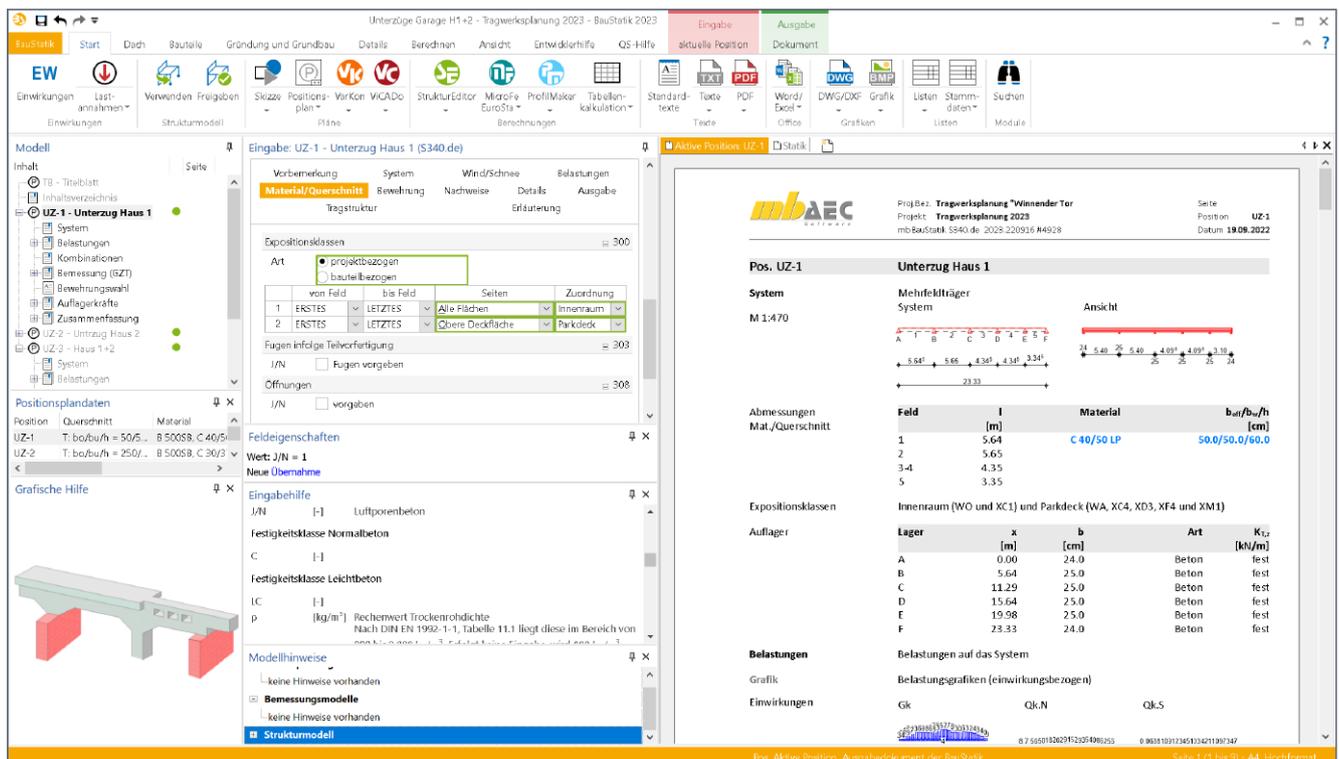


Dipl.-Ing. David Hübel

# Expositionsklassen in allen Anwendungen

## Verwaltung und Dokumentation der Expositionsklassen in der WorkSuite 2023

Um eine ausreichende Dauerhaftigkeit sicherzustellen, müssen Betonbauteile ausreichend widerstandsfähig gegenüber chemischen und physikalischen Einwirkungen sein. Die Einwirkungen aus den verschiedenen Umweltbedingungen aus der Umgebung und Nutzung der Betonbauteile werden in Expositionsklassen eingeordnet. Aus den festgelegten Expositions-klassen folgen die Anforderungen an die Zusammensetzung des zu verwendenden Betons sowie die Betondeckung und die zulässige Rissbreite. Die mb WorkSuite 2023 bringt für die Expositionsklassen eine einheitliche und durchgängige Definition in alle Anwendungen. Von ViCADo über den StrukturEditor bis zur BauStatik und MicroFe können Expositionsklassen für Stahlbetonbauteile festgelegt werden.



