

2021

116. Jahrgang
September 2021, S. 79–86
ISSN 0005-9900

Sonderdruck

Beton- und Stahlbetonbau



Schneller bauen

- Entwicklungen
- Technologien
- Beispiele

Extrem kurze Bauzeiten dank vorgefertigter Deckenelemente mit integrierten Haustechnikkomponenten

Die Optimierung von Hochbaudecken bietet ausreichend Potenzial für eine schnelle Bauweise. Bereits die Entwicklung der Stahlbetondecken anhand der verschiedenen statischen Systeme zeigt, wie die Aufwendungen für Lohn und Material reduziert werden können. Erst der in jüngster Vergangenheit erfolgte Wechsel vom Vollquerschnitt zum Sandwichquerschnitt eröffnete neue Optionen und ermöglichte multifunktionale Deckenkonstruktionen, nachdem auch die Komponenten der Haustechnik in den tragenden Querschnitt integriert wurden. Allerdings kann eine solche Platte nur als vorgefertigtes Element im Werk hergestellt werden. Der damit verbundene Einsatz von vorgespannter Bewehrung im Spannbett erlaubt weitere Einsparungen. Erst diese Entwicklung führt zu Reduktionen an Lohn, Material und Bauzeit. Die bei konsequenter Umsetzung dieser Technik erzielbaren Vorteile wurden beispielhaft an einem aktuellen Großbauvorhaben in der Stadt München umgesetzt. Für insgesamt fünf einzelne Bürogebäude wurden die Geschossdecken von gesamt ca. 47.000 m² in dem Zeitraum von 39 Wochen hergestellt. Pro Woche wurden ca. 1200 m² und ca. 93 vorgefertigte Deckenelemente geliefert und eingebaut. In den vorgefertigten Platten wurden die Komponenten der Haustechnik bereits werkseitig integriert. Auf der Baustelle müssen lediglich die Leitungen gekoppelt werden. Zur Beschleunigung des Bauablaufs trägt auch die Verwendung einer vorgefertigten Rollbewehrung für die obere Lage bei. Nur mit einer abgestimmten Planung kann dieser Bauprozess erfolgreich umgesetzt werden.

Stichworte Vorfertigung; Spannbett; Bauteilaktivierung; Flachdecke mit vorgefertigten Decken; vorgespannte Gurtstreifen; Sandwichquerschnitt; integrierte Haustechnik; multifunktionales Deckenelement; Rollbewehrung

1 Schnelles Bauen bedeutet zuerst auch wirtschaftlich Bauen

Innerhalb der gesamten Prozesskette wirkt sich ein schneller Bauablauf sehr deutlich auf die Wirtschaftlichkeit des Bauvorhabens aus. Denn eine schnellere Bauzeit hat Auswirkungen auf die Dauer der Baustelleneinrichtung, auf den Einsatz des Personals, die Vorhaltung der Bauleitung und schlussendlich auf die Finanzierung, weil eine frühere Nutzung bereits Ertrag generiert. Besonders deutlich sichtbar werden diese Maßnahmen bei den Geschossdecken von mehrgeschossigen Gebäuden. Denn die Deckenkonstruktionen beanspruchen den weitaus größten Anteil der Kosten im Hochbau. Deshalb lohnt es

Extremely short construction times thanks to prefabricated ceiling elements with integrated building technology components

The optimization of structural floors offers sufficient potential for fast construction. The development of reinforced concrete slabs on the basis of the various structural systems already shows how expenses for labor and materials can be reduced. Only the recent change from the solid cross-section to the sandwich cross-section opened up new options. This led to the multifunctional slab structure after the building services components were also integrated into the load-bearing cross-section. However, the slab can only be manufactured as a prefabricated element in the factory. The associated use of prestressed reinforcement in the prestressing bed allows further savings. It is this development that leads to reductions in labor, materials and construction time. The advantages that can be achieved by consistent implementation of this technology were exemplified by a current major construction project in the city of Munich. For a total of five individual office buildings, the floor slabs of a total of approx. 47,000 m² were produced in the period of 39 weeks. Approx. 1200 m² and approx. 93 prefabricated ceiling elements were delivered and installed per week. The components of the building services were already integrated into the prefabricated panels at the factory. All that needs to be done on the construction site is to couple the lines. The use of prefabricated roller reinforcement for the top layer also helps to speed up the construction process. Only with coordinated planning can this construction process be successfully implemented.

Keywords prefabrication; fitted bed; component activation; flat ceiling with prefabricated elements; pre-tensioned belt strips; sandwich cross-section; integrated building technology; multifunctional ceiling element; prefabricated roller reinforcement

sich, deren Herstellung zu optimieren und den zugehörigen Prozessablauf zu beeinflussen, um schnell und damit wirtschaftlich zu bauen.

Dabei erlaubt der Blick auf die Geschichte der Stahlbetondecken bereits einige interessante Erkenntnisse. Während die Anfänge der Stahlbetonbauweise noch von der Bauweise mit Stahlelementen geprägt waren, wurden in der Folge neuere Konstruktionen entwickelt, die den Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit besser genügten (Bild 1). Zudem rückten auch erst im Verlauf der Entwicklung die Vorzüge der neuen Stahlbetonbauweise in den Fokus, nämlich, dass die Einwirkungen über die isotropen Eigenschaften der Platten abgetragen werden.

