

Tech-News 02/03 Folge 2 - Fachgebiet: Stahlbeton

Von Dipl.-Ing. Jürgen Lorch
Prüfingenieur für Baustatik VPI
Eichenstrasse 11
71149 Bondorf

6. HOAI § 64 Leistungsphase 6 :

Auf den ersten Blick ist zwischen der DIN 1045-2 und der HOAI § 64 kein Zusammenhang erkennbar. Man muss schon tiefer schürfen, um einen Zusammenhang feststellen zu können.

Im o.a. § 64 werden unter der Leistungsphase 6 – Vorbereitung der Vergabe – folgende Grundleistungen des Tragwerksplaners festgelegt:

Der Beitrag des Tragwerksplaners zur Mengenermittlung des Objektplaners (in der Regel der Architekt) besteht im Ermitteln der Betonstahlmengen im Stahlbetonbau, der Stahlmengen im Stahlbau und der Holzmengen im Ingenieurholzbau einschließlich der zugehörigen kraftübertragenden Zwischenbauteile und Verbindungsmittel. Eine weitere Grundleistung ist das **Aufstellen von Leistungsbeschreibungen**. Unter Leistungsbeschreibungen ist nicht etwa das Leistungsverzeichnis selbst zu verstehen, sondern es handelt sich um Beschreibungen der ausgeschriebenen Leistungen. Die Beschreibung muss umfassend sein. Der Objektplaner muss auf der Grundlage der Beschreibungen in der Lage sein, die Leistung in seinem Leistungsverzeichnis so zu definieren, dass die ausführende Firma alle erforderlichen Festlegungen für die Kalkulation und Herstellung des Bauwerks erhält.

Dies soll an einem Beispiel in verkürzter Form erläutert werden.

Eine kleinere Gemeinde hatte einen Architekt mit der Planung einer neuen repräsentativen Außentreppeanlage für ihr bestehendes Rathaus beauftragt. Der Architekt hatte aufgrund seines HOAI – Vertrages, der die Leistungsphase 6 nach § 15 der HOAI beinhaltet, die Leistungsverzeichnisse für die Treppeanlage erstellt. Der Architekt hatte im Zuge der Erstellung der Leistungsverzeichnisse seinen Tragwerksplaner, der häufig in anderen Fällen für ihn tätig war, gebeten, die statische Berechnung und die Ausführungszeichnungen zu erstellen und die Betonstahlmengen für die Treppeanlage zu ermitteln. Nach einem Jahr traten erhebliche Schädigungen der Betonoberfläche auf. Die ausführende Firma wurde verklagt und hat daraufhin dem Architekten und dem Tragwerksplaner den Streit verkündet. Der Autor war in dieser Sache als Sachverständiger tätig.

Die Ursache der Schäden war schnell gefunden. Der Hausmeister hat im Winter intensiv Tausalz eingesetzt. Im Leistungsverzeichnis war für die Fertigteilstufen eine Betongüte B25 ohne besondere Eigenschaften gefordert und auch ausgeführt worden. Eine statische Berechnung und ein Ingenieurvertrag zwischen Architekt und Tragwerksplaner lag nicht vor. Die Ausführungszeichnung bestand aus einer DIN A4 Seite mit der Darstellung eines Standardquerschnitts für die Treppestufe mit der Angabe der Betongüte B25. Die Bewehrung für diesen Querschnitt war ebenfalls dargestellt. Die Betondeckung war nicht ausreichend dimensioniert. Auf einer zweiten Seite wurde eine Schätzung der Betonstahlmenge für die gesamte Treppeanlage angegeben. Der Werkplan des Architekten legte die geometrischen Randbedingungen der Treppeanlage fest.

Es lag ein mündlicher Werkvertrag nach BGB zwischen dem Architekten und dem Tragwerksplaner vor. Dieser Vorgang wurde durch die Rechnungsstellung (Honorar 320.- €) des Tragwerksplaners an den Architekten belegt. Es wurde also aus Sicht des Tragwerksplaners die schlechteste Möglichkeit eines Ingenieurvertrages gewählt, ein BGB Werkvertrag. Der Tragwerksplaner sichert dem Auftraggeber die Herstellung des versprochenen Werkes zu und es wird der Erfolg geschuldet, der nicht eingetreten ist.

