden Gebrauchs- und Tragfähigkeit einer zu entwickelnden Tragstruktur und ermöglicht die bautechnische Umsetzung mit Hilfe von Ausführungsplänen.

Die Objektplanung unterscheidet sich also im Wesentlichen von der Tragwerksplanung dadurch, dass die planerischen Aspekte hinsichtlich der Nutzung, der Bauphysik und des Baurechts im Vordergrund stehen.

Die **Objektplanung** legt in den Leistungsphasen 1 – 3 lt. HOAI mit der Grundlagenermittlung und der Vorplanung die wesentlichen Randbedingungen der Entwurfsplanung für das zu errichtende Bauwerk fest.

Die **Objektplanung** muss daher alle Aspekte der Herstellung der Bauteile sowie der Bauhilfskonstruktionen berücksichtigen; diese sind u.a.:

- Lage von Medienleitungen und Einbauten bzw. Schutzzonen
- Dimensionen der Spezialtiefbaulemente
- Arbeitssicherheitsaspekte (Arbeitsraum etc.)
- Toleranzthematik
- Ausführungstechnische Aspekte

Die Wechselbeziehung zwischen der Objektplanung eines Bauwerks und Spezialtiefbaumaßnahmen ist daher vorrangig im Bereich der Baugrubenerstellung zu sehen.

Lage von Medien-/Versorgungsleitungen bzw. Schutzzonen

Medien-/Versorgungsleitungen sind bei der Herstellung von Spezialtiefbaumaßnahmen besonders zu schützen (Abbildung 5).

Seitens der Planung muss sichergestellt werden, dass ein ausreichender Abstand nach Maßgabe des Medienträgers zwischen den einzubringenden Bauteilen und den Medienleitungen verbleibt, d.h. es ist ein Mindestabstand einzuhalten (z.B. Schutzzone lt. DIN 1998). Der Mindestabstand richtet sich auch nach der Art der Einbringung und dem Einbringverfahren, d.h. der Herstelltoleranzen, und ist im Einzelfall mit den Medienträgern zu klären.

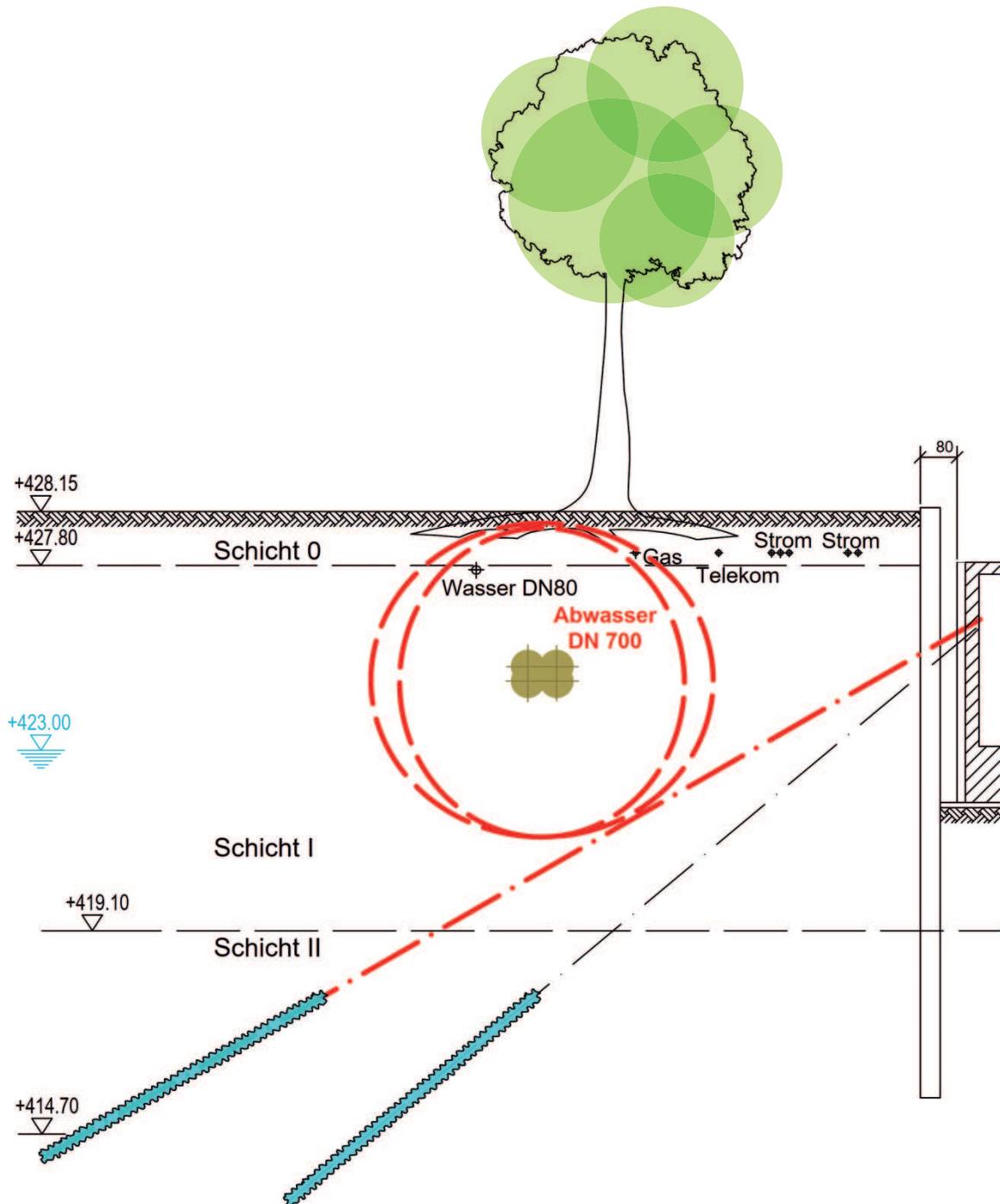


Abbildung 5: Darstellung Schutzzone Medientrasse bei Rückverankerung

Dimensionen der Elemente einer Baugrubensicherung

Die Dimensionen der Verbauelemente werden üblicherweise erst durch die statischen Nachweise und den Entwurf des Tragwerksplaners

(siehe Kapitel 7 Tragwerksplanung) festgelegt. Als Anhaltswerte für verschiedene Systeme können – in Abhängigkeit von der Tiefe – folgende Größenordnungen angenommen werden:

Verbautyp	Mindestdicke (cm)	Tiefenlage Baugrube (m)
Trägerbohlwand	40	10
Spundwand	40	15
	50	25
Bohrpfahlwand	75	10
	90	20
	120	30
Schlitzwand	60	10
	80	15
	120	20

Tabelle 1: Dimensionen von Verbauwänden in Abhängigkeit der Tiefe

Verformungen aus Einwirkungen (Abbildung 6) resultieren auch aus Last, Temperatur oder Schwinden und Quellen. Diese Verformungen sind nicht Bestandteil dieses Merkblatts und werden

hier lediglich der Vollständigkeit halber erwähnt. Als Teil der Systemtoleranz sind diese in der Entwurfsplanung und Ausschreibung zu berücksichtigen.

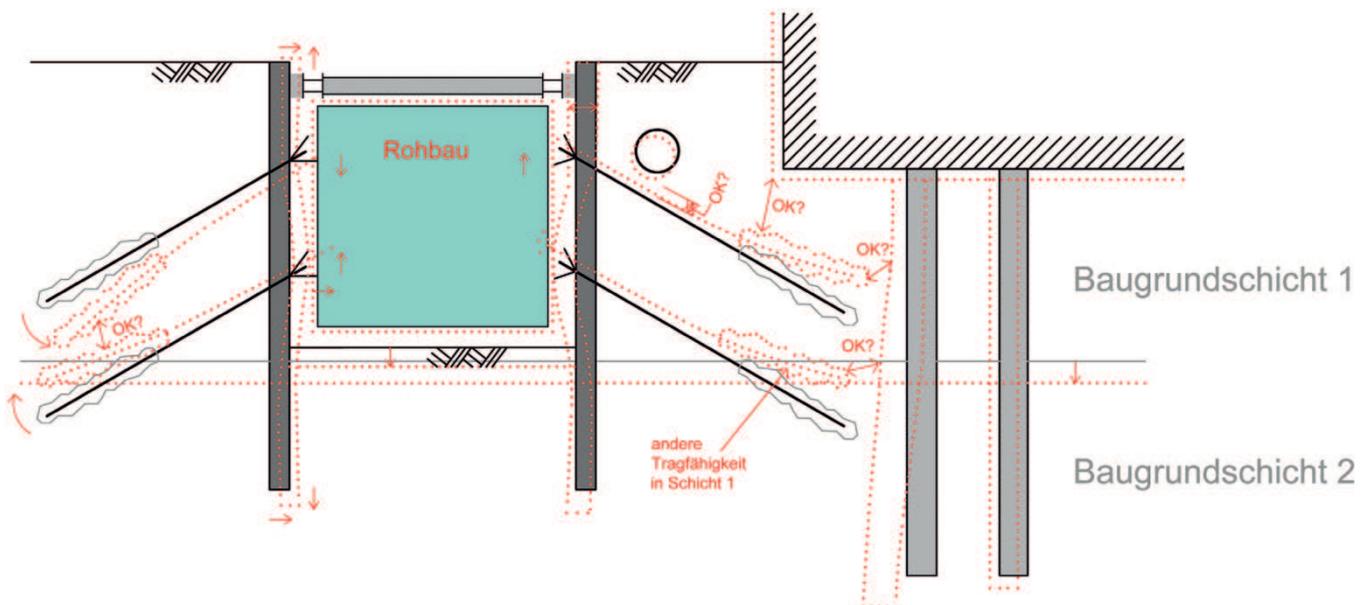


Abbildung 6: Verformungen bei Spezialtiefbauteilen

Arbeitssicherheitsaspekte (Arbeitsraum)

Gemäß DIN 4124 (Baugruben) ist bei verbauten Baugruben zur Sicherheit der Beschäftigten (Retungswege) und aus Gründen der Ergonomie sowie zur Sicherstellung einer einwandfreien Bauausführung immer eine Mindestbreite des Arbeitsraums von 60 cm einzuhalten (Abbildung 7).