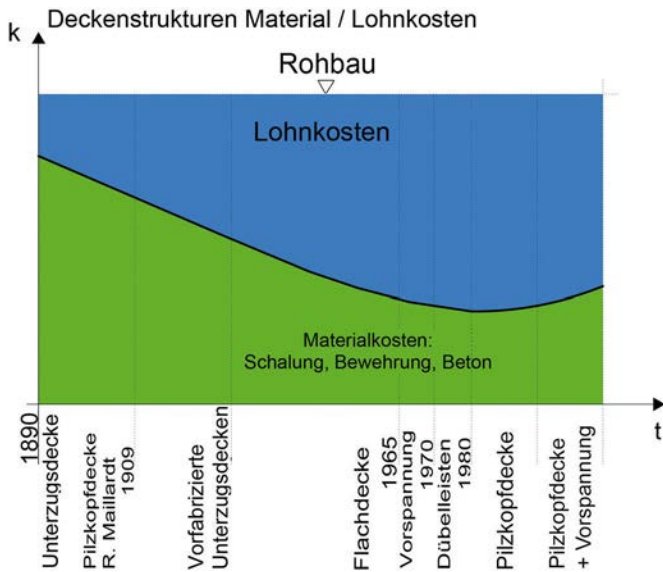


Bild 1 Entwicklung der Deckensysteme des Hochbaus in Funktion der Kosten von Lohn und Material
Development of the ceiling systems of the building construction in function of the costs of labor and materials

Deutlich lässt sich die Wirtschaftlichkeit von Deckenkonstruktionen an den jeweiligen Einflüssen der beiden Anteile für deren Herstellung herleiten. Das wirtschaftliche Optimum der Konstruktion wird bestimmt vom Anteil für die Lohnaufwendungen und vom Anteil für die Materialaufwendungen. Während zu Beginn der Entwicklung die Lohnarbeiten noch günstig, das Material jedoch sehr teuer war, hat sich dieses Verhältnis im Lauf der Jahre geändert. Die Lohnarbeiten wurden teurer und das Material günstiger. Daran lässt sich auch der Erfolg der Flachdecke festmachen, obwohl sie von allen Deckenkonstruktionen das meiste Material verbraucht. Denn sie bietet das Potenzial für eine schnelle Bauweise, da sich die Arbeiten für die Schalung und die Bewehrung vergleichsweise einfach gestalten. Somit bleibt für die Flachdecke der Maßstab, eine glatte Deckenunterseite mit anderen Mitteln herzustellen. Eine weitere Optimierung zeigt sich bereits durch die Verwendung von Halbfertigteilen. In dem vorgefertigten Betonbrett sind bereits die Schalung und die untere Bewehrung enthalten (vgl. Bild 2).

Können die Anteile von Lohn und Material reduziert werden, führt dies zwangsläufig zu einem schnelleren Herstellungsverlauf. Denn weniger Lohnanteil auf der Baustelle bedeutet, dass weniger Zeit für den eigentlichen Prozess und für dessen Koordination benötigt wird. Materialeinsparungen am Bauwerk selbst bedeuten, dass geringere Gewichte auf der Baustelle zu transportieren sind. Um in Zukunft schnell bauen zu können, muss an der Stellschraube Lohnanteil und Materialanteil gedreht werden.

Aktuell sehen wir uns den neuerlichen Forderungen gegenüber, beim Beton als Baumaterial möglichst einzusparen, um die Emissionen an CO₂ zu reduzieren. Zudem gilt es auch, Rücksicht auf die Nachhaltigkeit zu nehmen, da die Vorkommen der Rohstoffe wie Sand, Kies und

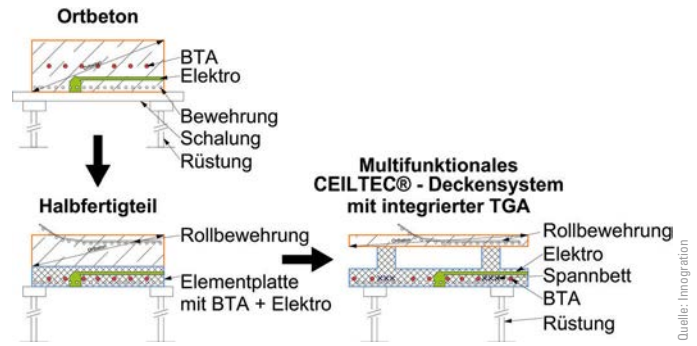


Bild 2 Entwicklung der Fertigung von Flachdecken: vom Ortbeton über Halbfertigteile bis zu den Fertigteilen mit Sandwichquerschnitt
Development of flat slab systems: from cast in situ, semi-precast elements up to prefabricated slabs with a sandwich cross section

Kalkstein endlich sind. Gleichzeitig hat sich der Druck auf die Lohnkosten weiter verschärft, da die Betonbranche noch wenig industrialisiert und somit weitestgehend auf die manuelle Tätigkeit angewiesen ist.

Somit sehen sich die vorausschauenden Baufachleute heute einem zweifachen Druck ausgesetzt, sowohl den Anteil für die Lohnarbeiten als auch den Einsatz von Material weiter zu reduzieren. Die Forderung nach der Reduktion des Lohnanteils darf jedoch nicht zulasten der Qualität des Produkts erfolgen, so wie die Baubranche in der jüngeren Vergangenheit versucht hat, dieses Problem durch das Heranziehen von Fremdarbeitern zu lösen. Das teilweise ungelernete Personal kann die planerischen Vorgaben immer weniger umsetzen. Die Folgen der mangelnden Qualität zeigen sich unmittelbar und führen zu Nacharbeiten an dem Produkt, was seinerseits zusätzliche Kosten verursacht.