Durch den Sachverständigen wurde die unzureichende Beschreibung der Betongüte im Leistungsverzeichnis gerügt. Nach DIN 1045 –Juli 88 Abschnitt 6.5.7.5 wird für diesen Fall ein Beton mit hohem Frost- und Tausalz-widerstand gefordert. Wer hat diesen Mangel zu vertreten ? Der Architekt muss gemäß Leistungsphase 2 und 3

des § 15 HOAI den Tragwerksplaner über die vorgesehene Nutzung informieren. Das hat das OLG Düsseldorf mit einem anderen Urteil klar gestellt (Az.: 22U 191/99) Der Tragwerksplaner muss andererseits gemäß Leistungsphase 6 des § 64 HOAI dem Objektplaner eine Leistungsbeschreibung liefern, hier Hinweis auf DIN 1045-Juli88 Abschnitt 6.5.5.1 Absatz 3 (Außenbauteil) und Hinweis auf die Richtlinie zur Nachbehandlung von Beton vom DAfStb (Oberflächenvergütung = ausreichende Erhärtung der oberflächennahen Bereiche) und bei vorliegender Information durch den Objektplaner bezüglich Tausalzverwendung den Hinweis auf Absatz 6.5.7.5. Die beklagte Partei (Architekt) hat darauf verwiesen, dass die Leistungsphase 6 Gegenstand des mündlichen Werkvertrages war, als Beweis wurde die Angabe der Betonstahlmengen durch den Tragwerksplaner herangezogen. Das Gericht folgte dieser Auffassung. Die Klage gegen den Bauunternehmer wurde abgewiesen und der Architekt und der Tragwerkplaner wurden in Haftung genommen.

Weitere lehrhafte Beispiele zu anderen Themen sind in der Bauherrenbox auf dieser Website unter der Rubrik „**der aktuelle Fall**“ aufgelistet. Hier berichten Prüffingenieure aus dem Gerichtssaal.

Wie man sieht, kann man durch eine fehlende oder unzureichende Leistungsbeschreibung leicht in Haftung genommen werden. Es ist deshalb empfehlenswert, vor allem in der Übergangsphase zwischen DIN 1045-Juli 88 und DIN 1045-2 dem Objektplaner bezüglich der Betongüte eine **ausreichende Leistungsbeschreibung** zu liefern.

Die Leistungsbeschreibung bezüglich Beton muss mindestens die **Betonfestigkeit**, die **Expositionsklassen**, die **Konsistenz**, das **Größtkorn** und eventuell die **Besonderen Eignungen** umfassen und den Hinweis enthalten, dass ein **Beton nach Eigenschaften** gemäß DIN 1045-2 gefordert ist. Die **Überwachungsklasse II oder III** ist eventuell auch zu benennen.

Es ist unbedingt **schriftlich** abzuklären, ob die Leistungsphase 6 des § 64 der HOAI Gegenstand des Ingenieurvertrages ist. Für das in Folge 1 dargestellte Beispiel könnte die Leistungsbeschreibung wie folgt formuliert werden:

Decke über UG Bereich Zufahrt zur TG
Beton nach Eigenschaften gemäß DIN 1045-2
C 30/37 (LP), XC4, XD3, XF4, XA1, XM2, D_{max} = 16, F3,
Besondere Eignungen:
Beton mit hohem Wassereindringwiderstand (WU-Beton)
Festigkeits-/Wärmeentwicklung: sehr langsam
(NW-Zement DIN 1164 : Nov. 2000)
Beständigkeit gegen Angriff durch Sulfat
(HS-Zement nach DIN 1164: Nov. 2000)
Überwachungsklasse Ü2 und Nachbehandlungsdauer nach DIN 1045-3
Nachbehandlungsmaßnahmen:
Abdecken der Betonoberfläche durch Folie, Stöße 50 cm überlappen, Folie gegen
Abheben und Eindringen des Windes zwischen Folie und Betonoberfläche
sichern,

Hinweis : die Nachbehandlungsmaßnahmen werden im Abschnitt 7 behandelt. Bei Leichtbeton ist die Rohdichteklasse anzugeben, siehe Abschnitt 8. Bei massigen Bauteilen muss manchmal auf die Zement-eigenschaft niedrige Hydratationswärme hingewiesen werden, siehe Abschnitt 9.

Der Objektplaner ist nicht in der Lage, diese neuen Gesichtspunkte richtig zu bewerten. Es besteht die Gefahr, dass die vorhandenen Datenbanken in den LV-Programmen mit den unzutreffenden Bezeichnungen weiterhin vorbehaltlos vom Architekten benutzt werden. Tritt ein Schaden durch eine ungenaue Leistungsbeschreibung ein, ist das Jammertal unendlich tief.