Die Anforderung an ein Tragwerk ist erfüllt, wenn dieses während der vorgesehenen Nutzungsdauer seine Funktion hinsichtlich der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit ohne Verlust der Nutzungseigenschaften erfüllt.

Zur Sicherstellung der Tragfähigkeit von Bauteilen aus Stahlbeton werden diese zur Erreichung einer gewünschten Dauerhaftigkeit in speziell definierte Expositionsklassen eingeteilt. Diese Expositionsklassen spiegeln den Beton- sowie den Bewehrungsanriff infolge äußerer Einwirkungen auf die Bauteile wider.

Der Schutz der Bewehrung vor Korrosion hängt von Dichtheit, Qualität und Dicke der Betondeckung ab.

Die Dichtheit und Qualität der Betondeckung werden durch Begrenzung des Wasserzementwertes und durch einen Mindestzementgehalt erreicht. Diese Anforderungen werden durch die Mindestbetonfestigkeitsklasse sichergestellt.

Die ausreichende Dicke der Betondeckung wird durch die Mindestbetondeckung  $c_{min}$  und das Vorhaltemaß  $\Delta c_{dev}$  sichergestellt.

## Expositionsklassen

Alle Bauteile aus Stahlbeton werden zur Erreichung einer gewünschten Dauerhaftigkeit in speziell definierte Expositionsklassen eingeteilt. In den Expositionsklassen sind die Anforderungen an die Haltbarkeit für die Bewehrung und die Betonkorrosion in Abhängigkeit von den chemischen und physikalischen Einwirkungen festgelegt.

Die Bezeichnungen der einzelnen Expositionsklassen setzt sich aus dem Buchstaben X (für Exposition), einem Buchstaben für die Art und einer Ziffer (1-4) für die Intensität der schädigenden Einwirkung zusammen (Tabelle 1).

## Betondeckung

Die Betondeckung ist der minimale Abstand zwischen einer Bewehrungsoberfläche zur nächstgelegenen Betonoberfläche (Tabelle 2).

## Expositionsklassen für alle Bauteile

Die Festlegung der Expositionsklassen für Stahlbetonbauteile ist ein Merkmal, welches sich in der mb WorkSuite 2023 durch alle Anwendungen erstreckt.

## Durchgängige Definition in allen Anwendungen

Bei einer durchgängigen Projektbearbeitung mit einem Gebäudemodell in der mb WorkSuite startet die Festlegung der Expositionsklassen bereits im Architekturmodell in ViCADo. Dort können im Architekturmodell die Expositionsklassen ausgewählt und in das Strukturmodell weitergeführt werden.

Von dort werden diese über Berechnungsmodelle bis in die Bemessung der BauStatik oder in MicroFe weitergeführt. Der Kreis der Bearbeitung schließt sich, wenn die Bewehrung, z.B. aus der BauStatik-Bemessung, wieder in das Architekturmodell in ViCADo überführt wird