Die Breite des Arbeitsraums ermittelt sich dabei von der Luftseite der Verkleidung (Verbau) bis zur Außenkante des Bauwerks. Bei der Außenkante des Bauwerks sind Schalungs- bzw. Verkleidungs-/Dämmkonstruktionen (der jeweils größere Wert) zu berücksichtigen. Die Luftseite der Verkleidung wird durch die Vorderkante von eventuellen Gurtungen/Querträgern etc. definiert. Die zulässige Verbautoleranz ist zum Wert von $\min b$ noch zu addieren.

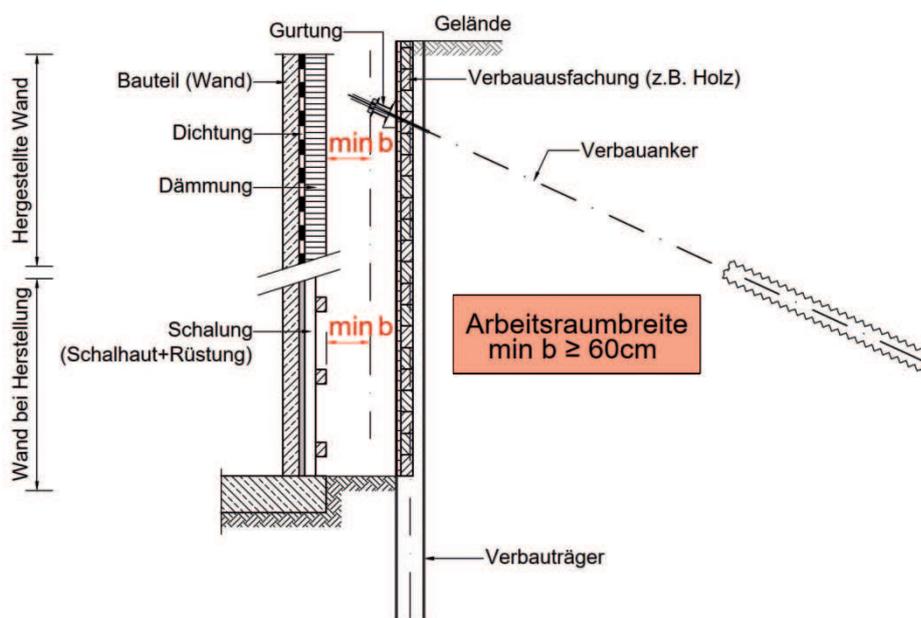


Abbildung 7: Arbeitsraum bei verbauten Baugruben (Systemdarstellung)

Toleranzthematik

Die Toleranzen bei der Einbringung von Spezialtiefbauerelementen sind vom gewählten Verfahren und dem anstehenden Baugrund abhängig. Die einzelnen Kapitel dieses Merkblattes geben hierzu einen detaillierten Einblick und definieren die entsprechenden Randbedingungen und Bezeichnungen.

Für den Objektplaner von besonderer Bedeutung ist die Thematik des Baugrubenverbaus. Hier sind zwei geometrische Größen maßgeblich, nämlich die Lage der Verbauerelemente auf Oberkante des Geländes und auf Höhe der finalen Baugrubensohle, auf der das geplante Bauwerk zu liegen kommt.

In der ATV DIN 18303, § 3.2.1.1, werden hier für Verbauten, für die keine Regelungen nach den Pfahl-/Anker-/Schlitzwand-/Spundwand-/Injektionsnormen existieren, allgemeine Angaben ohne Berücksichtigung von Einbringverfahren bzw. Geologie gemacht, nämlich eine max. Lage-

abweichung am Ansatzpunkt von 5 cm und eine max. Lotabweichung von 1% (vgl. Kapitel 5.1).

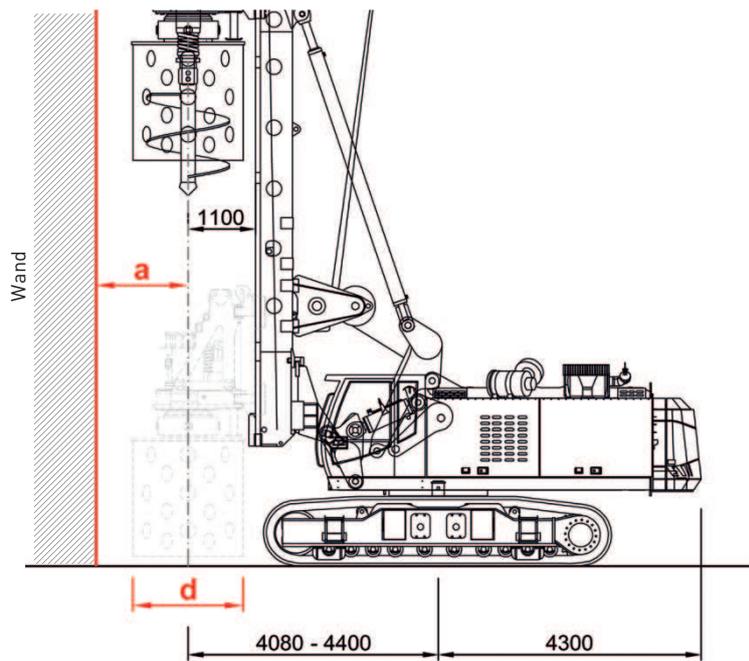
Beim Einbau von Bewehrungskörben und Anschlusskonstruktionen für Hochbaubauteile sind durch den Entwurfsverfasser Toleranzen vorzugeben, sofern diese von den relevanten Normen und Regelwerken abweichen.

Ausführungstechnische Aspekte

Besonderes Augenmerk ist darauf zu legen, dass es z.B. bei der Positionierung eines Verbaus unmittelbar an einer Grundstücksgrenze zur Inanspruchnahme des Nachbargrundstücks kommen kann; dies z.B. durch den Einbau von Stahlträgern in Bohrungen, aber auch durch Abweichungen von Bohrungen in Richtung des Nachbargrundstücks. Generell ist für jede Inanspruchnahme eines fremden Grundstücks die nachbarschaftliche Zustimmung notwendig.

Die Herstellung von Bauteilen im Spezialtiefbau bedingt häufig den Einsatz großer und schwerer Baumaschinen (> 100 t Einsatzgewicht). Hierfür sind entsprechend dimensionierte und tragfähige Arbeitsflächen vorzuhalten. Die erforderliche Größe der Arbeitsflächen und deren Tragfähigkeit ergibt sich auch aus Arbeitsschutzaspekten und wird im Merkblatt „Maschinenumstürze“ detailliert beschrieben.

Beim Arbeiten unmittelbar an einer Nachbarbebauung sind aus gerätetechnischen Gründen (vgl. Abbildung 8 für Drehbohrgeräte) und zur Ausführung von Leiteinrichtungen (Bohrschablonen bzw. Leitwände) generell Mindestabstände erforderlich (vgl. Abbildung 9 für Schlitzwandgreifer); deren Dimensionen sind im Entwurfsstadium zu berücksichtigen.



