



Flachdecken für große Spannweiten

Auch große Spannweiten bis zu 20 m können als Flachdecke ausgeführt werden. Da die voll massive Variante allerdings in diesen Fällen zu schwer wird und sich zu große Verformungen (vor allem Langzeitverformungen) einstellen, bietet sich in solchen Fällen die Verwendung von Körben mit Hohlkörpern zur Herstellung von leichten zweiachsigen Hohlkörperdecken an.

Auf der einen Seite besteht das Streben nach immer schlankeren Bauteilen und somit auch hin zu weitgespannten schlanken Deckenkonstruktionen, auf der anderen Seite sind in den vergangenen Jahren Verschärfungen in den Stahlbetonbaunormen (siehe z.B. DIN 1045-1) zu verzeichnen, welche gerade die Gebrauchstauglichkeit und somit auch die Durchbiegungsbegrenzungen betreffen.

Die Begrenzung der Verformung wird dort so beschrieben: „Es darf angenommen werden, dass das Erscheinungsbild und die Gebrauchstauglichkeit eines Tragwerkes nicht beeinträchtigt werden, wenn der Durchhang eines Balkens, einer Platte oder eines Kragbalkens unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination $1/250$ der Stützweite nicht überschreitet.“ Ferner wird dort beschrieben: „Schäden an angrenzenden Bauteilen (z.B. an leichten Trennwänden) können auftreten, wenn die nach dem Einbau dieser Bauteile auftretende Durchbiegung einschließlich der zeitabhängigen Verformung übermäßig groß ist. Als Richtwert für die Begrenzung darf $1/500$ der Stützweite angenommen werden“. Zum Ausgleich eines Anteils des Durchhangs sind Überhöhungen bis $1/250$ der Stützweite zulässig. Solche Überhöhungen sind allerdings gerade bei zweiachsigen Deckensystemen baupraktisch äußerst schwierig umzusetzen.

Zudem ergeben sich durch die Einführung neuer Werte für die Elastizitätsmodule des Werkstoffes Beton nach der DIN 1045-1 rein rechnerisch größere Verformungen gegenüber der alten Stahlbetonbaunorm DIN 1045. Dieser Tatsache ist dann, auch wenn es aus planerischer Sicht nicht gewünscht ist, zunächst durch eine Vergrößerung der Deckendicke zu begegnen. Alternativ dazu kann auch auf Verfahren wie z.B. die Verwendung einer Vorspannung zurückgegriffen werden, um die Verformung zu reduzieren. In vielen Fällen ist dies aus konstruktiven Gründen, aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und den Einflüssen auf den gesamten Bauablauf jedoch nicht durchsetzbar.

Ein neues Verfahren in der Herstellung von Flachdecken, die Ausführung der zweiachsigen Hohlkörperdecken, bietet einen anderen, in der Praxis erprobten und wirtschaftlichen Lösungsansatz für diese Problemstellung. Auf diese soll nachfolgend eingegangen werden. Zur Verdeutlichung wird nach einer Beschreibung der Aufgabenstellung das Verfahren in aller Kürze vorgestellt und der erzielbare Effekt durch ein Beispiel verdeutlicht.

Aufgabenstellung

Generell gibt es die unterschiedlichsten Möglichkeiten Geschossdecken zu planen und auszuführen. Die Konstruktionsarten reichen u.a. von klassischen Unterzuglösungen über Fertigteillösungen bis hin zur massiven Flachdecke. Parameter bei der Wahl des geeigneten Deckensystems sind z.B. die folgenden:

- System bzw. Lagerungssituation
- Belastung
- Spannweite
- Nutzung
- Gründungssituation
- mögliche Konstruktionshöhe
- Anforderungen an die Verformungsbegrenzung
- Anforderungen bzgl. Umnutzung
- optische Anforderungen
- Installationstechnik
- Wirtschaftlichkeit
- ...

Bei Decken mit einer vorgegebenen zweiachsigen Lastabtragung, einer begrenzten zur Verfügung stehenden Konstruktionshöhe und ggf. zusätzlichen optischen Anforderungen an die Unteransicht, wird die Entscheidung hauptsächlich zugunsten der Stahlbetonflachdecke fallen. Diese kann dann bei der Ausführung als Ortbetonvariante oder möglicherweise als Halbfertigteillösung hergestellt werden.