Über die Expositionsklassen wird der Mindestzementgehalt, der höchstzulässige w/z – Wert, der mittlere Luftgehalt in Vol % in Abhängigkeit des Größtkorns bei der Gesteinskörnung, der Widerstand der Gesteinskörnung gegen Frost und Taumittel und die Anforderungen an den Zuschlag bezüglich Verschleiß-

beanspruchung festgelegt. Diese Festlegungen haben einen starken Einfluss auf den Einheitspreis des Betons. Eine genaue Leistungsbeschreibung schützt den Tragwerksplaner vor unangenehmen Regressforderungen.

7. Nachbehandlung des Betons:

Nachbehandeln ist nicht eine Nebenleistung, die als selbsterfüllend angesehen werden kann, sondern die Nachbehandlung der Betonoberfläche ist eine **Qualitätssicherungsmaßnahme** und muss deshalb in der Leistungsbeschreibung des Tragwerksplaners aufgeführt werden. Die Leistungsbeschreibung ist Grundlage für das Leistungsverzeichnis. Der Hinweis auf die Nachbehandlung in den Ausführungsplänen des Tragwerksplaner ist zwar Pflicht, kommt aber oft zu spät. Der Unternehmer hat seine Kalkulation schon abgegeben und er wird später für diese Maßnahme seine Nachtragsforderungen stellen. Die in den ZTV aufgeführten Maßnahmen sind oft nicht ausreichend oder sind nicht auf den tatsächlich vorliegenden Fall abgestimmt und widersprechen sich zum Teil, wie die Erfahrung lehrt. Außerdem neigen die Gerichte dazu, Leistungen, die in den ZTV versteckt werden und einen erheblichen Aufwand für den Unternehmer darstellen wie z.B die Nachbehandlungsmaßnahmen, als nicht ausgeschrieben zu werten.

Es kann als gesichert angesehen werden, dass der Architekt im Falle eines Zivilprozesses sich immer auf die fehlende Leistungsbeschreibung berufen wird und nicht „mea culpa“ vor Gericht rufen wird, wie das o.a. Beispiel unter Punkt 6 zeigt.

Gebräuchliche Verfahren der Nachbehandlung sind:

1. Belassen in der Schalung
2. Abdecken mit überlappenden Folien
3. wasserspeichernde Abdeckungen
4. flüssige Nachbehandlungsmittel
5. Fluten des Bauteils mit Wasser
6. kontinuierliches Besprühen mit Wasser
7. wärmedämmende Maßnahmen in der kalten Jahreszeit
8. Kombinationen aus den Punkten 1 – 7

Belassen in der Schalung:

In der DIN 1045-3 wird in einer Tabelle die Mindstdauer der Nachbehandlung in Tagen für alle Expositionsklassen außer XO, XC1 und XM angegeben.

Oberflächen- temperatur in C	Festigkeitsentwicklung des Betons $r = f_{cm2} / f_{cm28}$			
	$r \geq 0,50$	$r \geq 0,30 \dots < 0,50$	$r \geq 0,15 \dots < 0,30$	$r < 0,15$
	schnell	mittel	langsam	sehr langsam
≥ 25	1	2	2	3
$< 25 \dots \geq 15$	1	2	4	5
$< 15 \dots \geq 10$	2	4	7	10
$< 10 \dots \geq 5$	3	6	10	15

Erläuterungen zur Tabelle:

Anstelle der Oberflächentemperatur des Betons darf die Lufttemperatur angesetzt werden. Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis r der Mittelwerte der Druckfestigkeiten nach 2 Tagen und nach

28 Tagen beschrieben, das bei einer Eignungsprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung ermittelt wurde. Das Transportbetonwerk kann sicherlich hierüber Auskunft geben. Bei einer Temperatur unter 5 ° C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur unter 5 ° C lag. Die Zeiten der Nachbehandlung sind angemessen zu verlängern, wenn an die Bauteile hohe Anforderungen bezüglich der Frost-Tausalz – Beständigkeit (XF) oder ein chemischer Angriff (XA) vorliegt.

Bei den Expositionsclassen X0 (unbewehrter Beton) und XC1 (Innenbauteile) ist der Beton mindestens einen halben Tag nachzubehandeln, wenn die Verarbeitbarkeitszeit < 5 h ist und die Temperatur der Betonoberfläche > 5 ° C beträgt; andernfalls ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.

Bei der Expositionsklasse XM (Verschleißbeanspruchung) ist der Beton solange nachzubehandeln, bis die Festigkeit im oberflächennahen Bereich 70 % der charakteristischen Festigkeit erreicht hat. Ohne besonderen Nachweis sind die Werte der Tafel zu verdoppeln.