Durchmesser Bohrung d	Achsabstand a
≤ 900 mm	≥ 80 cm
≤ 1200 mm	≥ 100 cm
≤ 1500 mm	≥ 120 cm

Abbildung 8: Mindestabstände für Drehbohrgeräte vor aufgehenden Bauteilen

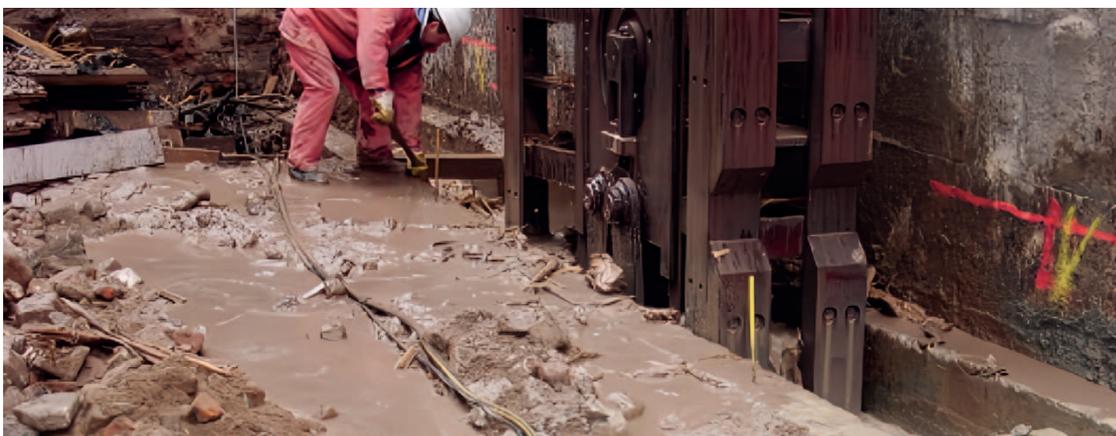


Abbildung 9: Leitwandkonstruktion für Schlitzwandgreifer vor aufgehendem Gebäude



TOLERANZEN IN DER TRAGWERKSPLANUNG

7

Die Tragwerksplanung ist Teil der Gesamtplanung eines Projektes und verifiziert die seitens der Objektplanung vorgegebenen geometrischen Randbedingungen für die jeweiligen Querschnitte; dies betrifft in der Praxis vorrangig Baugrubensicherungen, aber auch Gründungen.

Die Tragwerksplanung ist eine sogenannte Fachplanung, die in die Ausführungsplanung eines Gesamtprojektes einfließt. Im Hinblick auf die Leistungsphasen der HOAI sind hier die Begriffe Ausführungsplanung und Werkplanung (Besondere Leistung) im Leistungsbild Tragwerksplanung gegeneinander abzugrenzen.

Die Tragwerksplanung umfasst zum einen die Nachweise der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit, zum anderen die konstruktive Ausbildung, Darstellung und Anordnung der gewählten

Querschnitte in Verbindung mit der Objektplanung. Aus diesem Grund sind Toleranzen bei der Tragwerksplanung überwiegend in der Konstruktion, aber auch bei den vorgenannten Nachweisen (statischen Berechnungen) zu berücksichtigen.

Grundsätzlich hat jedes Bauteil im Spezialtiefbau Maßabweichungen gegenüber der Planung, sowohl im Ansatzpunkt, in der Lage und/oder in der Neigung. Diese Abweichungen sind in vielen Fällen gering und häufig durch das zugrunde gelegte Sicherheitsniveau abgedeckt.

Nachfolgend werden Erfahrungen und Empfehlungen für immer wiederkehrende Fragen zur Berücksichtigung von Toleranzen in der Entwurfs- und Ausführungsphase dargestellt.

Geometrie (Konstruktion)

- Eine Baugrube/Verbauwand/Sohle muss ausreichend dicht sein (Überschnitt/ Überlagerung). Vertikale Abweichungen z.B. einzelner Pfähle einer überschnittenen Pfahlwand dürfen nicht zu Undichtigkeiten führen. Bei künstlich hergestellten Dichtsohlen sind sowohl die vertikale Abweichung der Bohrung als auch Toleranzen bei der Ausbreitung des einzelnen Dichtkörpers (Radius DSV, Weichgel etc.) zu berücksichtigen.
- Mögliche Bauteilkollisionen (z.B. Ankerver-schneidungen) sollten mit 3D-Modellen überprüft werden, die Bohrtoleranzen (Ansatzpunkt und Neigung) berücksichtigen.
- Bei der Planung von Spundwandverbauten kommt es sehr häufig zu Abweichungen zwischen dem im Plan dargestellten und dem tatsächlich ausgeführten Spundwandverbau. Die Spundwandprofile selbst werden bereits mit einer Maßtoleranz auf die Baustelle geliefert. Hinzu kommt die Streckung/Stauchung der Bohlen beim Einbringen. Der Einbau von Passbohlen und Anschweißschlössern muss daher individuell vor Ort erfolgen, ohne dass diese Abweichung von der theoretischen Planung einen Mangel darstellt. Herstellreihenfolgen und Rammrichtung sollten eng zwischen Planer und den ausführenden Einheiten abgestimmt werden.

Statik/Berechnung

- Bei Pfahlgründungen (Exzentrizität und Schiefstellung) darf auf die Berücksichtigung der Exzentrizität verzichtet werden, wenn die Einflüsse einer ungewollte Biegebeanspruchung durch die lastverteilende Wirkung von Pfahlrostplatten, Pfahljochen, Fundamenten oder ähnlichen Konstruktionen ausgeschlossen werden (siehe DIN SPEC 18140:2012-02, A 7.1.2).
- Vereinzelt vertikale Abweichungen der Ankeransatzpunkte, auch über das Toleranzmaß der DIN EN 1537 hinaus, heben sich bei mehrlagigen Verankerungen i.d.R. auf und ergeben bei lokalem Auftreten auch bei einlagigen Verankerungen insgesamt nur geringe Veränderungen in den Schnittgrößen der Biegeglieder, so dass auf einen Ansatz in der Berechnung üblicherweise verzichtet werden kann.

- Verbauwände (Pfahl- und Trägerbohlwände) sind i.d.R. auf den geplanten horizontalen Abstand zu bemessen, da Achsabweichungen im Ansatzpunkt der vertikalen Tragelemente nur lokale Veränderungen der Schnittgrößen bedingen, die die globale Standsicherheit nicht beeinflussen.

- Druckringberechnungen von runden oder ovalen Schächten, Abweichungen benachbarter Elemente (innerhalb der Herstelltoleranzen) oder die Verdrehung von einzelnen Elementen (z.B. Schlitzwandgreifer) sind zu untersuchen, insbesondere in Hinblick auf die verbleibende statische Querschnittsdicke. Angaben zu geometrischen Imperfektionen gibt hierzu auch die Fachliteratur (z.B. EAB).

- Bohrabweichungen bei der Herstellung von Mikropfählen zur Rückverankerung von tiefen Unterwasserbetonsohlen können auch innerhalb der Toleranzen lt. Norm zu signifikanten Spannungserhöhungen in der Sohle und im Mikropfahl führen (vgl. Kapitel 8).

- Aushubtoleranzen für den Aushub unter Wasser sind nach ZTV-ING, Teil 2, Abschnitt 1, Bild 2.2.1 zu berücksichtigen. Für Trockenaushub kann in Analogie zu ATV DIN 18300, Absatz 3.1.7, darauf verzichtet werden.

- Verformungsgrößen aus analytischen und numerischen Berechnungen liefern aufgrund der Inhomogenität des Baugrunds immer nur Anhaltswerte für Verformungen. Die Nutzung dieser Größen für die Definition von Warn-, Alarm- und Eingreifwerten ist immer unter Einbeziehung der Gesamtkonstruktion zu ermitteln.

Werkplanung

Eine Werkplanung ist eine über die Ausführungsplanung der HOAI LPH 5 hinausgehende Planung, die der Unternehmer für die einwandfreie Erbringung seiner Werkleistung anfertigt, z.B. für die Vorfertigung von Komponenten (Verbindungs-konstruktion der Bewehrungskörbe für Bohrpfähle bzw. Schlitzwände oder Stahlbauanschlüsse bzw. Einbauteile).

Diese Leistung ist bei einem Planer – ohne Festlegung im Einzelfall – nicht in einer Vergütung nach LPH 5 enthalten. Der Auftraggeber kann diese Leistung auch nicht als Nebenleistung vom Unternehmer verlangen; er muss diese in den Vergabeunterlagen einfordern.

Beispiele:

Im Spezialtiefbau ist die Fertigungszeichnung für die Herstellung von Bewehrungskörben für Bohrpfähle oder Schlitzwände ein typisches Beispiel.

Die Ausführungsplanung muss im Detail den erforderlichen Bewehrungsgrad (Längs-/Querbewehrung, Einbauteile etc.) mit einer Plandarstellung angeben. Die Werkplanung des Bewehrungskorbes für einen einwandfreien Einbau mit den Maschinen und dem Personal des Unternehmers ist Aufgabe des Ausführenden, da jeder Unternehmer hier eigene firmenspezifische Randbedingungen (Wandstärke Bohrrohre, Aufhängungskonstruktion, Muffenverbindungen, Verbindungsplatten etc.) hat (Abbildung 10).



Abbildung 10: Varianten für den Zusammenbau von Bewehrungskörben (hohe Genauigkeitsanforderungen)



UMGANG MIT ABWEICHUNGEN WÄHREND DER AUSFÜHRUNG

8

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln die verschiedenen Begriffe definiert und erläutert wurden, wird hier die Feststellung und der Umgang mit Abweichungen thematisiert.