Um die oben genannten Forderungen ganzheitlich zu erfüllen und weitere Fehlentwicklungen zu vermeiden, braucht es neue Denkanstöße und die Bereitschaft, sich bei den Entwicklungen und Vorschlägen von der traditionellen Vorgehensweise zu lösen (Out-of-the-Box-Thinking) [1].

Nachfolgend werden einige Aspekte der zukünftigen Entwicklung aufgezeigt und anhand von konkreten Umsetzungen an einem aktuellen Projekt die Potenziale beleuchtet. Dabei konzentriert sich die Weiterentwicklung auf die Suche nach Möglichkeiten, wie der Lohnanteil reduziert und Material zukünftig eingespart werden kann.

2 Möglichkeiten zur Reduktion von Lohn und Material und damit Bauzeit

Nachfolgend werden einige Punkte aufgelistet, die großes Potenzial haben, die Anteile von Lohn (Tab. 1) und von Material (Tab. 2) bei den Deckenkonstruktionen des Hochbaus zu reduzieren. Damit einher geht der notwendige Schritt zur Vorfertigung, um sowohl Bauzeit als auch Kosten für Lohn und Material einsparen zu können. Eine weitere wichtige Rolle spielt die Integration von Kompo-

Tab. 1 Maßnahmen zur Reduktion des Lohnanteils
Measures to reduce the wage share

- a Vergrößerung der Wertschöpfungskette durch den Einsatz von multifunktionalen Deckenelementen mit integrierter Haustechnik
- b Konsequente Vorfertigung der Konstruktion an sich sowie beim Einbau der Komponenten der Haustechnik
- c Vermehrter Einsatz von Vorspannung, insbesondere die Nutzung des Spannbetts anstatt einer nachträglichen Vorspannung
- d Weiterführende Einbauteile insbesondere für die Komponenten der Haustechnik, um den Anteil der Montagearbeiten zu reduzieren
- e Vorgefertigte Bewehrung im Werk (Mattenschweißanlage) und auf der Baustelle
- f Nebeneffekt: Die Vorfertigung ermöglicht einen einfacheren Zugang zur Steigerung der industrialisierten Fertigung

Quelle: Integration

nenen der Haustechnik in die Deckenkonstruktion (Bild 3). Gelingt es, diese Elemente bereits in der Vorfertigung mit zu integrieren, kann sehr viel, wenn nicht der Großteil der Bauzeit gespart werden. Denn die Haustechnik muss nicht mehr in einem separaten Prozess nach den Rohbauarbeiten ausgeführt werden. Die in der Konstruktion eingebauten Komponenten der Haustechnik werden parallel zu den Montagearbeiten für den Rohbau zu einem durchgängigen Netzwerk verbunden.

3 Vergrößerung der Wertschöpfungskette

Um mögliche Einsparungen zu verorten, muss zuerst geprüft werden, wo sich Synergien ergeben bei der Zusam-

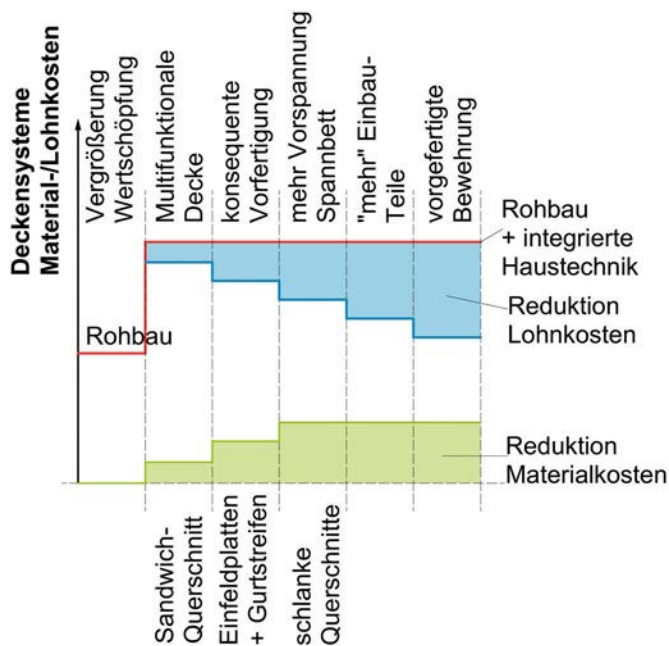


Bild 3 Größere Wertschöpfung, verbunden mit den Möglichkeiten zur Reduktion von Anteilen an Lohn und Material
Greater added value combined with the opportunities to reduce shares of labor and materials

Tab. 2 Maßnahmen zur Reduktion des Materialanteils
Measures to reduce the material share

- a Schlanke Deckenquerschnitte durch den Einsatz von Vorspannung (als aktive Bewehrung)
- b Geänderte Geometrien für die Deckenquerschnitte wie z. B. der Sandwichquerschnitt oder Nutzung von Verdrängungskörper, um Betonvolumen einzusparen
- c Variationen für das statische System der Decken von dem isotropen zum anisotropen (orthotropen) Materialeinsatz, von der Flachdecke mit Elementdecken zu einachsig gespannten Deckenplatten und der Lastabtragung über Gurtstreifen (idealerweise vorgespannt)

Quelle: Integration

menarbeit mit anderen Gewerken. Denn bei einem größeren Anteil an den Gesamtkosten lässt es sich einfacher nach Reduktionen suchen. Der Blick auf andere Gewerke bietet sich notgedrungen an, denn der Anteil der Rohbaukosten an den Gesamtkosten wird im Bereich des Hochbaus kontinuierlich geringer (Bild 4). Der Anteil für den Rohbau bewegt sich mit fallender Tendenz zwischen 40% und 30%, während der Anteil für die Haustechnik kontinuierlich von ca. 15% auf bis zu 35% zunimmt.

