1. Übersicht elementarer Tragwerke
2. Gerichtete Systeme
2.1 Biegebeanspruchte Systeme
2.1.1 Platte einachsig gespannt
2.1.2 Flache Überdeckung aus Stabscharen
2.1.3 Aussteifung von Skeletttragwerken
2.1.4 Geneigte ebene Überdeckung aus Stabscharen
2.2 Druckbeanspruchte Systeme - geneigte Dächer und Gewölbe
2.2.1 Geneigtes Dach aus Stabscharen
2.2.2 Gewölbe vollwandig
2.2.3 Gewölbeschale vollwandig
2.2.4 Gewölbe aus Bogenscharen
2.2.5 Gewölbeschale aus Stäben
2.3 Zugbeanspruchte Systeme
2.3.1 Band
3. Ungerichtete Systeme
3.1 Biegebeanspruchte Systeme - flache Überdeckungen
3.1.1 Platte zweiachsig gespannt, linear gelagert
3.1.2 Platte zweiachsig gespannt, punktuell gelagert
3.1.3 Trägerrost zweiachsig gespannt, linear gelagert
3.1.4 Trägerrost zweiachsig gespannt, punktuell gelagert
3.1.5 Platte ringförmig gelagert
3.1.6 Stablage radial, ringförmig gelagert
3.2 Druckbeanspruchte Systeme
3.2.1 Pyramide
3.2.2 Zylindrische Kuppel
3.2.3 Kegel
3.2.4 Kuppel vollwandig
3.2.5 Kuppel aus Stäben
3.2.6 Schale vollwandig, synklastisch gekrümmt, punktuell gelagert
3.3 Zugbeanspruchte Systeme
3.3.1 Membran und Seiltragwerk, mechanisch gespannt, punktuell gelagert
3.3.2 Membran und Seiltragwerk, mechanisch gespannt, linear gelagert
3.3.3 Durch Schwerkraft gespannte Membran oder Seiltragwerk
3.3.4 Membran und Seiltragwerk, pneumatisch gespannt
Anmerkungen

1. Übersicht elementarer Tragwerke

Die Matrizen in 🗗 **4** bis **7** stellen den Versuch dar, Tragwerksformen nach einigen wenigen elementaren Unterscheidungskriterien zu ordnen. Stellvertretend für das Gesamttragwerk wird deren signifikantester Bestandteil, die **Überdeckung**, untersucht, und zwar differenziert hinsichtlich ihrer **Form** und der Art ihrer **Lagerung**. Hiermit wird kein Anspruch erhoben, die grenzenlose Vielfalt denkbarer Tragwerksformen zu erfassen. Ebensowenig sollen der Fantasie des Entwerfers von vornherein Zügel angelegt werden. Die Klassifikation soll vielmehr eine einfache Hilfe für das bessere Verständnis der Wirkungsweise einfachster Tragsysteme bieten. Die für die heutige Baupraxis wichtigeren Varianten werden vertiefend behandelt und sind in den Matrizen entsprechend grafisch gekennzeichnet. Einige historisch bedeutungsvolle Tragwerke werden wegen ihres besonderen Interesses ebenfalls behandelt, jedoch nur ansatzweise. Andere Varianten sind zwar aus der Systematik ableitbar, werden aber wegen ihrer begrenzten baupraktischen Bedeutung in diesem Rahmen ausgeblendet. Die für unsere Betrachtung relevanten Varianten, die in den folgenden Abschnitten detaillierter behandelt werden, sind in der Übersicht in 🗗 **8** zusammengetragen.

Wie bereits im *Abschn. 3* diskutiert, werden die untersuchten Tragwerksvarianten in drei große Kategorien gegliedert:

- vorwiegend **druckbeanspruchte** Tragwerke (**d**)
- vorwiegend **biegebeanspruchte** Tragwerke (**b**)
- vorwiegend **zugbeanspruchte** Tragwerke (**z**)

☞ ***Band 1**, Kap. V-2, Abschn. 2. Grundlegende Begriffe, S. 366 ff*

Wie bereits angesprochen (☞) ist die Art der Beanspruchung grundsätzlich von drei Parametern abhängig: von der **äußeren Belastung**, von der **Form** und von der **Lagerung**.