Erschwert wird die Lösungsfindung allerdings immer dann, wenn größere Spannweiten zu überbrücken sind (ab ca. sieben Metern). In solchen Fällen führen die oben beschriebenen vorgegebenen Verformungsbegrenzungen zu relativ großen Deckenhöhen und den damit verknüpften hohen Eigenlasten. Diese Eigenlasten müssen dann über die Stützen und Wände bis in die Fundamente abgetragen werden. Im Falle von Altbausanierungen oder nachträglichen Ergänzungen von Decken im Bestand liegt ein noch gesteigerter Schwierigkeitsgrad vor. Die vorhandenen Bauteile sind dort in ihrer Tragkapazität sicherlich begrenzt und können somit nicht für jede beliebige Belastung dimensioniert werden, es sei denn sie werden nachträglich mit großem Aufwand ertüchtigt.

Lösungsansatz

Für die beschriebene Problemstellung bietet sich die Anwendung der sogenannten zweiachsigen Hohlkörperdecke an. Bei dieser Bauweise werden gegenüber der vollmassiven Flachdecke kugelförmige bzw. abgeflachte Hohlkörper zwischen der unteren und der oberen Bewehrungslage innerhalb der Decke angeordnet. Um die einzelnen Hohlkörper in ihrer Lage zu positionieren, sind diese in vorgefertigten Abstandhalterkörben fixiert. Diese Körbe dienen gleichzeitig als Distanzkorb für die obere Bewehrungslage. Die Körbe werden gemäß einem Verlegeplan, unter Berücksichtigung der statischen Vorgaben des Tragwerksplaners, vor Ort nebeneinander platziert. Dabei können die Körbe mit den Hohlkörpern bei der Ortbetonvariante auf die untere Bewehrungslage gestellt werden. Bei der Halbfertigteilvariante werden die Körbe zwischen den Gitterträgern der Halbfertigteile auf das sogenannte „Betonbrett“ mit der darauf angeordneten Querbewehrung aufgestellt. Ist eine Betonkernaktivierung vorgesehen, werden die Körbe üblicherweise oberhalb der zusätzlich angeordneten Kühl- bzw. Heizleitungen platziert. Auch andere Bauelemente bzw. Einbauteile können ohne Einschränkung wie bei der Massivdecke

verwendet werden, da die Hohlkörper nur dort angeordnet werden, wo sie benötigt werden und nicht mit anderen Einbauteilen kollidieren.

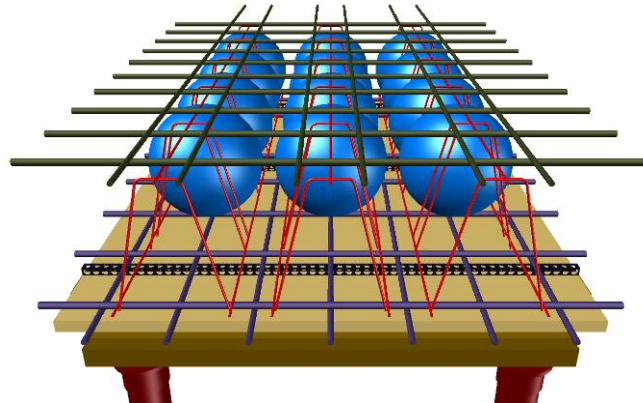


Bild 1: Deckenaufbau der zweiachsigen Hohlkörperdecke mit eingebauten Cobiax-Körben vor der Betonage

Die eigentliche Funktionsweise dieses Bauverfahrens besteht darin, dass „wirkungsloser“ Beton im Inneren der Decke lokal durch Luft ersetzt wird. Global betrachtet liegen allerdings durch die günstige geometrische Form der Hohlkörper die gleichen Tragmechanismen und somit die erforderliche Stabilität einer voll massiven Decke uneingeschränkt vor. Der wesentliche Effekt ist somit die erzielte Lasteinsparung, welche sich sowohl für die Decke selbst, als auch für die lastabtragenden Bauteile positiv bemerkbar macht.