	Klasse	Umgebung	Beispiele für die Zuordnung	Mindestfestigkeitsklasse	
Kein Angriffsrisiko	X0	Unbewehrter Beton	Bauteile ohne Bewehrung	C12/15	
	Bewehrungskorrosion ausgelöst durch Karbonatisierung	XC1	Trocken oder ständig nass	Innenbauteile, Bauteile unter Wasser	C16/20
		XC2	Nass, selten trocken	Wasserbehälter, Gründungsbauteile	C16/20
		XC3	Mäßige Feuchte	Außenbauteile, Feuchträume	C20/25
Bewehrungskorrosion ausgelöst durch Chloride	XC4	Wechselnd nass und trocken	Außenbauteile mit direkter Beregnung	C25/30	
	XD1	Mäßige Feuchte	Bauteile im Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen, Einzelgaragen	C30/37 <sup>b)</sup>	
	XD2	Nass, selten Trocken	Schwimmbecken	C35/45 <sup>b)</sup>	
Bewehrungskorrosion ausgelöst durch Chloride aus Meerwasser	XD3	Wechselnd nass und trocken	Bauteile im Spritzwasserbereich, Parkdecks <sup>a)</sup>	C35/45 <sup>b)</sup>	
	XS1	Salzhaltige Luft	Außenbauteile in Küstennähe	C30/37 <sup>b)</sup>	
	XS2	Unter Wasser	Hafenbecken (ständig unter Wasser)	C35/45 <sup>b)</sup>	
Betonangriff durch Frost mit und ohne Taumittel	XS3	Gezeiten-, Spritzwasser- und Sprühnebelbereich	Kaimauer in Hafenanlagen	C35/45 <sup>b)</sup>	
	XF1	Mäßige Wassersättigung ohne Taumittel	Außenbauteile	C25/30	
	XF2	Mäßige Wassersättigung mit Taumittel oder Meerwasser	Bauteile im Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen, soweit nicht XF4	C25/30 (LP) C35/45	
	XF3	Hohe Wassersättigung ohne Taumittel	Wasserbehälter, Wasserwechselzone (Süßwasser)	C25/30 (LP) C35/45	
Betonangriff durch chemischen Angriff der Umgebung	XF4	Hohe Wassersättigung mit Taumittel oder Meerwasser	Tausalzbehandelte Flächen, Bauteile im Spritzwasserbereich, Parkdecks	C30/37 (LP)	
	XA1	Chemisch schwach angreifende Umgebung	Behälter von Kläranlagen, Güllebehälter	C25/30	
	XA2	Chemisch mäßig angreifende Umgebung	Bauteile in betonangreifenden Böden, Meerwasserbauwerke	C35/45 <sup>b)</sup>	
Betonangriff durch Verschleißbeanspruchung	XA3	Chemisch stark angreifende Umgebung	Industrieabwasseranlagen mit chemisch angreifenden Abwässern	C35/45 <sup>b)</sup>	
	XM1	Mäßiger Verschleiß	Verkehrsflächen	C30/37	
	XM2	Schwerer Verschleiß	Gabelstaplerverkehr	C35/45	
Betonkorrosion infolge Alkali-Kieselsäure-Reaktion	XM3	Extremer Verschleiß	Verkehr mit Kettenfahrzeugen	C35/45	
	WO	Weitgehend trockener Beton	Innenbauteile, Außenbauteile ohne direkten Wasserkontakt		
	WF	Häufig feuchter Beton	Ungeschützte Außenbauteile, Feuchträume, Bauteile mit häufiger Taupunktunterschreitung (z.B. Schornsteine)		
	WA	Wie WF mit Alkalieintrag	Bauteile mit Meerwasser- Tausalzeinwirkung; Industrie- u. landw. Bauten unter Alkalisalzeinwirkung		
	WS	Dynamisch beanspruchter Beton mit Alkalieintrag	Tausalzeinwirkung und hohe dynamische Beanspruchung (z.B. Betonfahrbahnen)		

<sup>a)</sup> Ausführung von Parkdecks nur mit zusätzlichen Maßnahmen

(z.B. rissüberbrückende Beschichtung, Hinweise siehe DAfStb-Heft 600)

<sup>b)</sup> Bei Verwendung von Luftporenbeton (LP), z.B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger

Tabelle 1. Expositionsklassen [3]

Expositionsklasse	Mindestbetondeckung $c_{\min}^{1)}$ [mm]	Vorhaltemaß $\Delta c_{\text{dev}}^{3)}$	Nennmaß der Betondeckung $c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}}$
XC1	10	10	20
XC2 / XC3	20	15	35
XC4	25		40
XD1 / XD2 / XD3 <sup>2)</sup>	40		55
XS1 / XS2 / XS3	40		55

<sup>1)</sup> Zur Sicherung des Verbundes der Betonstahlbewehrung  $c_{\min} \geq \phi$  (Stabdurchmesser des Betonstahls)

<sup>2)</sup> Im Einzelfall können besondere Maßnahmen zum Korrosionsschutz der Bewehrung nötig sein

<sup>3)</sup>  $\Delta c_{\text{dev}} = 10$  mm für Verbundanforderungen

Tabelle 2. Betondeckung [3]

### Expositionsklassen im StrukturEditor und ViCAdo

Wird bei einem Stahlbetonbauteil oder einem Strukturelement im Kapitel „Material/Querschnitt“ die Bauart mit „Stahlbetonbau“ belegt, erscheint am Ende des Kapitels die Frage „Expositionsklassen“.