Teile der Haustechnik oder zumindest deren Komponenten lassen sich bei einer konsequenten Vorfertigung in die tragenden Bauteile mit integrieren. Durch die Vergrößerung der Wertschöpfungskette stellen sich unverhofft Synergien bei der Herstellung ein, was die Anteile an den Lohnleistungen betrifft.

So bedingt der Einbau der Komponenten der Haustechnik Veränderungen bei den konstruktiven Bauteilen wie z. B. einem passenden Querschnitt oder einem optimierten statischen System. Das wiederum hat zur Folge, dass sich die Vielzahl von Maßnahmen zur Reduktion der Anteile von Lohn und Material teilweise gegenseitig beeinflussen. Diese Veränderungen führen dann zwangsläufig zu der Reduktion von Lohnanteilen und von Material.

Die Erweiterung des Leistungsumfangs über den reinen Rohbau hinaus zu einem multifunktionalen Deckensystem

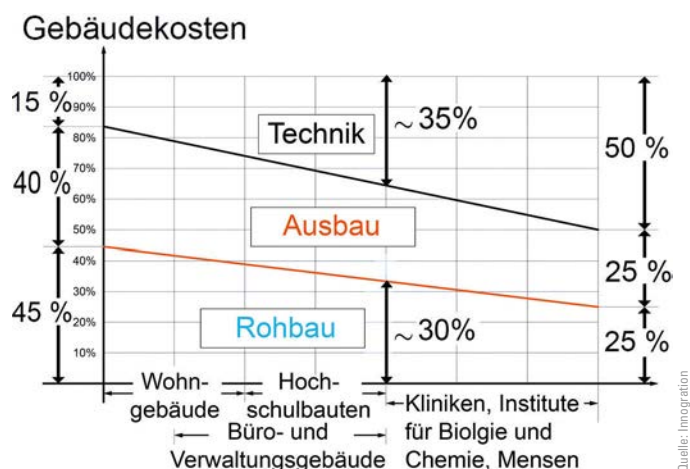


Bild 4 Verteilung der Kosten auf Rohbau, Ausbau und Haustechnik
Distribution of costs between shell, finishing and building services



Quelle: Imagination

Bild 5 Herstellung der Rohrleitungen für die Bauteilaktivierung für den Einbau in den vorgefertigten Deckenelementen
Production of the piping for the component activation for installation in the prefabricated ceiling elements

tem ist naheliegend, da insbesondere die Technologie der Bauteilaktivierung in den letzten 40 Jahren in gesteigertem Umfang eingesetzt wird. Allerdings ist der Vorgang für den Einbau der dazu erforderlichen Rohrleitungen in dem Deckenquerschnitt meist der Flachdecke aufwendig und folglich sehr zeitintensiv. Die Vorzüge dieser Technologie sind unverkennbar, denn mit dieser sehr einfachen Technik wird die Klimatisierung der Gebäude sichergestellt. Kühlen und Heizen der Räume mit dem gleichen System über die Deckenkonstruktion steigert den Wohlfühleffekt für den Nutzer auch ohne den Einsatz einer Energie verschlingenden und demnach unwirtschaftlichen Klimaanlage. Das liegt u. a. daran, dass die Wärmeenergie über eine angenehme Strahlung an den Raum abgegeben wird, während stromfressende Klimaanlage über Konvektion die Raumluft beeinflussen. Zudem ist die Technologie der Bauteilaktivierung ausgesprochen energieeffizient und somit der klassischen Klimaanlage deutlich überlegen. Es verwundert nicht, dass die Bauteilaktivierung bereits heutzutage in ca. 40% der neu erstellten Bürogebäude verbaut wird.

Die Integration der Leitungen zum Kühlen und Heizen in dem Betonquerschnitt (Bild 5) hat jedoch weitergehende Folgen, die weitere Synergien bei der Herstellung zur Folge haben. Die freie Zugänglichkeit der Deckenunterseite hat Einfluss auf die Anordnung von Leitungen (wie z. B. Lüftung) und auf die Raumakustik. Denn die bislang verwendeten abgehängten Decken boten Platz, um die Leitungen zu kaschieren und deren Hohlraum vernichtete die Schallwellen im Raum. Die Reduktion der Nachhallzeit führt zu einem akustischen Wohlempfinden. Diese Tatsache bedingt, dass auch hier neue Lösungsansätze innerhalb der Betondecke gefunden werden müs-

sen. Diese Entwicklungen führten zur multifunktionalen Decke mit weiteren Optionen, um die bisherige Funktion der abgehängten Decke zu ersetzen.

4 Der Einfluss auf den Deckenquerschnitt

Der optimale Deckenquerschnitt für den Einbau von Komponenten der Haustechnik ist der Sandwichquerschnitt. Er bietet optimale thermische Leistung mit den in der unteren Platte eingebauten Rohrleitungen für die Klimatisierung. Der Hohlraum zwischen den beiden tragenden Schichten kann für den Einbau weiterer Leitungen wie z. B. für Zuleitungen und die Lüftung genutzt werden. Auch aus statischer Sicht ist der Sandwichquerschnitt dem Vollquerschnitt gleichwertig. Die Reduktion von Material, welche je nach Stärke des Querschnitts bis zu 40% betragen kann, kompensiert die etwas geringere Querschnittssteifigkeit. In Verbindung mit einer vorgespannten Bewehrung stellt dieser Querschnitt ein absolutes Optimum dar, was den Widerstand und den Verbrauch an Material anbelangt [2, 3].