Abdecken mit Folien:

Die Folien werden unmittelbar auf die Betonoberfläche aufgelegt oder durch geeignete Maßnahmen so angebracht, dass ein Luftspalt zwischen Oberfläche und Folie verbleibt. Bei langsamer oder sehr langsamer Festigkeitsentwicklung des Betons besteht die Schwierigkeit, dass der Beton nicht sofort betreten werden kann und bei ungünstigen Windverhältnissen können schon erste Risse infolge Austrocknung entstanden sein.

In jedem Fall müssen die Folien die freie Betonoberfläche umschließen und die Stoßbereiche müssen überlappt werden, damit keine Feuchtigkeitsabgabe stattfinden kann. Die Folien müssen gegen Abheben gesichert werden und es darf kein Wind in den Luftspalt eindringen (Kaminwirkung) .

Wasserspeichernde Abdeckungen:

Die Betonoberflächen werden mit wassergesättigten Matten aus Jute oder gleichwertigem Material abgedeckt. Die Abdeckungen sind feucht zu halten oder durch eine zusätzliche Folie abzudecken.

Flüssige Nachbehandlungsmittel:

Die Verarbeitungsrichtlinien der Hersteller sind zu beachten. Es ist auf jeden Fall ein Eignungstest durchzuführen. Es gibt technische Lieferbedingungen für flüssige Nachbehandlungsmittel für Beton von der Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen .

Kontinuierliches Besprühen mit Wasser:

Diese Methode darf nur angewendet werden, wenn eine flächendeckende Besprühung gewährleistet ist. Es dürfen keine großen Temperaturunterschiede in einzelnen Bereichen vorliegen. Dies ist an heißen Sommertagen nur bedingt möglich. Außerdem können durch die Verdunstungskälte des Wassers Eigenspannungen aus Temperatur im Beton erzeugt werden, die zu Rissen führen können.

Das Austrocknungsverhalten von Beton:

Auf der Baustelle wird dem bauüberwachenden Ingenieur, der auf die fehlenden Nachbehandlungsmaßnahmen hinweist, vom verantwortlichen Bauleiter entgegen gehalten, dass bei bedecktem Himmel – keine direkte Sonneneinstrahlung - und einer Lufttemperatur von 20 ° C der Einfluss der Verdunstung vernachlässigbar sei. Die nachfolgende Rechnung zeigt beispielhaft, dass dies nicht zutreffend ist.

Außenbauteil mit einer Betontemperatur von 20 ° C (näherungsweise = Lufttemperatur), relative Luftfeuchtigkeit von 50 % , Windgeschwindigkeit von 20 km/h = 5,55 m / s , Zementgehalt 300 kg/m³, w/z = 0,6, keine Nachbehandlungsmaßnahmen.

Im Beton-Handbuch vom Deutschen Beton-Verein 2. Auflage kann man auf Seite 267 dem dort dargestellten Diagramm die verdunstete Wassermenge in kg/ (m² * h) entnehmen. Dieses Diagramm ist auch im Buch von Prüflingenieur Prof. Ralf Avak – Stahlbeton in Beispielen Teil 1 – auf Seite 18 dargestellt.

Bei den vorgegeben Randbedingungen ergibt sich eine Verdunstungswassermenge von 0,6 l / m²*h. Der Wassergehalt im Beton beträgt (w/z = 0,6) $w = 0,6 * 300 = 180 \text{ kg / m}^3 = 180 \text{ l / m}^3$. Der Wassergehalt je cm Beton ergibt sich zu $w' = 180 / 100 = 1,8 \text{ l / m}^2 * \text{cm}$. Bei einer Verdunstung von 0,6 l / m² * h ergibt sich, dass nach 3 Stunden das gesamte Wasser, das sich in der äußeren 1 cm starken Betonschicht befindet, verdunstet ist. Wenn man eine 40 mm Betondeckung annimmt, so ist das gesamte vorhandene Wasser innerhalb der Betondeckung nach 12 Stunden verdunstet. Die Hydratation wird teilweise unterbunden und die Betondeckung kann ihre schützende Funktion nicht ausüben. Es tritt das sogenannte Verdursten des Betons ein.

Die Windgeschwindigkeit von 5,55 m/s ist kein extremer Wert. Nach der neuen DIN 1055 Teil 4 liegt der größte Teil von Baden-Württemberg in der untersten Windzone. Für Windzone 1 wird eine mittlere Windgeschwindigkeit von 22,5 m/s angesetzt.