Die Frage ermöglicht die Zuordnung von Expositionsklassen zu den einzelnen Seiten des Bauteils.

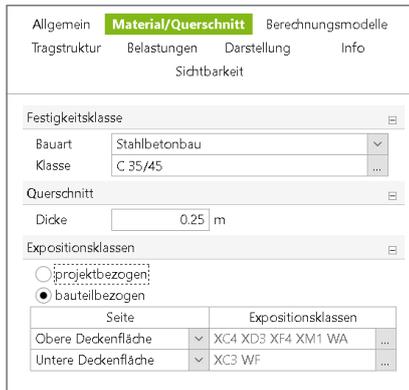


Bild 1. Eingabe „Expositionsklassen“ - StrukturEditor

Bei der Zuordnung von Strukturelementen in einem Berechnungsmodell und der Verwendung in der BauStatik oder in MicroFe werden die Festlegungen zu den Expositionsklassen berücksichtigt und übertragen.

### Expositionsklassen in der BauStatik und MicroFe

In den BauStatik- und MicroFe-Modulen zum Stahlbetonbau gab es bereits viele Module, die die Expositionsklassen für den Beton- und den Bewehrungsangriff abfragten. Mit der mb WorkSuite 2023 wird die Expositionsklassendefinition in allen Stahlbeton-Modulen abgefragt und verwaltet.

In den Modulen werden die Expositionsklassen dokumentiert und zur Überprüfung der Festigkeitsklasse des Betons sowie optional zur Ermittlung der erforderlichen Betondeckung oder des Randabstands der Bewehrung genutzt.

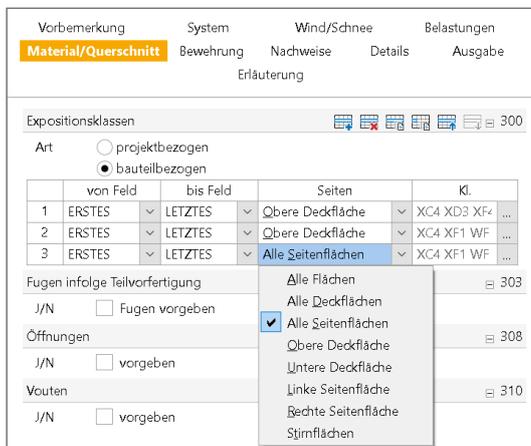


Bild 2. Eingabe „Expositionsklassen“ - BauStatik

### Auswahl Expositionsklassen

Die Auswahl der Expositionsklassen erfolgt in den Anwendungen und Modulen bezogen zu den einzelnen Flächen der Bauteile.

Wahlweise kann eine bauteilbezogene Definition erfolgen oder eine projektbezogen verwaltete Gruppe an Expositionsklassen ausgewählt werden. Die zentrale Definition von Gruppen von Expositionsklassen erfolgt im ProjektManager.

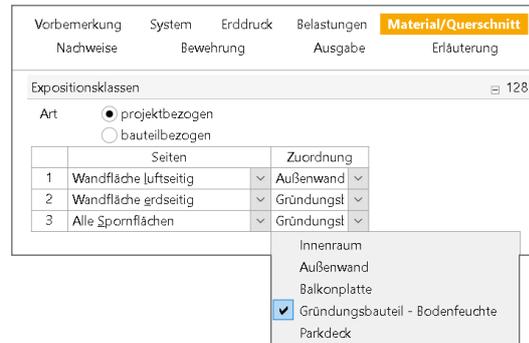


Bild 3. Eingabe – Expositionsklassen projektbezogen

Die Dokumentation der gewählten Expositionsklassen erfolgt übersichtlich für das Bauteil im Kapitel „System“. Im Kapitel „Material/Querschnitt“ werden die gewählten Expositionsklassen je Fläche der Bauteile dokumentiert und erläutert. Soweit eine Bewehrungswahl im Modul erfolgt, wird im Kapitel „Material/Querschnitt“ die Bewehrungsanordnung dokumentiert.