Allerdings lässt sich der Sandwichquerschnitt nur bedingt in Ortbeton herstellen. Damit wird die Produktion zwangsweise ins Fertigteilwerk verlagert. Die untere Schicht mit den Einbauteilen für die Klimatisierung sowie die Rippen für die Verbindung mit der oberen Schicht und die Verdrängungskörper werden im Werk hergestellt. Die obere Schicht in Ortbeton verbindet die Elemente über die Fugen hinweg zu einer durchgehenden Scheibe. Vorgefertigte Elementplatten mit einem Sandwichquerschnitt übertragen die Einwirkungen nur in einer Richtung (einachsige Lastabtragung entlang der Rippen). Damit muss das statische System für die Decke angepasst werden. Die Lastabtragung der so erstellten Flachdecke erfolgt über deckengleiche Unterzüge, die entlang der Gurtstreifen mit einem Vollquerschnitt verlaufen. Das orthotrope Tragverhalten des geänderten Deckensystems, welches mit einem Trägerrost vergleichbar ist, weist jedoch ein analoges Verformungsverhalten wie die isotrope Flachdecke aus einem Guss auf. Das liegt auch an dem reduzierten Eigenwicht der Decke. In Verbindung mit zusätzlich vorgespannten Gurtstreifen wird die Steifigkeit noch vergrößert und das Verformungsverhalten verbessert.

5 Vorfertigung im Werk

Konsequenterweise lassen sich die einzelnen Deckenplatten unter weitgehend industrialisierten Bedingungen herstellen. Mit den vorgefertigten Deckenplatten werden die Schalung und der Einbau der unteren Bewehrung eingespart. Zusätzlich werden die Leistungen vor Ort für die Bauteilaktivierung reduziert, wenn diese bereits werkseitig integriert wird. Nicht nur die Rohrleitungen, sondern auch die zugehörigen Elemente wie Verteiler und die Zuleitungen werden bereits im Werk eingebaut. Da sich die Plattenbreiten an dem Ausbauraster orientieren,



Quelle: Imagination

Bild 6 Vorrüstung der Aussparungen für die Akustikabsorber in der vorgefertigten Deckenplatte (Deckenuntersicht Rhenania)
Prefitting of the recesses for the acoustic absorbers in the prefabricated ceiling panel (ceiling soffit Rhenania)



Quelle: Imagination

Bild 7 Verbindung und Koppelung der Leitungen über die Fugen hinweg nach dem Verlegen der vorgefertigten Deckenplatten
Connection and coupling of the lines across the joints after laying the prefabricated ceiling tiles

sind die Rohrregister für die Einzelraumregelung bereits vorbereitet. Auch die Aussparungen für die später einzubauenden Akustikabsorber (Bild 6) lassen sich idealerweise mit speziellen, eigens für diesen Zweck entwickelten Schalkkörpern auf dem Fertigungstisch erstellen.

Die Streifenabsorber für die Schallreduktion werden zugleich als Luftauslass verwendet. Die zugehörigen Lüftungsleitungen werden innerhalb des Deckenhohlraums ebenfalls bereits im Werk eingebaut.

Die genannten Komponenten der Haustechnik werden mit deutlich geringerem Lohnaufwand im Werk erstellt und der Verzicht auf den Einbau vor Ort spart weiter Bauzeit. Lediglich die Verbindung der Leitungen an den Plattenfugen muss noch auf der Baustelle sichergestellt werden (Bild 7). Gemäß der Planung liegen die Enden der Leitungen an den Fugen gegenüber, sodass diese durch einfache Koppelverbindungen zu einem durchgehenden Strang verbunden werden.

6 Die Spannbettvorspannung besser nutzen

Eine Vorspannung erlaubt schlanke Deckenquerschnitte und spart damit weiter Material (vgl. auch Tab. 2). Und der Einsatz einer Spannbettvorspannung führt zu einem zusätzlichen Zeitgewinn, da die sonst üblichen und lohnintensiven Leistungen für das Verlegen und Spannen der Spannkabel ins Fertigteilwerk verlagert werden. Hierbei



Quelle: Imagination

Bild 8 Vorgespannte Gurtstreifenplatten inklusive der im Werk integrierten Schubbewehrung
Prestressed chord strip slabs including the shear reinforcement integrated in the factory

können sowohl einzelne Platten, aber insbesondere die hoch belasteten Gurtstreifenplatten mit Spannstahl ausgerüstet werden. Im Zuge dessen werden die Halbfertigteilplatten zentrisch vorgespannt. Das bietet große Vorteile, wenn die Vorspannung vorgängig in ein Bauteil ohne äußere Einwirkungen eingetragen werden kann. Das vorgespannte Betonbrett wirkt im Einbauzustand wie eine gespannte Feder, die im Verbund mit dem Restquerschnitt erst am statisch unbestimmten System voll genutzt werden kann.