Bereits durch den Titel des vorliegenden Kapitel 8 werden zwei Aspekte vorausgesetzt:

- 1. Abweichungen sind feststellbar, also i.d.R. messbar.**
- 2. Der Zeitpunkt der Feststellung liegt in der Phase der Ausführung.**

An dieser Stelle ist zunächst zu prüfen, ob Abweichungen vorliegen, die über den im Vertrag vereinbarten Toleranzen liegen, und ob diese während der Ausführung der Bauleistung oder am fertigen Bauwerk festgestellt wurden. Dies ist insbesondere deshalb wichtig, weil während der Ausführung festgestellte, außervertragliche Abweichungen ggf. noch korrigiert werden können.

Der Grundgedanke tolerierbarer Abweichungen, wie sie letztendlich in den Normenwerken Eingang gefunden haben, ist die Vorstellung, dass bei Einhaltung dieser Toleranzen ein Schaden am Bauteil,

der Baukonstruktion (z.B. Bohrpfehlwand) oder der Umgebung (Bebauung, Umwelt etc.) nicht zu erwarten ist.

Ein Schaden liegt erst dann vor, wenn durch nicht vertragskonforme Abweichungen die planmäßige Nutzung des Bauteils oder der Baukonstruktion nicht mehr gewährleistet werden kann oder wenn von ihr eine Gefahr ausgeht (z.B. bei erheblichen bodenerodierenden Undichtigkeiten einer Wand).

Im Gegensatz dazu liegt ein Mangel bereits dann vor, wenn die Abweichungen größer sind als die vereinbarten Toleranzen. An dieser Stelle ist zu klären, ob die zum Mangel erwachsenen Abweichungen für die spätere Nutzung einerseits nicht zum Schaden führen können oder andererseits gegebenenfalls doch noch „tolerabel“ sind.

In jedem Fall ist zu empfehlen, dass sich die Vertragsparteien mit „Augenmaß“ einem Mangel, vor allem bei der Forderung nach dessen Beseitigung, nähern. Die Diskussion, welche Vertragspartei im Falle einer Unverhältnismäßigkeit der Mangelbeseitigung die Kosten dafür trägt, sollte vermieden werden.

TECHNISCHE HINWEISE

8.1

Abweichungen, die sich im Zuge der Ausführung ergeben, sind zu unterscheiden in

a) solche, die durch Messtechnik, visuelle Beobachtung o.ä. während der Ausführung festgestellt und korrigiert werden können

und

b) solche, die entweder nicht festgestellt oder aber nicht mehr korrigiert werden können.

Das nachfolgende Flussdiagramm verdeutlicht die Vorgehensweise bei der Überprüfung von Abweichungen:

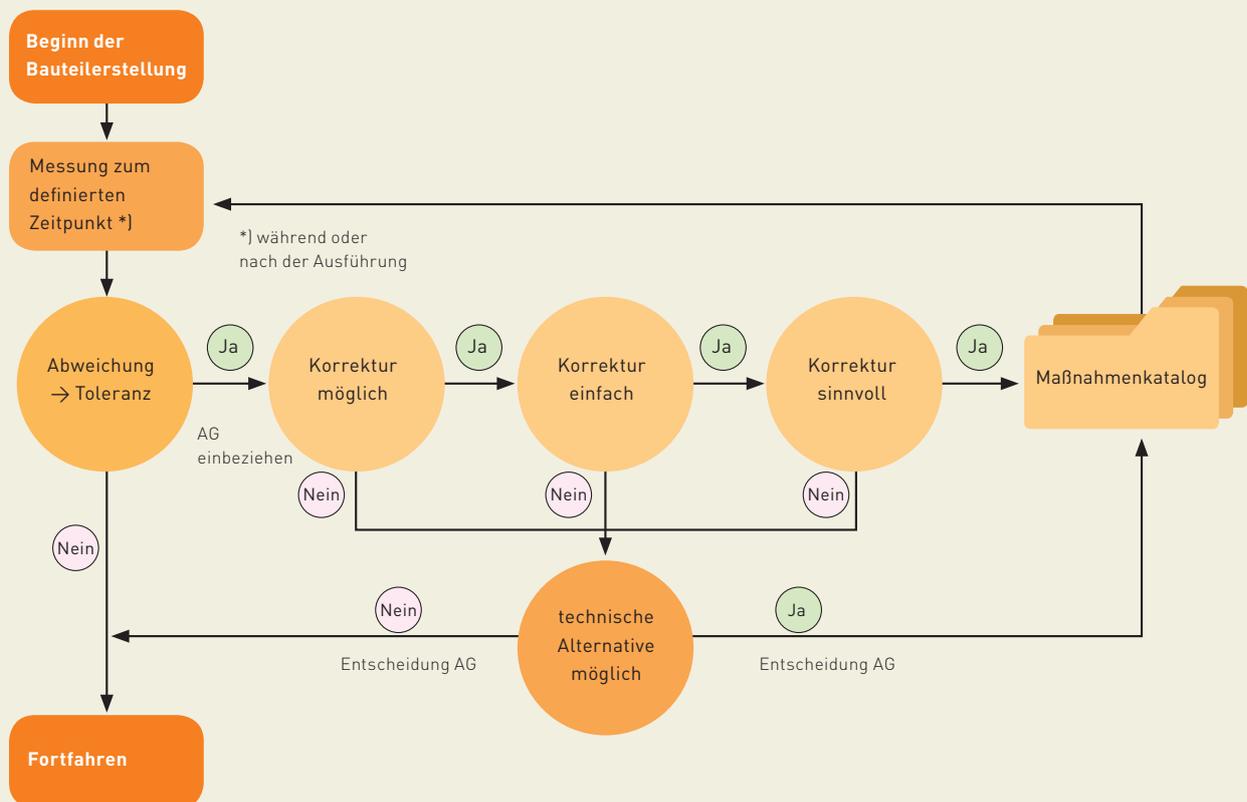


Abbildung 12: Umgang mit Abweichungen

Die Abweichungen können sich grundsätzlich ergeben durch

1. Fehler in der Ausführung (z.B. Fehlbedienung Gerät),
2. Fehler bei der Messung (z.B. ungeeignete Messmethode),
3. Baugrundeigenschaften (bekannt oder unbekannt) oder
4. Sonstiges (Witterung, Planung etc.).

Wenn sich diese Fälle klar voneinander trennen lassen, können die Ursachen der Verantwortung des Auftragnehmers oder der Risikosphäre des Auftraggebers zugeordnet werden.

An dieser Stelle erscheint ein kurzer Hinweis auf Versicherungen angebracht. Grundsätzlich ist bei der Überschreitung von Toleranzen zu prüfen, worin die Ursache(n) liegt bzw. liegen und damit auch, in wessen Verantwortungsbereich die Überschreitung fällt.

Kommt es infolge von über vereinbarte Toleranzen hinausgehenden Abweichungen, die auf Fehler bei

der Ausführung zurückzuführen sind, zu einem Personen-/Sachschaden eines sonstigen Dritten, kann dieser Schaden in der Haftpflichtversicherung des Schädigers versichert sein. Über vereinbarte Toleranzen hinausgehende Abweichungen an einer vorab mangelfrei erstellten (Teil-)Bauleistung, die als Folge eines von außen wirkenden, unvorhergesehenen Ereignisses im Sinne einer unvorhersehbaren Beschädigung oder Zerstörung der versicherten Sache entstehen, können ein Bauleistungsschaden gem. ABU/ABN (Allgemeine Bedingungen für die Bauwesenversicherung von Unternehmerleistungen bzw. von Gebäudeneubauten durch Auftraggeber) sein.

BEISPIELE ZU HERSTELLTOLERANZEN

Die nachfolgenden Beispiele aus der Praxis verdeutlichen zum einen mögliche Konsequenzen beim Auftreten von geometrischen Abweichungen und geben zum anderen Hinweise auf einen sinnvollen Umgang mit diesen.

BEISPIEL 1:

Vorwüchse (Schlote) auf der Schlitzwandoberfläche

Die in folgender Abbildung nach Freilegen der Wand erkennbaren Vorwüchse (Schlote von ca. 20 cm Stärke) auf der Schlitzwandoberfläche wurden offenbar durch Greiferanbauteile verursacht und liegen außerhalb des vereinbarten

Toleranzbereichs. Sie sind der Verantwortung des Auftragnehmers zuzuordnen und so abzufräsen, dass es zu keiner Querschnittseinengung oder dem Freilegen von Bewehrung kommt.



Abbildung 13: Vorwüchse Schlitzwand



BEISPIEL 2:

Abweichungen beim Einmessen von Bohrpunkten

Beim Einmessen von Bohrpunkten kommt es zu Abweichungen, die über die in technischen Regelwerken festgelegte Größe hinausgehen, mit der Folge, dass dies Auswirkungen auf die statische Berechnung hat. Sofern die Einmessung der Bohrpunkte in der Verantwortung des Auftragnehmers liegt, ist auch deren korrekte Ausführung und alle daraus resultierenden Folgen dem Auftragnehmer zuzuordnen.