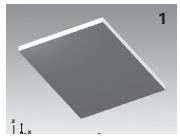
Für die angesprochene Kategorisierung setzen wir die **äußere Belastung** als vorgegeben an, nämlich in Form der für den Hochbau typischen **verteilten lotrechten Last**. Diese Lastkomponente dominiert im Regelfall, insbesondere bei schweren Konstruktionen, das Gesamtlastbild. Es versteht sich von selbst, dass in der vertiefenden Einzelbetrachtung auch andere Lastanteile mit einzubeziehen sind. In diesem Kapitel werden wegen ihrer Bedeutung insbesondere **horizontale Lastanteile** zusätzlich berücksichtigt. Jede der in diesem Kapitel betrachteten Tragwerksvarianten wird in ihrem Tragverhalten sowohl unter **lotrechter** als auch **waagrechter**, also **horizontaler** Belastung untersucht.

Die beiden anderen Parameter **Form** und **Lagerung** werden in den Matrizen in 🗗 **4**-**7** variiert, um eine möglichst repräsentative Auswahl an elementaren, baupraktisch relevanten Tragwerksvarianten systematisch herzuleiten.

1 Druckbeanspruchtes Tragwerk.

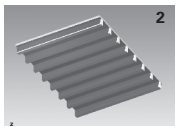
2 Biegebeanspruchtes Tragwerk.

3 Zugbeanspruchtes Tragwerk.

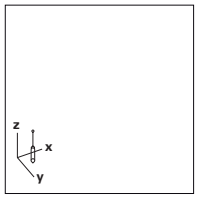
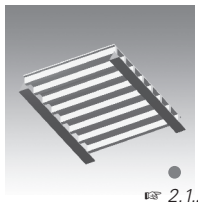
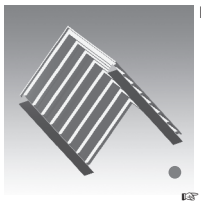
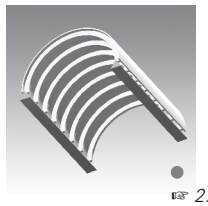
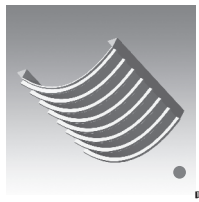
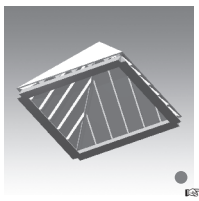
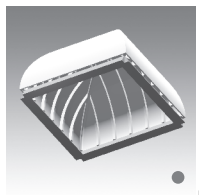
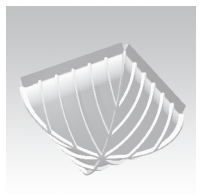
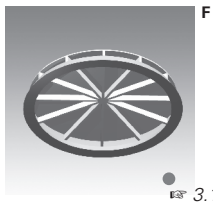
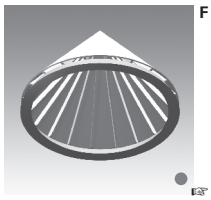
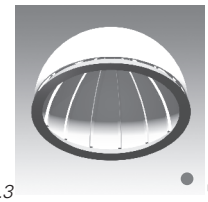
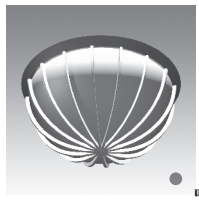


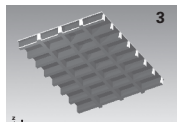
4 Übersicht über elementare Tragwerksformen aus vollwandigen Flächenbauteilen. Die mit Punkten gekennzeichneten Varianten sind von besonderem Interesse und werden in den folgenden Abschnitten näher untersucht.

	Überdeckungen aus Flächenbauteilen			
	b – Biegebeanspruchte Tragwerke	**d – Druckbeanspruchte Tragwerke**	**z – Zugbeanspruchte Tragwerke**	
A **1 Punktlager**	**A b**			**ungerichtet - punktuell gelagert**
B **4 Punktlager**	**B b** ☞ 3.1.2	**B d** ☞ 3.2.6	**B z** 3.3.3 ☞ 3.3.1	**ungerichtet - punktuell gelagert**
C **1 Linienlager**	**C b**			**gerichtet - linear gelagert**
D **2 Linienlager**	**D b** ☞ 2.1.1	**D d .1** **D d.2** ☞ 2.2.2	**D z** ☞ 2.3.1	**gerichtet - linear gelagert**
E **4 Linienlager**	**E b** ☞ 3.1.1	**E d.1** ☞ 3.2.1 **E d.2** ☞ 3.2.2	**E z**	**ungerichtet - linear gelagert**
F **Ringlager**	**F b** ☞ 3.1.5	**F d.1** ☞ 3.2.3 **F d.2** ☞ 3.2.4	**F z** ☞ 3.3.2-.4	**ungerichtet - linear gelagert**