Deshalb führt die hohe Druckspannung im Querschnitt zu einer großen Biegesteifigkeit des Verbundquerschnitts. Damit lässt sich der schlanke Betonquerschnitt des Plattenstreifens mit hoher Druckspannung versehen (Bild 8), sodass der Verbundquerschnitt des Gurtstreifens unter Gebrauchslasten vollständig überdrückt bleibt. Da der hoch belastete Gurtstreifen eine ausreichend hohe Steifigkeit aufweist, entstehen auch nur geringe Verformungen [4]. Die Technik des Vorspannens lässt sich mithilfe eines mobilen Spannbetts (Bild 9) auch in Fertigteilwerken einsetzen, die normalerweise keine Spannbettvorrichtung besitzen. Eine Betonplatte mit aufgelegter Blechschicht dient als Fertigungstisch. Gemeinsam mit den seitlich angebauten Betonbalken dient die Konstruktion der Weiterleitung der an beiden Enden aufbrachten Vorspannkraft und setzt diese ins Gleichgewicht. Die Querjoche an den Enden ermöglichen die gezielte Anordnung der Spanndrähte, verteilt über den Plattenquerschnitt.

7 Einsatz der multifunktionalen Deckenkonstruktion für die Bürogebäude von ICampus in München

Die vorbeschriebene Technik der vorgefertigten multifunktionalen Deckenelemente wurde bereits bei vielen Bauvorhaben eingesetzt. Exemplarisch zeigt das nachfolgend beschriebene Bauvorhaben in München (Bild 10),



Bild 9 Sicht auf das mobile Spannbett zur Herstellung der vorgespannten Gurtstreifenplatten
View of the mobile tensioning bed for the production of the pre-stressed belt strip plates



Bild 10 Luftbild mit Übersicht über die fünf Bürogebäude von ICampus und Rhenania
Aerial view with overview of the five office buildings of ICampus and Rhenania

welche Vorteile in Bezug auf die Bauzeit mit dieser Technik zu erzielen sind. Die kurze Ausführungszeit für die Deckenfläche war bestimmend für den Einsatz der vorgefertigten Deckenelemente mit den werkseitig integrierten TGA-Komponenten.

In München in unmittelbarer Nähe zum Ostbahnhof auf einem ehemaligen Werkgelände werden mehrere Bürogebäude errichtet. Die einzelnen Geschosse der insgesamt fünf Bürogebäude umfassen eine Fläche von ca. 47.000 m², verteilt auf fünf bzw. sechs Geschosse (Tab. 3). Ursprünglich geplant war der Einsatz der multifunktionalen Deckenkonstruktion für die beiden Gebäude vom Bürokomplex „Rhenania“ mit insgesamt 15.600 m². Dort wurden die einachsige gespannten Deckenplatten mit Sandwichquerschnitt vorgesehen (Bild 11).

Diese lagern in der Regel auf deckengleichen Gurtstreifen entlang der Fassade und der Mittelstützenreihe. Die sehr schlanke Deckenkonstruktion bedingt sowohl den Ein-

satz des Sandwichquerschnitts, um Gewicht zu sparen, als auch die Vorspannung der Gurtstreifen. In die vorgefertigten Deckenplatten wurden die Rohrleitungen für die Bauteilaktivierung und die dezentral angeordneten Verteiler (Bild 12) eingebaut. Dosen und Leerrohre für die Elektroleitungen wurden ebenfalls werkseitig angeordnet. Zur Reduktion der Schallwellen wurden Akustikabsorber (siehe auch Bild 6) in der Deckenunterseite vorgesehen. Dazu wurden im Werk die Aussparungen und die Befestigungen vorgesehen, in die zu einem späteren Zeitpunkt die entsprechenden Streifenabsorber eingesetzt werden. Die Zeit für die Montage der Decken betrug 19 Wochen. Somit wurden ca. 820 m²/Woche an Deckenfläche verbaut (siehe auch Tab. 3). Im Werk und nur bedingt auf der Baustelle wurden die in der Tab. 3 angegebenen Werte für die Heizungsrohre, die Elektrorohre und die Akustikabsorber verbaut. Zu den Leistungen innerhalb des Wochenintervalls gehörte auch das Erstellen der Stützen und Wände. Die drei restlichen Gebäude des Komplexes ICampus sollten gemäß Planung in Ort beton erstellt werden. Die besondere zeitliche Herausforderung

Tab. 3 Gesamtmengen für die Bauteile und die verbauten Materialien für fünf Bürogebäude
Total quantities for the components and the installed materials for five office buildings

Projekt		iCampus				Rhenania			Gesamthaft
		Alpha	Beta	Gamma	Summe	Gurtstreifen	Deckenplatten	Summe	
Bauzeit	Wochen				35			19	39
Fläche	[m ²]	10.804,00	9526,00	10.714,00	31.044,00	2108,00	13.460,00	15.568,00	46.612,00
Stk. Elemente	Anzahl	749,00	676,00	749,00	2174,000	629,00	796,00	1425,00	3599,00
Fläche/Stk.	[m ² /Stk]	14,42	14,09	14,30		3,35	16,91		12,95
Fläche/Woche	[m ²]	886,97				819,37			1195,18
Stk./Woche	Anzahl	62,11				75,00			92,28
Heizrohr	[lfm]	139.000,00				69.500,00			208.500,00
Heizrohr/m ²	[lfm/m ²]	4,48				4,46			4,47
Elektro	[lfm]	14.000,00				15.600,00			29.600,00
Elektro/m ²	[lfm/m ²]	0,45				1,00			0,64
Absorber	[lfm]					19.200,00			
Absorber/m ²	[lfm/m ²]					1,23			