Oftmals haben diese Abweichungen nur geringe Auswirkungen und können durch Anpassung der statischen Berechnungen kompensiert werden. In Einzelfällen ist allerdings die Anpassung der Bewehrungsführung im aufgehenden Bauteil oder die Ausführung eines oder mehrerer zusätzlicher Pfähle notwendig, die dann durch den Auftragnehmer zu dessen Lasten auszuführen sind.



Abbildung 14: Versetzter Pfahl bzw. Zusatzbewehrung für Fundamenteinbindung

BEISPIEL 3:

Besondere Anforderungen an die Einbautoleranz

Ein großes Möbelhaus forderte für den Einbau von Fertigteil-Hallenstützen ausgesprochen geringe und gegenüber den technischen Regelwerken deutlich reduzierte Einbautoleranzen der Anschlussbewehrung von Bohrpfählen.

Das Beispiel dient der Veranschaulichung, dass für außergewöhnlich geringe Toleranzen besondere Maßnahmen erforderlich werden (siehe auch „Toleranzklassen“ in Kapitel 3), die dann auch als Besondere Leistung durch den Auftraggeber zu vergüten sind.

Der Auftragnehmer hatte im Rahmen eines Nebengebotes hierfür eine spezielle Setzvorrichtung für die Anschlussbewehrung entwickelt, gefertigt und zum Einsatz gebracht.



Führungsrohre

Bolzen zum Verschieben der Schablone

Spindeln zum Höhenverstellen

Abbildung 15: Einbauvorrichtung für Fertigteilstützen

BEISPIEL 4:

Besondere Berücksichtigung von Leerbohrstrecken in der Planung

Bei einer Rückverankerung von Unterwasserbeton- oder DSV-Sohlen mit Mikropfählen sind üblicherweise große Leerbohrstrecken auszuführen, so dass sich sehr große Bohrtiefen ergeben. Die in den Regelwerken angegebenen Toleranzwerte beziehen sich dann auf die gesamte Bohrstrecke inkl. Leerbohrung.

Die Bestandsaufnahme einer Mikropfahl-Bohrung durch 30 m Baugrund und anschließender Pfahllänge von 40 m, somit in Summe 70 m Bohrlänge, ergibt folgende Abweichung:

Auf Höhe Mikropfahl-Kopf (= Höhe der Unterwasserbetonsole) beträgt die Abweichung 51 cm in Richtung Schachtmittelpunkt.

Die tatsächliche Lage des Fußpunktes des Mikropfahls liegt um weitere 69 cm, d.h. insgesamt 120 cm vom Planungssoll entfernt.

Nach DIN EN 14199 beträgt die Bohrtoleranz für Mikropfähle 2%. Daraus resultiert eine zulässige Abweichung am Mikropfahlkopf von 60 cm und am Pfahlfuß von 140 cm. Hieraus ergibt sich, dass die Toleranzen eingehalten wurden und somit kein Mangel vorliegt.

Allerdings war damit der Abstand des Verankerungspunktes der Unterwasserbetonsole (UWBS) zum Schachtrand deutlich größer als berechnet. Daher musste die Standsicherheit der UWBS überprüft werden; im vorliegenden Fall konnte diese nachgewiesen werden, so dass lediglich zusätzliche Planungskosten entstanden. Andernfalls wäre die Frage nach Ausführung und Vergütung von Zusatzpfählen zu stellen gewesen.

Alternativ dazu hätte ausschreibungsseitig eine geringere Herstelltoleranz (gegenüber DIN EN 14199) gefordert werden können; dies hätte dann eine kalkulatorische Bewertung nach AKT 2 mit sich gebracht.

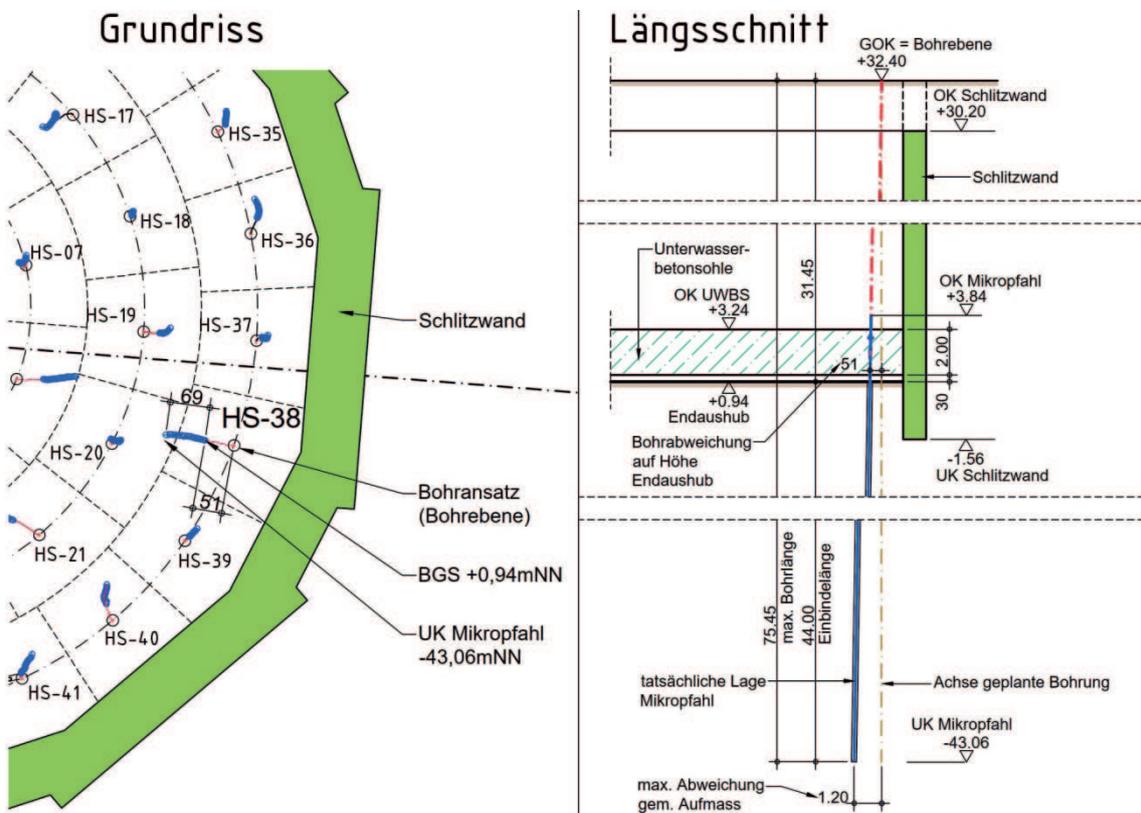


Abbildung 16: Berücksichtigung von Bohrabweichungen auch in Leerbohrstrecken

BEISPIEL 5:

Bodeneinbruch unter Leitwand

Der Aushub von Boden bei Schlitzwänden erfolgt unter Einsatz einer Stützflüssigkeit. Ihre Aufgabe ist es, den Boden während des Grabvorgangs vor dem Abgleiten in den Schlitz zu stützen. Die hierfür erforderlichen Nachweise sind Teil der technischen Bearbeitung. Ungeachtet dessen kann es zu lokalen Bodenerosionen kommen, insbesondere in rolligen, kiesigen Bodenschichten oder anthropogenen Auffüllungen, sofern diese vorab nicht entfernt oder ausreichend verdichtet werden können. Ausbrüche unter der Leitwand bei der

Schlitzwandherstellung sind durch den Baugrund, z.B. eine inhomogene Auffüllung, verursacht. Im Zuge der Betonage einer Schlitzlamelle entstehen Vorwüchse aus Beton.

Im günstigsten Fall lassen sich diese nach dem Aushub der Baugrube und Freilegen der Schlitzwand problemlos entfernen. Der damit verbundene Aufwand ist, je nach vertraglicher Vereinbarung, eine Besondere Leistung.



Abbildung 17: Bodeneinbruch unter Leitwand bzw. bei Wandherstellung

BEISPIEL 6:

Kleinlochbohrungen für Verankerungen

Kleinlochbohrungen sind in Bezug auf ihre Bohrabweichung nur bedingt zu kontrollieren. Ebenso sind für die tatsächliche Lage der Bohrachse nach einer bestimmten Bohrlänge die Lagegenauigkeit des Bohransatzpunkts sowie die Genauigkeit der planmäßigen Bohrlochachse beim Ansetzen der Bohrung einzukalkulieren.

Für die in Abbildung 18 gezeigte Situation einer Kaimauer waren Verpressanker zur Aufnahme von Pollerzugkräften an Schiffsanlegeplätzen erforderlich. Die rund 50 m langen Bohrungen

waren mit einer extremen hohen Anforderung an die Lagegenauigkeit der Bohrachse herzustellen, um beim Abbohren eine Schädigung der bereits vorhandenen Ankerlagen zu vermeiden.