Gegenüber einer Rippen- bzw. Kassettendecke, welche beide ebenfalls leichte Deckenkonstruktionen darstellen, besteht der wesentliche Vorteil bei der gegebenen wirtschaftlichen Herstellung. Zudem weist die beschriebene zweiachsige Hohlkörperdecke eine ebene Unteransicht auf, die neben dem positiven Einfluss auf die Tragfähigkeit mit den bekannten Vorteilen der üblichen Flachdecke verbunden ist.

Bei Bedarf kann die zweiachsige Hohlkörperdecke sogar mit einer Vorspannung kombiniert werden. Somit kann die Schlankheit der Decke noch gesteigert werden.

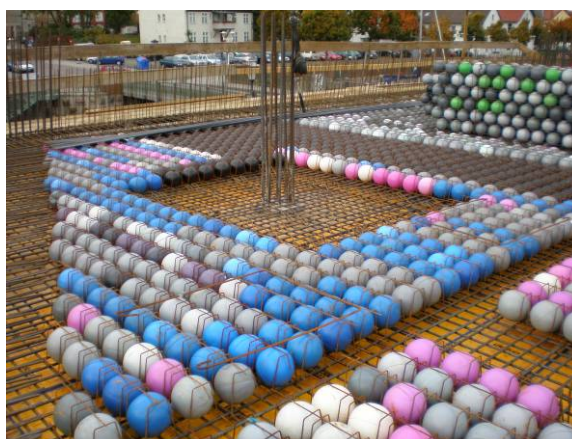


Bild 2: Verlegte Körbe mit Hohlkörpern auf der unteren Bewehrung

Beispiel

Die Wirkungsweise der zweiachsigen Hohlkörperdecke wird in dem nachfolgenden Beispiel verdeutlicht. Der Grundriss ist in der Grafik schematisch dargestellt. Betrachtet wird ein Mehrfeldsystem mit Punktstützung in dem inneren Bereich und einer Linienlagerung am Rand. Es liegt somit ein zweiachsiger Lastabtrag vor. Bei dem Beispiel wird von einem gleichmäßigen Stützengrundriss ausgegangen. In der Praxis sind natürlich beliebige Stützenstellungen möglich, da es sich um eine äußerst flexible Bauweise handelt. Bei diesem Beispiel werden zur besseren Nachvollziehbarkeit lediglich Vergleiche zwischen der vollmassiven Flachdecke und der zweiachsigen Hohlkörperdecke gezogen. Die Spannweite wird bei den Berechnungen variiert und die dazugehörige erforderliche Deckendicke ermittelt. Folgende Systemannahmen wurden bei dem Beispiel zugrunde gelegt:

- punktgestützte Flachdecke
- gleichmäßiges Raster
- Verkehrslast $5,0 \text{ kN/m}^2$
- Zusatzlast $1,5 \text{ kN/m}^2$
- Verformungsbegrenzung $l/300$
- Betongüte C 35/45