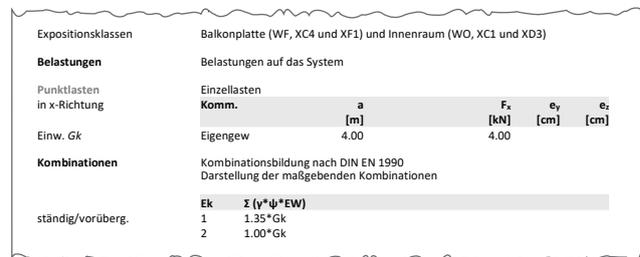


Bild 4. Ausgabe Mat./Querschnitt - Expositionsklassen

### Projektbezogene Verwaltung im ProjektManager

Über das Register „Projekt“ wird die zentrale Definition der benötigten Expositionsklassen in Form von Gruppen angeboten.

Für jedes neue Projekt werden standardmäßig fünf Gruppen von Expositionsklassen angeboten. Diese umfassen typische Zusammenstellungen von Expositionsklassen für Bauteile in „Innenräumen“, für „Außenwände“, für „Balkonplatten“, für „Gründungsbauteile“ sowie für „Parkdecks“.

Die Vorgabe der Gruppen kann in jedem Projekt individuell und den Anforderungen des Projektes entsprechend erweitert werden.

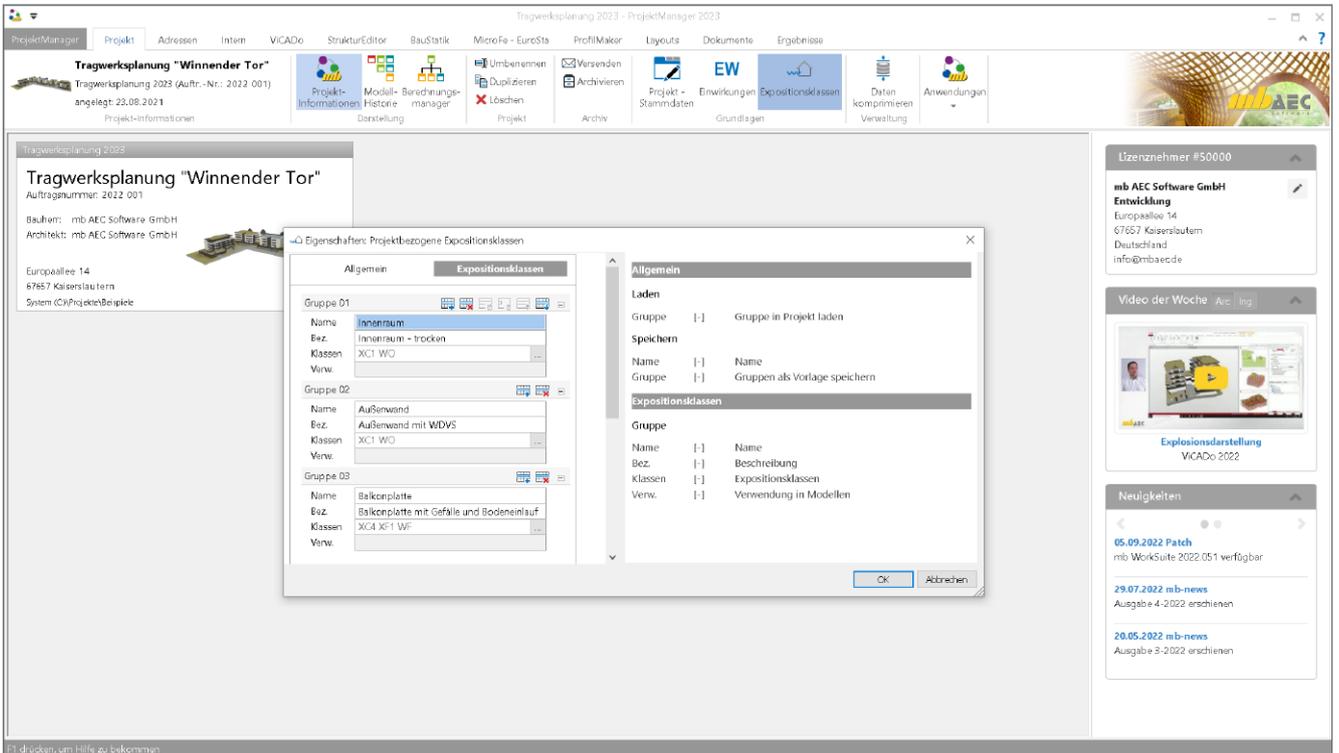


Bild 5. Eigenschaften Projektbezogene Expositionsclassen - Expositionsclassengruppen

Über die eindeutig gewählten Namen wird in der Folge bei den Bauteilen und Positionen in den Anwendungen Bezug auf die Gruppen der Expositionsclassen genommen. Der Bezug kann hierbei je Bauteilseite gesteuert werden.