Neben den möglichen Abweichungen von der Soll-Lage der neuen Anker gab es eine zusätzlich zu berücksichtigende Abweichung von der Soll-Lage der vorhandenen Anker (Bestandsanker), hier auch aufgrund der Lagetoleranzen der Bewehrungskörbe (um deren Ankerköpfe) in der bestehenden Schlitzwand.

Die Ungenauigkeit am Bohransatzpunkt war durch die Lagegenauigkeit des Bewehrungskorbs im ausgehobenen Schlitz sowie der Lagegenauigkeit der Ankerkopfkonstruktion im Bewehrungskorb gegeben. Auch bei einer erhöhten Anforderung an die Genauigkeit der Bohrachse beim Ansetzen der Bohrung war die zulässige Toleranz der Bohrabweichung mit maximal 1% (für das Kreuzen der unteren Ankerlage) selbst in dem gegebenen weitgehend homogenen Boden ohne zu erwartende Bohrhindernisse nicht zuverlässig einzuhalten und es wurden Besondere Maßnahmen vereinbart. Konkret wurde im Vorfeld die tatsächliche Lage der vorhandenen (zu kreuzenden) Anker geomess-technisch erfasst und mit einer weiteren Toleranz aufgrund der Messgenauigkeit belegt. Die Unsicherheit der Lage resultierte aus der möglichen Lageabweichung der jeweiligen Verankerungen in der vorderen und hinteren Schlitzwand, wobei - anders als am Schlitzwandkopf - eine mögliche Abweichung des Bewehrungskorbs über die Tiefe zu addieren ist. Erwartungsgemäß konnte die obere Ankerlage mit einer höheren Messgenauigkeit erfasst werden als die untere, womit sich die für diese untere Kreuzung bereits geringe Toleranz nochmals reduzierte.

Für die Ausführung der Verpressanker wurden zur Minimierung von Bohrabweichungen und zur Kollisionsvermeidung weitere besondere Maßnahmen ergriffen:

- Exakte Positionierung des Bohrgestänges über die 8 m Bohrstrecke
- Langsamer Bohrfortschritt durch reduzierten Anpressdruck
- Vorauseilende messtechnische Positionsbestimmung nach 16 m Bohrstrecke und Übernahme in ein 3D-Lagemodell
- Durchschieben eines Bohrkopfes über die zu kreuzende tiefe Ankerlage

Das obige Beispiel zeigt, dass in einem System aus mehreren Bauteilen einzelne geometrische Anforderungen auch „mit sehr hohem Aufwand nicht gesichert beherrschbar“ sein können. Gleichzeitig wird eine bautechnisch erfolgreiche Lösung vorgestellt, für welche die Vertragspartner vor Ausführung auch die Auswirkungen auf eine verlängerte Bauzeit und erhöhte Herstellkosten einvernehmlich geregelt haben.

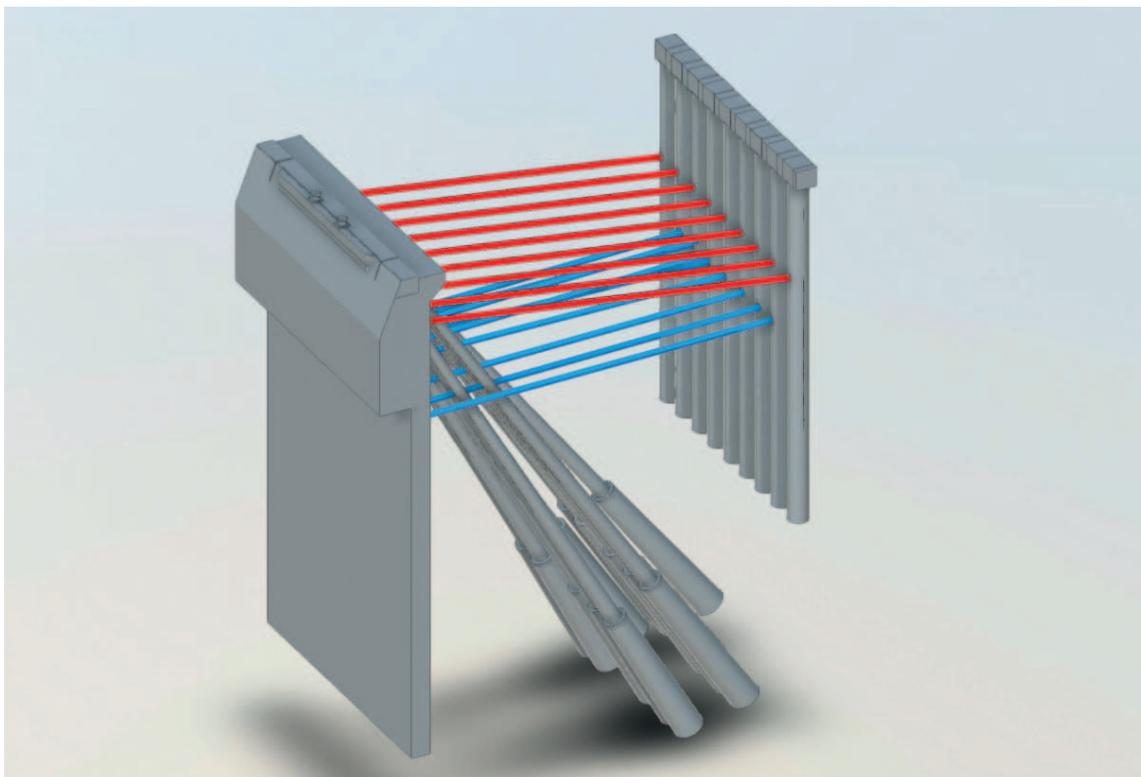


Abbildung 18: Situation der durch zwei vorhandene Ankerlagen (rot und blau) abzuteufenden Ankerbohrungen

ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN

8.3



Unter Berücksichtigung

- des Rechts des AG auf Mangelbeseitigung und
- des Rechts des AN auf Nachbesserung, sowie unter
- Einbeziehung der Erfordernis einer Mangelbeseitigung bei vorhandener Funktionalität

hat sich grundsätzlich bei allen erforderlichen Mangelbeseitigungen – nicht nur infolge des Überschreitens eines vertraglichen Toleranzwertes – folgende Vorgehensweise der Vertragsparteien als sinnvoll erwiesen:

1. Eindeutige Identifikation eines Mangels (siehe Skizze unten)
2. Auswirkung des Mangels auf Standsicherheits-/ Gebrauchstauglichkeits- und Dauerhaftigkeitsaspekte
3. Lösungsvorschläge zur Beseitigung oder Akzeptanz des Mangels unter Betrachtung der Angemessenheit und Verhältnismäßigkeit
4. Wenn möglich Zuordnung der Verantwortung
5. Gemeinsame Entscheidung über Umsetzung

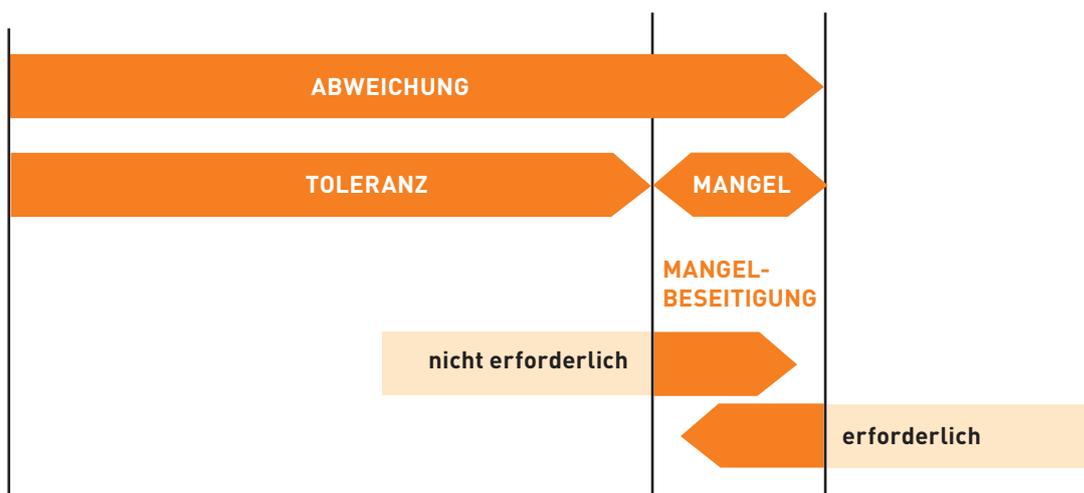


Abbildung 19: Einordnung von Toleranzüberschreitungen



FAZIT / EMPFEHLUNGEN

9

Im Merkblatt werden geometrische Toleranzen im Spezialtiefbau umfassend unter vertraglichen und bautechnischen Aspekten behandelt. Sie werden im Kontext der Regelwerke bewertet, ihre Relevanz für die Objekt- und Tragwerksplanung wird herausgestellt. Abschließend werden Beispiele aus der Praxis zum Umgang mit geometrischen Abweichungen während der Bauausführung gezeigt.