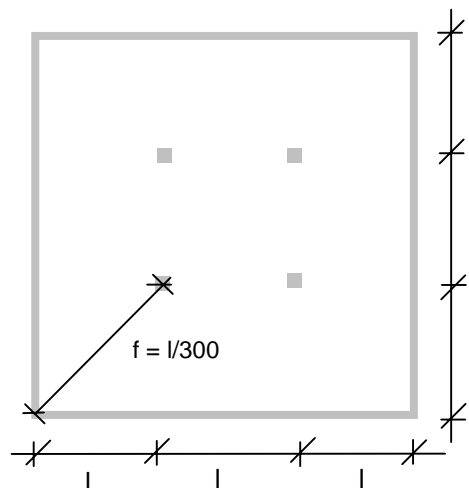


Bild 3: Grundriss für das Berechnungsbeispiel

Bei der Verformungsberechnung kam für beide Deckensysteme vereinfachend ein Faktor „4“ für die Berücksichtigung des gerissenen Zustandes und der zeitabhängigen Verformungen zur Anwendung. Dies ermöglicht nach eigener Einschätzung eine relativ realistische und genügend genaue Abbildung der Verformungen. Ergänzend sei an dieser Stelle angemerkt, dass für die Berechnung der Verformungen jedes Tragwerksplanungsbüro über einen eigenen Erfahrungsschatz verfügt. Dieser kann selbstverständlich analog zu dem hier genannten Faktor für beide Deckenvarianten Verwendung finden. Bei der Berechnung wurden zunächst per Finite Elemente Methode (FEM) die Werte der Verformungen im elastischen Zustand (ungerissener Zustand) ermittelt. Die Verkehrslast wurde dabei mit einem ständig wirkenden Anteil von 30 % angenommen. Im Anschluss wurden die elastischen Verformungen dann noch mit dem genannten Faktor beaufschlagt. Die den Berechnungsergebnissen gegenübergestellten Verformungsbegrenzung wurde innerhalb der oben genannten Grenzen zu $l/300$ gewählt.

Die ermittelten Ergebnisse können den beiden dargestellten Diagrammen entnommen werden. Dabei wurde zunächst die notwendige Deckenstärke für beide Varianten (Massivdecke und zweiachsige Hohlkörperdecke) über der dazugehörigen Spannweite aufgetragen (siehe Diagramm

1). In dem zweiten Diagramm werden dann für beide Varianten die dazugehörigen Eigenlasten der Decke über der jeweiligen Spannweite aufgetragen.

Im Falle der Ausführung einer massiven Flachdecke bei großen Spannweiten ergibt sich das Problem der hohen erzeugten Eigenlasten. Die Eigenlasten steigen derart an, dass diese durch die lastweiterleitenden Bauteile nahezu nicht mehr bzw. nur mit großem Aufwand abgetragen werden können. Im Falle der zweiachsigen Hohlkörperdecke ergeben sich bei gleicher Spannweite bis zu 40 % geringere Eigenlasten. Gerade in dem sonst kritischen Durchstanzbereich im Bereich der Stützen von Flachdecken macht sich diese Eigenlastreduzierung ganz erheblich bei den zu führenden Nachweisen bemerkbar. Weiterhin können die Bauteilabmessungen der Stützen, Wände und Fundamente optimiert werden. Je mehr Geschosse betroffen sind, umso deutlicher sind die Auswirkungen.

Die Betrachtung des zweiten Diagramms lässt eine weitere Auslegung zu. Bei gleicher Eigenlast der Massivdecke und der zweiachsigen Hohlkörperdecke können bei diesem Beispiel mit der zweiachsigen Hohlkörperdecke bis zu 40 % größere Spannweiten überbrückt werden.

Bei der Betrachtung des 1. Diagramms kann zudem festgestellt werden, dass unter Ansatz der sonst gleichen Randbedingungen bei der zweiachsigen Hohlkörperdecke sogar bis ca. 10 % geringere Deckenstärken gegenüber der Massivdecke ausführbar sind.

Diese grundlegenden Erkenntnisse sind durchaus auch auf andere Systeme mit anderen Randbedingungen übertragbar. Die absoluten Werte für die erforderlichen Deckenstärken und die dazugehörigen Eigenlasten für die jeweiligen Spannweiten sind dann allerdings je nach vorliegendem Fall durch den Tragwerksplaner zu überprüfen und ggf. anzupassen. Wird beispielsweise die Verformungsbegrenzung $l/500$ statt $l/300$ vorausgesetzt, ergeben sich für das hier gezeigte Beispiel zwischen 10 % bis 20 % größere Deckenstärken.

Mit der erzielten Lastreduzierung durch die Verwendung der Körbe mit Hohlkörpern geht eine entsprechende Betoneinsparung und eine zusätzliche Stahleinsparung einher. Die Stahleinsparung bei der Verwendung der zweiachsigen Hohlkörperdecke gegenüber der massiven Flachdecke liegt bei dem vorgestellten Beispiel zwischen 10 % und 20 %.

Die Reduzierung des Betonvolumens führt zu einem weiteren positiven Nebeneffekt, nämlich der Reduzierung des CO_2 Ausstoßes aufgrund des ebenfalls verminderten Zementverbrauchs. Die Werte hierfür liegen – je nach Hohlkörpergröße - zwischen 10 t und 40 t CO_2 -Reduktion je 1000 m^2 Fläche mit Verdrängungskörpern, bei einem Vergleich mit der Massivdecke gleicher Dicke. Stellt man dies dem Schadstoffausstoß eines durchschnittlichen PKW gegenüber (ca. 200 g CO_2 Ausstoß je gefahrenem km, Jahresleistung ca. 15.000 km), so lässt sich die oben genannte CO_2 -Reduktion in etwa mit der Stilllegung von 3 PKW bis 13 PKW für jeweils ein Jahr vergleichen.