Das Kapitel „Allgemein“ der zentralen Definition der Expositionsclassen ermöglicht es, die definierten Gruppen eines Projekts als Vorlage für folgende Projekte abzulegen und wiederzuverwenden.

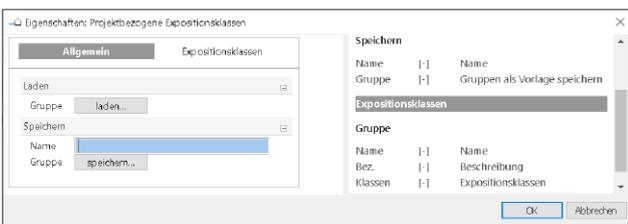


Bild 6. Eigenschaften Projektbezogene Expositionsclassen - Allgemein

Die definierten Gruppen können als Vorlage gespeichert bzw. geladen werden.

Die Verwaltung der erzeugten Vorlagen kann über das Systemmenü des ProjektManagers, Register „Einstellungen“, Schaltfläche „Konfiguration“ erreicht werden.

In der Verwaltung können Vorlagen bearbeitet, gelöscht oder als Standardvorlage für neue Projekte festgelegt werden.

## Ermittlung der Betondeckung

Die Festlegung der notwendigen Betondeckung ist eine wesentliche Aufgabe der Expositionsclassen. Für die Bemessung von neuen Bauteilen wird in der Regel eine Betondeckung aus den Expositionsclassen bestimmt. Neben der automatischen Ermittlung der Betondeckung unter Beachtung der definierten Expositionsclassen können wahlweise die Achsabstände oder die Betondeckung manuell vorgegeben werden.

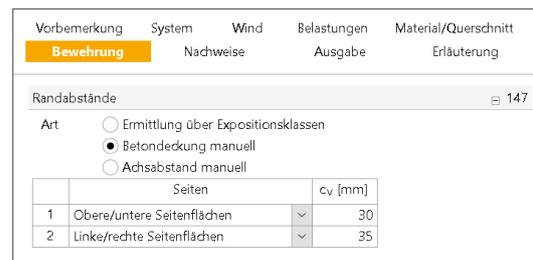


Bild 7. Eingabe manuelle Randabstände

Mit der Erweiterung der Expositionsclassen in der mb WorkSuite bleibt die Definition der Expositionsclassen auch dann erhalten, wenn die Betondeckung manuell eingetragen wird.

## Dokumentation der Anforderungen

Die Anforderungen an die Betondeckung werden durch die definierten Expositionsclassen vorgegeben und im Kapitel „Material/Querschnitt“ dokumentiert. Die Dokumentation erfolgt auch dann, wenn die Betondeckung oder der Achsabstand manuell vorgegeben wurde.

Ob die manuellen Vorgaben die Anforderungen der Expositionsklasse erfüllt, wird in der BauStatik und in MicroFe überprüft. Sollten die manuellen Vorgaben der Betondeckung die Anforderungen der Expositionsklasse nicht einhalten, wird dies mit einer entsprechenden Fehlermeldung dokumentiert.

Bewehrungsanordnung	Achsabstände, Betondeckungen					
	Bezug	$c_{min}$ [mm]	$\Delta c_{dev}$ [mm]	$c_{nom}$ [mm]	$c_c$ [mm]	$d'$ [mm]
oben		40	15	55	30	44
unten		25	15	40	30	44
links		25	15	40	35	49
rechts		25	15	40	35	49

\*\*\*\* FEHLER \*\*\*\*  
Das Verlegemaß  $c_c$  ist kleiner als das Nennmaß der Betondeckung  $c_{nom}$ .

Minimaler Bewehrungsgrad	$\rho_{min}$ =	0.00	%
Maximaler Bewehrungsgrad	$\rho_{max}$ =	9.00	%

\*\*\*\* FEHLER \*\*\*\*  
Der gewählte Beton deckt nicht die Forderungen der maßgebenden Expositionsklasse hinsichtlich des Schutzes gegen Bewehrungskorrosion oder Betonangriff ab.