Ausgangspunkt häufiger Diskussionen rund um das Thema von Toleranzen ist, dass im Bauwesen erbrachte Bauleistungen dem vertraglich vereinbarten Zustand entsprechen müssen. Dieser Zustand wird dabei unter anderem auch über geometrische Anforderungen beschrieben, die aus der Objekt- und Tragwerksplanung resultieren und in der Ausführungs- und ggf. Werkplanung „baustellengerecht“ detailliert werden.

Weil jede geometrische Größe im Bauwesen Streuungen unterworfen ist, müssen Herstelltoleranzen berücksichtigt werden.

In diesem Umfeld soll das Merkblatt zu einem möglichst übereinstimmenden Verständnis aller am Bau Beteiligten für die Thematik der Herstelltoleranzen führen. Wegen der Komplexität und des großen Umfangs der Thematik hat sich der Autorenkreis des Merkblatts dabei auf die aus seiner Sicht zentralen Themen beschränkt. Gleichzeitig werden aber wesentliche Grundlagen dargestellt und Empfehlungen zum Umgang mit Toleranzen gemacht, deren Einfluss auf die Bauleistung umfassend geplant werden muss.

Herstelltoleranzen spielen eine zentrale Rolle für die Einhaltung der Funktionalität von Bauwerken.

Im Zentrum des Merkblatts steht die vorgenommene Aufteilung von geometrischen Anforderungen in drei sogenannte Akzeptanzklassen (AKT).

Die Klassen AKT 1 und AKT 2 unterscheiden sich in ihrem Grad der für die Machbarkeit aufzuwendenden Anstrengungen, während mit der Klasse AKT 3 die Grenze gezogen wird, ab der Toleranzen nicht mehr gesichert technisch beherrschbar sind.

Als Standard zu verstehen ist die Klasse AKT 1, mit der alle normativen Festlegungen (DIN EN und DIN) abgedeckt werden, die im Konsens Interessierter Kreise erarbeitet wurden. Der anspruchsvolleren AKT 2 werden Festlegungen aus Allgemeinen Geschäftsbedingungen jeder Art (z.B. aus ZTV-ING) und Einzelvorgaben zugeordnet, da diese nur mit erhöhtem Aufwand durch den Ausführenden erbracht werden können. Da nicht jede vorgegebene Toleranz mit heute verfügbaren Mitteln bautechnisch gesichert ausführbar ist, wird im Merkblatt die Klasse AKT 3 eingeführt.

Allen am Bau Beteiligten muss die besondere Bedeutung von Toleranzen schon zu Beginn der Planung und Ausschreibungsphase klar sein.

Insbesondere im Zusammenhang mit der Machbarkeit in der Bauausführung und möglichen Konsequenzen in Bezug auf Kosten, Bauzeit und Nachhaltigkeit hilft eine frühzeitige Einordnung geometrischer Anforderungen in die vorgestellten Akzeptanzklassen.

Alle Interessierten Kreise sind aufgerufen, vollständige und konsistente Vorgaben zu Herstelltoleranzen im Spezialtiefbau zu schaffen. Diese sind für die typischen Anwendungsfälle insbesondere in den relevanten Normen und Regelwerken zu verankern, um das Konfliktpotential im Kontext geometrischer Toleranzen im Spezialtiefbau konsequent zu reduzieren.

Hinweise und Kommentare zu diesem Merkblatt sind willkommen und werden im Arbeitskreis Toleranzen im Spezialtiefbau der Bundesfachabteilung Spezialtiefbau im Hinblick auf die Fortschreibung des Merkblatts sachlich und fachlich geprüft.

Hinweise zum Merkblatt gern an tiefbau@bauindustrie.de.

Das Merkblatt soll eine Leitlinie in der Zusammenarbeit zwischen Kunden, Planern und Ausführenden darstellen. Es reiht sich damit in die erfolgreiche Serie der unten dargestellten Merkblätter ein.



„**Baulärm**“ (www.baulaermportal.de)

„**Kampfmittelfrei Bauen**“ (www.kampfmittelportal.de)

„**Stopp Maschinenumstürze**“



Unter diesem QR-Code können Sie die jeweils aktuelle Version dieser Merkblätter abrufen.



RELEVANTE NORMEN UND REGELWERKE (AUSWAHL)

DIN-EN-NORMEN für die Ausführung von Arbeiten im Speziali Tiefbau

DIN EN 1536	Bohrpfähle
DIN EN 1537	Verpressanker
DIN EN 1538	Schlitzwände
DIN EN 12063	Spundwandkonstruktionen
DIN EN 12699	Verdrängungspfähle
DIN EN 12715	Injektionen
DIN EN 12716	Düsenstrahlverfahren
DIN EN 14199	Mikropfähle
DIN EN 14475	Bewehrte Schüttkörper
DIN EN 14490	Bodenvernagelung
DIN EN 14679	Tiefreichende Bodenstabilisierung
DIN EN 14731	Baugrundverbesserung durch Tiefenrüttelverfahren
DIN EN 15237	Vertikaldräns

Ergänzende Regelungen zu DIN-EN-Normen

DIN SPEC 18140	Bohrpfähle
DIN SPEC 18187	Injektionen
DIN TS 18537	Verpressanker
DIN SPEC 18538	Verdrängungspfähle
DIN SPEC 18539	Mikropfähle

Weitere Europäische Normen

DIN EN 1997	Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
DIN EN 12794	Betonfertigteile - Gründungspfähle

VOB/C (ATV DIN-Normen) und DIN-Normen

DIN 18201	Toleranzen im Bauwesen
DIN 18202	Toleranzen im Hochbau
DIN 18301	Bohrarbeiten
DIN 18302	Arbeiten zum Ausbau von Bohrungen
DIN 18303	Verbauarbeiten
DIN 18304	Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
DIN 18309	Einpressarbeiten
DIN 18313	Schlitzwandarbeiten mit stützenden Flüssigkeiten

DIN 18314	Spritzbetonarbeiten
DIN 18321	Düsenstrahlarbeiten
DIN 18331	Betonarbeiten
DIN 4123	Unterfangungen
DIN 4124	Baugruben

Regelwerke in Deutschland

ZTV-ING Teil 2	Zusätzlich Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten
ZTV-W	Zusätzlich Technische Vertragsbedingungen - Wasserbau
Ril	Richtlinie DB Netze AG
EAU	Empfehlungen Arbeitsausschuss Ufereinfassungen
EA-Pfähle	Empfehlungen Arbeitsausschuss Pfähle
EAB	Empfehlungen Arbeitsausschuss Baugruben

Richtlinien und Merkblätter in Österreich

Richtlinie Bohrpfähle, ÖBV
Richtlinie Schlitzwände, ÖBV
Merkblatt Unterwasserbetonsohlen, ÖBV

Weiterführende Literatur

Handbuch Tiefbaurecht, Fuchs/Mauerer/Schalk
2023, C.H. Beck, München
Beck'scher VOB-Kommentar, VOB Teil C, Englert/
Katzenbach/Motzke
2021, C.H. Beck, München

Hinweis:

Die aufgeführten Normen und Regelwerke unterliegen einer regelmäßigen Überprüfung und ggf. Überarbeitung, so dass einzelne Sachverhalte auch in Bezug auf die in diesem Merkblatt behandelten Toleranzen sowie enthaltene Toleranzwerte versionsabhängig sind. Im Merkblatt wird die zum Zeitpunkt der Veröffentlichung aktuelle (neueste) Version in Bezug genommen.