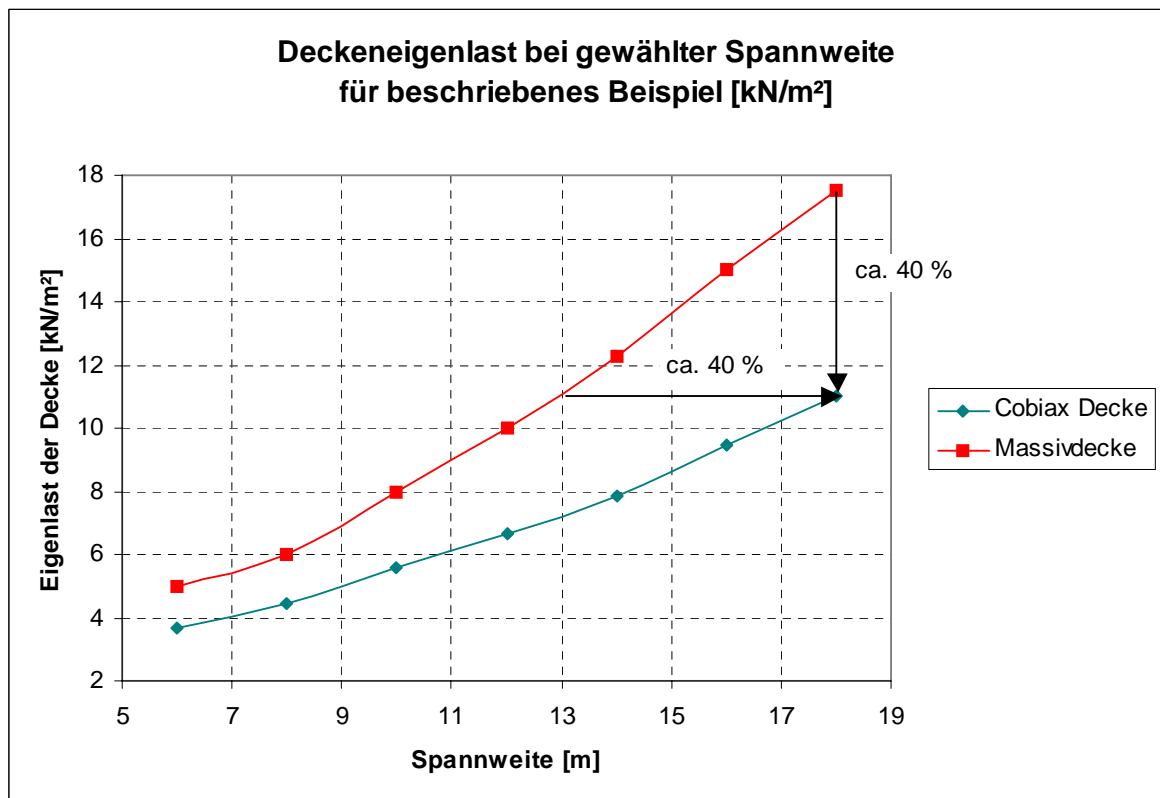
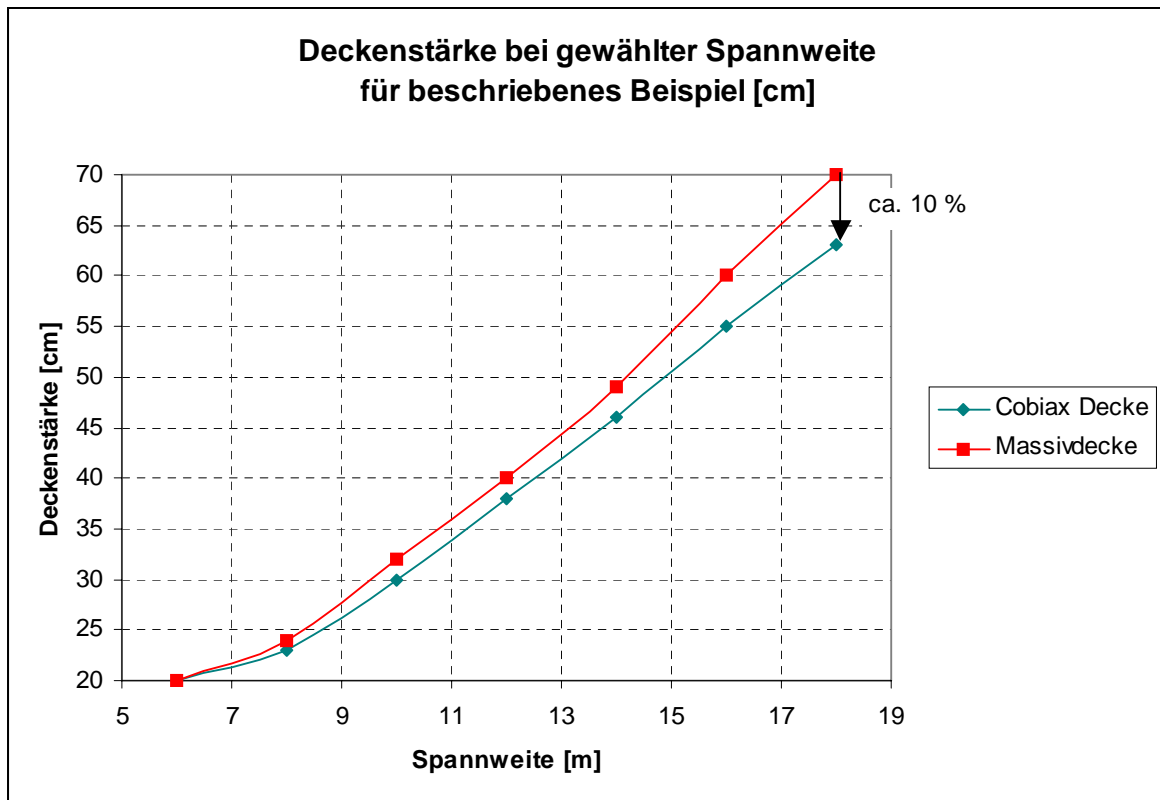