Bild 8. Dokumentation manueller Randabstände und Anforderungen Expositionsklassen

## Weitergabe der Expositionsklassen

Ein weiteres wichtiges Merkmal der durchgängigen Verwaltung von Expositionsklassen ist die Weiterführung der Informationen innerhalb der Anwendungen der mb WorkSuite.

Vorbemerkung	System	Wind	Belastungen	Material/Querschnitt
Bewehrung	Nachweise	Ausgabe	Tragstruktur	Erläuterung

Expositionsklassen 138

Art  
 projektbezogen  
 bauteilbezogen

	Seiten	Zuordnung
1	Obere Seitenfläche	Parkdeck
2	Untere Seitenfläche	Gründungst
3	Linke Seitenfläche	Gründungst
4	Rechte Seitenfläche	Gründungst

Bild 9. Expositionsklassen aus Berechnungsmodell übernommen

Wird aus einem Architekturbauteil ein Strukturelement abgeleitet, welches als Teil eines Berechnungsmodells zur Bemessung in einem Bemessungsmodell in der BauStatik oder in MicroFe verwendet wurde, führt die mb WorkSuite alle Expositionsklassen von Anwendung zu Anwendung weiter. Stellt sich auf diesem Weg eine Änderung ein, helfen die Modellhinweise dabei, die Übersicht zu behalten und Unterschiede gezielt aufzulösen.

## Fazit

Die Festlegung der Expositionsklassen für Stahlbetonbauteile ist ein Merkmal, welches sich in der mb WorkSuite 2023 durch alle Anwendungen erstreckt. Durch die einheitliche Vorgabe und Definition der Expositionsklassen können diese als „Bestandteil“ der Bauteile bei einer durchgängigen Projektbearbeitung mit einem Gebäudemodell weitergegeben werden.

Mit der mb WorkSuite 2023 wird die Expositionsklassen-Definition in allen Stahlbeton-Modulen abgefragt und verwaltet.

In der mb WorkSuite startet die Festlegung der Expositionsklassen bereits im Architekturmodell in ViCADO. Dort können im Architekturmodell die Expositionsklassen ausgewählt und in das Strukturmodell weitergeführt werden.

Die in ViCADO festgelegten Expositionsklassen können in den weiteren Bearbeitungsphasen bzw. Planungsschritten verwendet werden. Ein manueller Abgleich der Anforderungen entfällt durch die einheitliche Verwaltung der Expositionsklassen.

Vom StrukturEditor werden die Expositionsklassen über Berechnungsmodelle bis in die Bemessung der BauStatik oder in MicroFe weitergeführt. Der Kreis der Bearbeitung schließt sich, wenn die Bewehrung, z.B. aus der BauStatik-Bemessung, wieder in das Architekturmodell in ViCADO überführt wird.

Durch die zentrale Definition von Expositionsklassengruppen besteht darüber hinaus die Möglichkeit, projektweit gültige Vorlagen zu definieren und zu verwenden.

Sollten sich im Laufe der Projektbearbeitung Anforderungen bzw. Expositionsklassen verändern, kann diese Änderung zentral im ProjektManager vorgenommen werden. Alle zugeordneten Stahlbetonbauteile übernehmen die Änderungen.

In der BauStatik und in MicroFe werden die Anforderungen an die Bauteile übersichtlich dokumentiert und wahlweise im Rahmen der Bemessung berücksichtigt.

Durch die Möglichkeit weiterhin Achsabstände bzw. Betondeckungen manuell vorzugeben, bleibt der gewohnte Komfort erhalten. Durch die Beachtung der Expositionsklassen auch bei manueller Vorgabe der Achsabstände bzw. Betondeckungen werden die Anforderungen der Expositionsklassen immer dokumentiert, wenn Expositionsklassen vorgegeben wurden.

Dipl.-Ing. David Hübel  
 mb AEC Software GmbH  
 mb-news@mbaec.de

## Literatur

- [1] DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010
- [2] DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01, Eurocode 2: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton und Spannbetontragwerken - Teil 1 1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [3] mb-Bemessungstabellen „Stahlbeton“ (Ausarbeitung: Prof. Dr.-Ing. Jens Minnert, THM, Fachbereich Bauwesen)