11

ÜBERSICHTEN ZU HÄUFIG VERWENDETEN TOLERANZWERTEN

Bohrpfähle und Schraubbohrpfähle

Toleranz	DIN EN 1536:2015-10		DIN 18302:2023-09		ZTV-ING:2023-12	
	Wert	Beschreibung	Wert	Beschreibung	Wert	Beschreibung
Lageabweichung Ansatzpunkt	0,10 m	$D \leq 1,0 \text{ m}$	Analog DIN EN 1536:2015-10		$0,05 \cdot D$	Für alle Durchmesser
	$0,1 \cdot D$	$1,0 \text{ m} < D \leq 1,5 \text{ m}$				
	0,15 m	$D > 1,5 \text{ m}$				
Neigungsabweichung	$i < 0,02 \text{ m/m}$	$0^\circ \text{ bis } < 4^\circ \text{ Neigung}$	Analog DIN EN 1536:2015-10		$0,015 \text{ m/m}$	Für Gründungspfähle
	$i < 0,04 \text{ m/m}$	$\geq 4^\circ \text{ Neigung}$			0,50%	Für dichte Bohrpfahlwände
Einbauhöhe von Bewehrungskörben	$\pm 0,15 \text{ m}$	Bezug planmäßiger Wert	Analog DIN EN 1536:2015-10		Keine Angabe	
			$\pm 30 \text{ cm}$	Für schwimmende Bewehrung	Keine Angabe	
Herstellung Pfahloberseite	Qualitative Angabe	Da die oberste Zone der Betonsäule nicht die erforderliche Qualität aufweisen kann, ist eine ausreichende Menge an Beton in das Bohrloch einzubringen, um sicherzustellen, dass der Beton unterhalb der Kapphöhe die erforderlichen Eigenschaften aufweist.	$-7 \text{ cm bis } + 50 \text{ cm}$	Für max. 3,0 m Leerbohrung Darüber Erhöhung um 10 cm/m Leerbohrung	50 cm	Betonage über UK Pfahlkopfplatte
Kappen von Pfählen	$+0,04 \text{ m bis } -0,07 \text{ m}$	Bezogen auf vorgegebene Kapphöhe	Keine Angabe		5 cm	Kapphöhe über UK Pfahlkopfplatte

Verdrängungspfähle

Toleranz	DIN EN 12699:2015-07		ZTV-ING:2023-12	
	Wert	Beschreibung	Wert	Beschreibung
Lageabweichung Ansatzpunkt	0,10 m	Für alle Durchmesser	Keine Angabe	
Neigungsabweichung	$i \leq 0,04 \text{ m/m}$	Vertikale Pfähle	Keine Angabe	
	$i \leq 0,04 \text{ m/m}$	Schräge Pfähle		
Richtung der schrägen Pfähle	$\leq 2^\circ$		Keine Angabe	
Einbau von Bewehrungskörben	Keine Angabe		Keine Angabe	
Kappen von Pfählen	Keine Angabe		5 cm	Kapphöhe über UK Pfahlkopfplatte

Schlitzwände

Toleranz	DIN EN 1538:2015-10		DIN 18313:2019-09		ZTV-ING:2023-12	
	Wert	Beschreibung	Wert	Beschreibung	Wert	Beschreibung
Lageabweichung am oberen Rand der Leitwand	25 mm	Luftseite bei Ortbetonwand	Keine weiteren Angaben		Keine Angabe	
	50 mm	Erdseite bei Ortbetonwand				
	10 mm	Erd-/Luftseite bei Fertigteilschlitzwand				
Neigungsabweichung	1%	Längs- und Querrichtung bezogen auf Schlitztiefe	Keine weiteren Angaben		0,50%	Längs- und Querrichtung bezogen auf Schlitztiefe
Maßhaltigkeit Bewehrungskorb	± 10 mm	Dicke des Bewehrungskorbs	Keine weiteren Angaben		Keine Angabe	
Einbau von Bewehrungskörben	± 50 mm	Oberkante Bewehrungskorb				
Horizontale Abweichung Bewehrungskörben	± 70 mm	Bezug Soll-Lage				
Einbauteile in Bewehrungskörben	± 70 mm	Bezug Soll-Lage				
Ausbauchungen	100 mm	über das zul. Toleranzmaß hinaus				
Überscheidung von Lamellen	Nur qualitative Aussage		Keine weiteren Angaben		≥ 20 cm	In Querrichtung auf Schlitzwandsohle
Herstellung SW-Oberseite	Nur qualitative Aussage	Da es sein kann, dass die oberste Zone des Betons eine niedrigere Qualität aufweisen kann, ist eine ausreichende Menge an Beton in den Schlitz einzubringen, um sicherzustellen, dass der Beton außerhalb der Kapphöhe die erforderlichen Eigenschaften aufweist.	-10 cm bis + 50 cm	Für max. 3,0 m Leerschlitz Darüber Erhöhung um 10 cm/m Leerschlitz		Keine Angabe
Kappen von Schlitzwänden	Keine Angabe		Keine Angabe		Keine Angabe	

Ankerbohrungen

Toleranz	DIN EN 1537:2014-07		Andere Regelwerke (ZTV-ING o.ä.)	
	Wert	Beschreibung	Wert	Beschreibung
Bohransatzpunkt	≤ 75 mm	Luftseite	Keine Angabe	
Bohrachse	≤ 2°	Bei Bohrbeginn Kontrolle nach 2,0 m		
Bohrlochabweichung	≤ 1/30 Bohrlänge	Bezogen auf Bohrlänge ab Ansatzpunkt		

Mikropfähle

Toleranz	DIN EN 14199:2015-10		Andere Regelwerke (ZTV-ING o.ä.)	
	Wert	Beschreibung	Wert	Beschreibung
Bohransatzpunkt	0,10 m	Vertikale und geneigte Pfähle	Keine Angabe	
Bohrlochabweichung	≤ 2% Pfahllänge	Vertikale Mikropfähle	Keine Angabe	
	≤ 4% Pfahllänge	Neigung n ≥ 4		
	≤ 6% Pfahllänge	Neigung n < 4		
Winkelabweichung am Anschluss	≤ 1/150 rad		Keine Angabe	



12

IMPRESSUM

Herausgegeben vom Verein zur Förderung fairer Bedingungen am Bau e.V. in Zusammenarbeit mit dem Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. (Bundesfachabteilung Spezialtiefbau).

Der Inhalt stellt das gemeinsame Verständnis der Autorengruppe dar. Dieses Merkblatt ist keine Norm, Richtlinie oder Verordnung.

Bearbeitungsstand: August 2024

Redaktion:

Dipl.-Ing. Dirk Siewert
Hauptverband der Deutschen
Bauindustrie e.V. (HDB)

Dipl.-Ing. Karsten Lühmann
Vorsitzender der Bundesfachabteilung
Spezialtiefbau im HDB

Arbeitskreis „Toleranzen im Spezialtiefbau“ der
Bundesfachabteilung Spezialtiefbau im HDB

Juristische Beratung
Prof. Dr. Bastian Fuchs, TOPJUS Rechtsanwälte
Kupferschmid & Partner mbB

HAFTUNGSBESCHRÄNKUNG

Das Merkblatt Toleranzen wurde mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Die Herausgeber übernehmen dennoch keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der bereitgestellten Inhalte und Informationen. Die Nutzung des Merkblattes erfolgt auf eigene Gefahr.

Das Merkblatt enthält u.U. Angaben zu Links auf verschiedene Webseiten („externe Links“). Diese Webseiten unterliegen der Haftung der jeweiligen Seitenbetreiber. Auf die aktuelle und künftige Gestaltung der angegebenen Links haben die Herausgeber keinen Einfluss. Die permanente Überprüfung der angegebenen Links ist für die Herausgeber ohne konkrete Hinweise auf Rechtsverstöße nicht zumutbar.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die einschlägigen Gesetze, Regelungen und Normen, z.T. auch der einzelnen Bundesländer der Bundesrepublik Deutschland, einem Wandel unterliegen können. Maßgebend ist damit stets die jeweils aktuelle Fassung.

Urheberrecht / Leistungsschutzrecht

Die im Merkblatt veröffentlichten Inhalte unterliegen dem deutschen Urheberrecht und Leistungsschutzrecht. Eine vom deutschen Urheber- und Leistungsschutzrecht nicht

zugelassene Verwertung bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der Herausgeber oder jeweiligen Rechteinhaber. Dies gilt vor allem für Vervielfältigung, Bearbeitung, Übersetzung, Einspeicherung, Verarbeitung bzw. Wiedergabe von Inhalten in Datenbanken oder anderen elektronischen Medien und Systemen.

Das unerlaubte Kopieren der Merkblattinhalte oder des kompletten Merkblattes ist nicht gestattet und strafbar. Lediglich die Herstellung von Kopien für den persönlichen, privaten und nicht kommerziellen Gebrauch ist erlaubt. Dazu zählt auch die Kopieranfertigung für firmen- oder behördeneigene Zwecke, insbesondere für Schulungen und Einweisungen.

Dieses Merkblatt darf ohne schriftliche Erlaubnis nicht durch Dritte in Frames oder iFrames dargestellt werden. Die Verwendung der Kontaktdaten des Impressums zur gewerblichen Werbung ist ausdrücklich nicht erwünscht, es sei denn, es wurde zuvor eine schriftliche Einwilligung erteilt oder es besteht bereits eine Geschäftsbeziehung.

Die Herausgeber und alle im Merkblatt genannten Personen widersprechen hiermit jeder kommerziellen Verwendung und Weitergabe ihrer Daten. Das Urheberrecht liegt bei den Herausgebern.

BILDNACHWEISE:

Seite 2, 10, 38: Bauer Spezialtiefbau GmbH
 Seite 11, 22, 25, 30-ol, 30-or: Implenia Civil Engineering GmbH
 Seite 6, 12, 14, 16, 18, 30-om: Aarsteff Grundbau GmbH
 Seite 8, 23, 30-u, 32-l, 32-r, 35, 40: Züblin Spezialtiefbau GmbH
 Seite 4, 27, 37: Porr Spezialtiefbau GmbH
 Seite 33: Port of Antwerp-Bruges
 Seite 34: Keller Grundbau GmbH

Design und Layout: www.bn2.de Andreas Lange