Bild 4: Auswertung

Anwendungsbeispiele

Die Anwendung der zweiachsigen Hohlkörperdecke ist nicht auf einen bestimmten Gebäudetyp begrenzt. Wie die oben gemachten Ausführungen verdeutlichen, macht die Anwendung immer dann Sinn, wenn es darum geht eine große Spannweite mit einer Flachdecke zu überspannen. Dies kann auch durchaus nur in einem bestimmten Bereich des zu planenden und zu erstellenden Gebäudes erforderlich sein.

Die Bauweise hat sich bislang bei einer Vielzahl von unterschiedlichsten Gebäudetypen mit ausgeführten Flächen je Projekt zwischen 100 m² und 50.000 m² bewährt gemacht. Als einige der bekannteren Gebäude können hier beispielsweise die Management and Designschool in Essen (SANAA), das Ozeaneum in Stralsund (Behnisch Architekten), das Zeilforum FRANKFURTHOCHVIER in Frankfurt a.M. (M fukas ARCH) und der St. Jakob Turm in Basel (Herzog & de Meuron) genannt werden.



Bild 5: Anwendungsbeispiele

Zusammenfassung

Für die Ausführung von zweiachsig abtragenden Flachdecken mit großen Spannweiten bietet sich das Verfahren einer zweiachsigen Hohlkörperdecke an. Die erzielte Lastreduzierung hat einen entscheidenden Einfluss auf die Verformungsberechnung, die Bemessung der Decke und die Lastweiterleitung.

Anhand eines Beispiels werden die Einflüsse verdeutlicht. Durch die Verwendung einer zweiachsigen Hohlkörperdecke anstelle einer herkömmlichen vollmassiven Stahlbetonflachdecke können entweder bei gleicher Spannweite geringere Deckenstärken oder bei gleicher Eigenlast größere Spannweiten realisiert werden. Die grundsätzlichen Erkenntnisse des gezeigten Beispiels sind auf andere statische Systeme mit geringfügigen Anpassungen durchaus übertragbar.