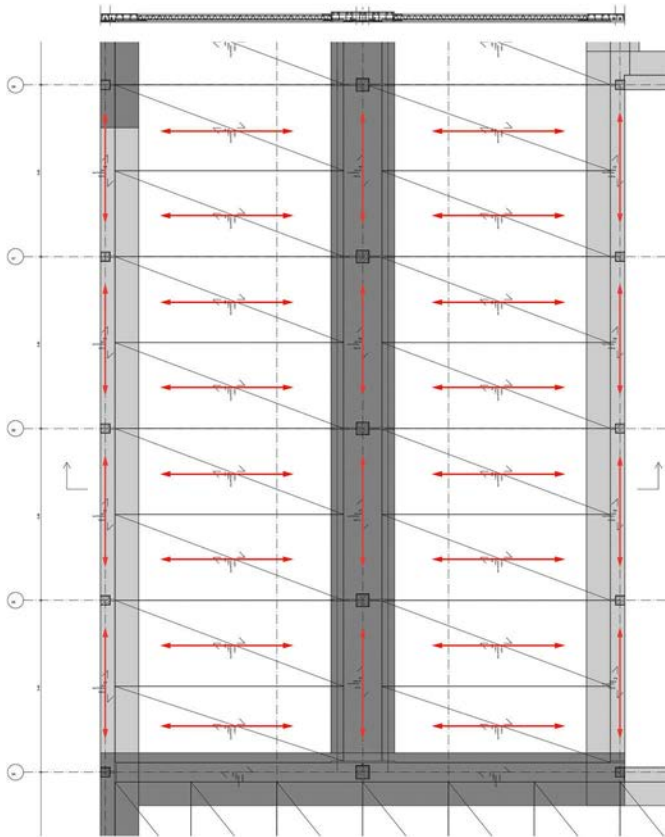


Bild 11 Statisches System für den Deckengrundriss für Rhenania mit einachsig gespannten Deckenplatten und vorgespannten Gurtstreifen
Static system for the ceiling floor plan for Rhenania with uniaxial tensioned ceiling slabs and prestressed strip plates

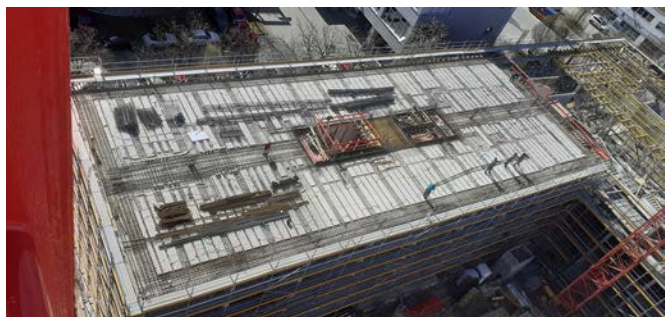


Bild 12 Vorgefertigte Deckenelemente für einen Grundriss
Prefabricated ceiling elements for a floor plan

lag in der aufwendigen Anordnung der Rohrleitungen für die Bauteilaktivierung, in Verbindung mit dem Einbau der Leerrohre für die Elektroleitungen (Bild 13). Da sämtliche Rohrleitungen in der Ortbetondecke geplant waren, musste der zeitliche Ablauf für die separaten Gewerke der Heizleitungen und der Elektroverrohrung exakt geplant, koordiniert und anschließend überwacht werden, was zu einem großen Zeitaufwand geführt hätte.

Da bei den drei Objekten die statische Berechnung als Flachdecke bereits abgeschlossen war, wurde das statische System nicht mehr geändert. Die vorgefertigten Deckenplatten ersetzen die Schalung und die untere Bewehrung (siehe auch Bild 2) vor Ort. Zudem wurde die Durchstanzbewehrung ebenfalls im Werk angeordnet. In



Bild 13 Verbinden der Leitungen nach dem Verlegen der vorgefertigten Deckenplatten
Connecting the lines after laying the prefabricated ceiling tiles



Bild 14 Einsatz einer Rollbewehrung zur Beschleunigung des Bauablaufs
Use of rolling reinforcement to accelerate the construction process

Verbindung mit dem Einbau von Heizleitungen und Elektroleitungen im Werk konnte gesamthaft maßgeblich Bauzeit eingespart werden. Zur Beschleunigung des Ablaufs wurde bei allen Gebäuden des Vorhabens für die obere Bewehrung eine vorkonfektionierte Rollbewehrung (Bild 14) eingesetzt.

Dieses System bot sich regelrecht an, da mit den Gitterträgern der vorgefertigten Elementplatten ein stabiles Auflager zum Ausrollen der schweren Einheiten gegeben war. Insgesamt wurden für alle fünf Büroeinheiten die in der Tab. 3 angegebenen Mengen verbaut. Beachtlich ist die gesamte Bauzeit von nur 39 Wochen, innerhalb der die Deckenfläche von ca. 47.000 m² erstellt wurde. Das entspricht einer wöchentlichen Fläche von ca. 1200 m² bzw. dem Einbau von ca. 93 Deckenplatten.

8 Zusammenfassung

Flachdecken haben sich mittlerweile als Geschossdecken durchgesetzt (Bild 15). Um Material einzusparen, wird der Vollquerschnitt durch den Sandwichquerschnitt ersetzt, welcher jedoch nur als vorgefertigtes Element her-



Bild 15 Sicht in das Innere eines Gebäudes mit Blick auf die vorgefertigten Deckenuntersichten
View into the interior of a building with a view of the prefabricated ceiling soffits

gestellt werden kann. Damit eröffnen sich enorme Möglichkeiten zur Reduktion von Lohn- und Materialkosten,

Literatur

- [1] Friedrich, T. (2020) *Neuste Entwicklungen im Fertigteilbau mit Betonelementen*. BWI 04.
- [2] Friedrich, T. (2020) *Reduktion des Materialverbrauchs von Flachdecken – vorgefertigte Deckenelemente mit Sandwichquerschnitt und Vorspannung*. BFT International 02-2020.
- [3] Friedrich, T. (2020) *Gewichtsoptimierter Querschnitt für weitgespannte Deckenelemente für die vorgefertigte Modulbauweise von ImmoLiving®*. Allgemeine Bauzeitung Nr.10.
- [4] Menn, C. (1986) *Stahlbeton-Brücken*. Springer-Verlag Wien New York.