8. Leichtbeton :

Druckfestigkeitsklassen für Leichtbeton :

LC8/9	LC12/13	LC16/18	LC20/22	LC25/28
LC30/33	LC35/38	LC40/44	LC45/50	LC50/55

Trockenrohdichte für Leichtbeton:

Rohdichteklasse	D1,0	D1,2	D1,4	D1,6	D1,8	D2,0
Trockenrohdichte in kg / m ³	≥ 800 bis ≤ 1000	> 1000 bis ≤ 1200	>1200 bis ≤ 1400	>1400 bis ≤ 1600	>1600 bis ≤ 1800	> 1800 bis ≤ 2000

9. Hydratationswärme :

Die bei der Hydratation des Zements frei werdende Wärme kann insbesondere in massigen Bauteilen zu einer Temperaturerhöhung führen . Dadurch entstehen Spannungen , die je nach Beanspruchung Oberflächenrisse oder auch Trennrissen im Beton zur Folge haben können. Die Temperaturerhöhung und Verlauf hängt im Wesentlichen von der Hydratationswärme des Zements, vom Zementgehalt und von der Frischbetontemperatur ab. Anzustreben ist in solchen Fällen ein Beton mit einer geringen und langsamen Wärmeentwicklung. Hierfür sind **die NW-Zemente** gut geeignet. NW-Zemente entwickeln in den ersten 7 Tage höchstens eine Wärmemenge von 270 J je g Zement. Im Anhang F der DIN 1045-2 sind die bei verschiedenen Expositionsklassen anwendbaren Zemente im einzelnen aufgeführt. Die Zementsorten werden in der DIN EN 197-1 geregelt. Leider muss festgestellt werden, dass auch für diesen kleinen Teilaspekt zwei Vorschriften existieren. Für Zemente mit

besonderen Eigenschaften ist die DIN 1164 : Nov 2000 zu beachten. In dieser DIN-Vorschrift wird der Begriff **NW-Zement, HS-Zement und NA-Zement** (Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt) definiert. Man muss sich zwar in der Regel bei Beton nach Eigenschaften nicht mit den dort aufgeführten Details beschäftigen, dafür ist das Transportbetonwerk zuständig, aber es ist unbedingt notwendig, wie unter Abschnitt 6 angegeben, dass der Tragwerksplaner eine genau definierte Leistungsbeschreibung abgibt.

10. Randnotizen:

a) Bezeichnungen

Die Bezeichnungen der Expositionsklassen sind sicherlich nicht einfach zu merken. Die Begriffe sind aus dem Englischen abgeleitet. Die folgende Erläuterungen sind bestimmt hilfreich.

Das **X** kommt von **Ex**position

Karbonatisierung **XC** = **C**arbonation

Chloride **XD** = **D**eicing

Meerwasser **XS** = **S** seawater

Frost **XF** = **F**reezing

Chemischer Angriff **XA** = **A**gressive

Verschleiß **XM** = **M**echanical

b) Expositionsklasse XM2

Nach der DIN 1045-Juli 88 war für eine Decke, die mit einem Gabelstapler befahren wurde, eine Betongüte von B25 möglich. Nach der DIN 1045-2 ist bedingt durch die Expositionsklasse XM2 eine Mindestfestigkeitsklasse C35/45 = B45 erforderlich. Eine Abstufung nach C30/37 = B35 ist statthaft, wenn eine Oberflächenbehandlung vorgenommen wird. Der Verschleißwiderstand von Beton nimmt mit abnehmenden Wasserzementwert und zunehmender Dauer der Nachbehandlung deutlich zu. Bei Anwendung von C30/37 bei XM2 ist nach Auswertung der Fachliteratur die Nachbehandlungsdauer zu verdoppeln. Es ist selbstverständlich, dass die Maßnahmen und die Dauer der Nachbehandlung vom Tragwerksplaner in der Leistungsbeschreibung und auf den Ausführungszeichnungen angegeben werden müssen.

c) Expositionsklasse XF

Bei nicht unterkellerten Hallen werden die Fundamente zwar frostfrei gegründet, aber Teile des Streifenfundaments sind dem Frost ausgesetzt. Für die Expositionsklassen bezüglich Karbonatisierung sind XC2 bis XC4 möglich, bezüglich Frost ist XF1 erforderlich. Es ist also eine Mindestfestigkeitsklasse C25/30 erforderlich; d.h. ein B25 = C20/25 ist nicht mehr ausreichend.