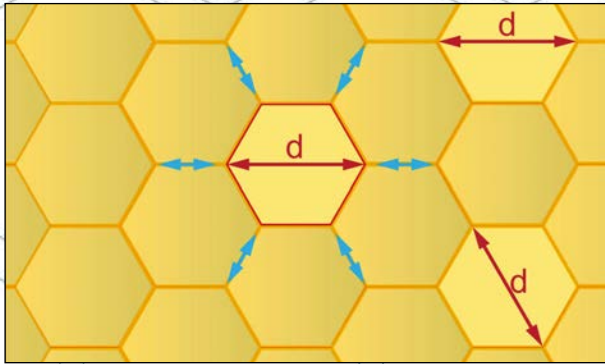
Autor



Dipl.-Ing. Thomas Friedrich (Korrespondenzautor)
office@innogration.de
Innogration GmbH
Cusanusstraße 23
54470 Bernkastel-Kues

Zitieren Sie diesen Beitrag

Friedrich, T. (2021) *Extrem kurze Bauzeiten dank vorgefertigter Deckenelemente mit integrierten Haustechnikkomponenten*. Beton- und Stahlbetonbau 116, Sonderheft Schneller bauen S2, September 2021, S. 79–86. <https://doi.org/10.1002/best.202100068>

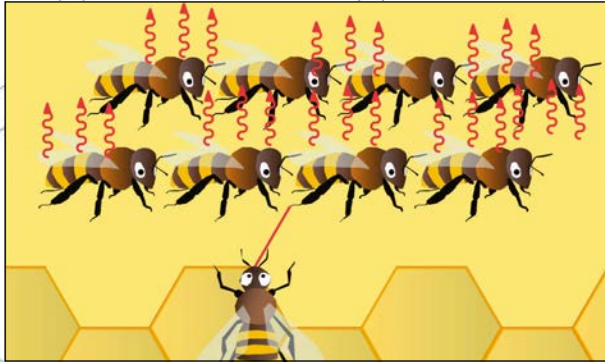


Eine stabile und zugleich leichte Wabenstruktur

Konstruktion zur Einsparung von Gewicht



Ein stabiler und zugleich leichter Sandwichquerschnitt

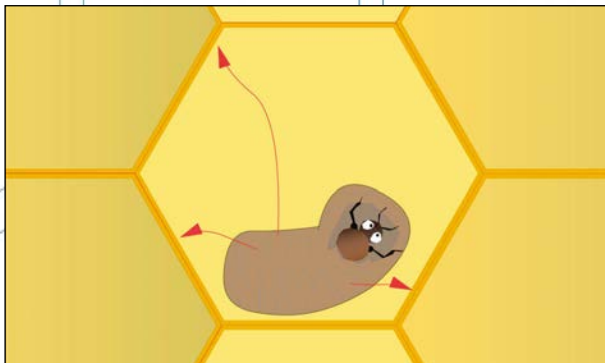


Konsequentes Teamwork

Bauzeit



Konsequente Vorfertigung inkl. der bauteilintegrierten Komponenten der Haustechnik

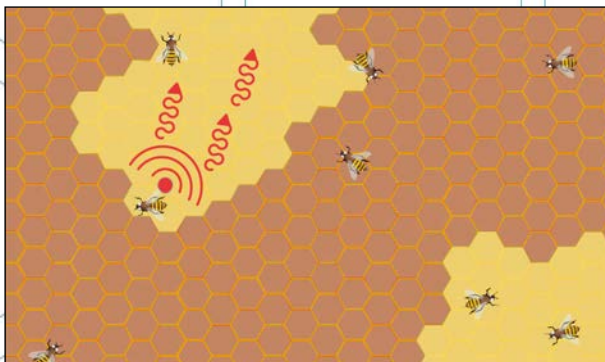


Der Kokon der Larven wird zugleich als Verstärkung verwendet

Verstärkung der Konstruktion mit Bewehrung



Verwendung von Bewehrungsmatten und von Rollbewehrung



Der Deckel über dem Hohlraum der Wabe dient zur Schallübertragung und damit zur Informationsübertragung

Akustik der Konstruktion



Dünne Metallstreifen über den integrierten Hohlräumen dienen als Schallabsorber

Erkenntnis zu den Bienenvölkern:

Das Bienenvolk als Team gilt als das erfolgreichste Unternehmen der Welt mit der Erkenntnis, dass ein Gemeinwesen auf Dauer nur bestehen kann, wenn alle Beteiligten dabei gewinnen. Höchst effizient wird der Bienenstock gebaut und optimal gemeinsam genutzt.

Übertragung der Erkenntnis:

Erfolgreiche Bauvorhaben der Zukunft brauchen die uneingeschränkte Zusammenarbeit als Team. Nur die effizienten Bauweisen und Baustoffe führen zur wirtschaftlichen Konstruktion innerhalb kurzer Bauzeiten. Auch hier gilt, dass das Team nur dann erfolgreich ist, wenn jeder gewinnt.