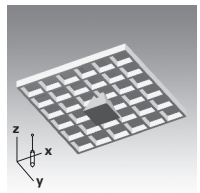
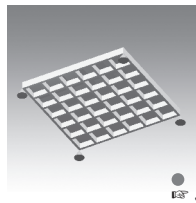
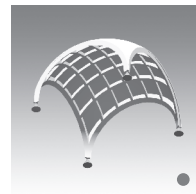
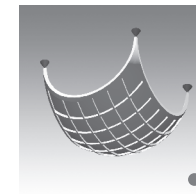
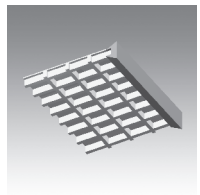
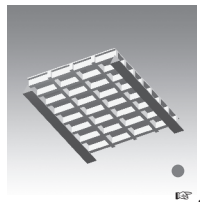
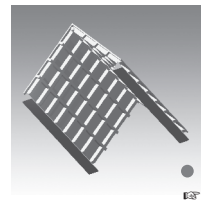
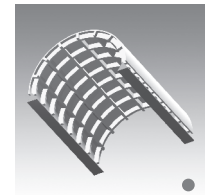
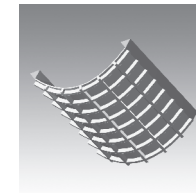
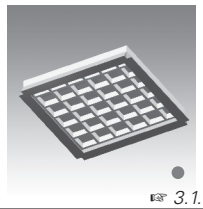
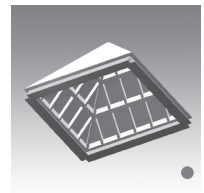
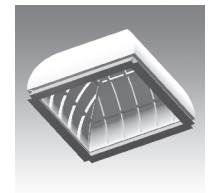
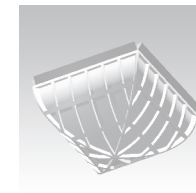
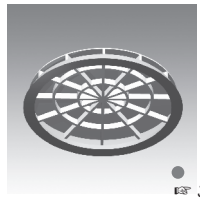
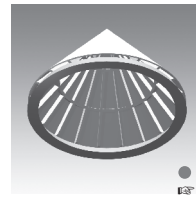
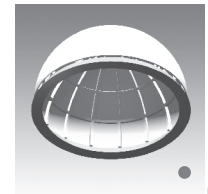
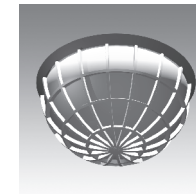


5 Übersicht über elementare Tragwerksformen aus einachsigen Rippenbauteilen

	Überdeckungen aus Rippenbauteilen			
	b – biegebeanspruchte Tragwerke	**d – druckbeanspruchte Tragwerke**	**z – zugbeanspruchte Tragwerke**	
A **1 Punktlager**	**A b** 			**ungerichtet - punktuell gelagert**
B **4 Punktlager**	**B b**	**B d**	**B z**	**ungerichtet - punktuell gelagert**
C **1 Linienlager**	**C b**			**gerichtet - linear gelagert**
D **2 Linienlager**	**D b**  ☞ 2.1.2, .4	**D d.1**  ☞ 2.2.1 **D d.2**  ☞ 2.2.2, .4	**D z**  ☞ 2.3.1	**gerichtet - linear gelagert**
E **4 Linienlager**	**E b**	**E d.1**  ☞ 3.2.1 **E d.2**  ☞ 3.2.2	**E z** 	**ungerichtet - linear gelagert**
F **Ringlager**	**F b**  ☞ 3.1.6	**F d.1**  ☞ 3.2.3 **F d.2**  ☞ 3.2.4	**F z**  ☞ 3.3.3	**ungerichtet - linear gelagert**



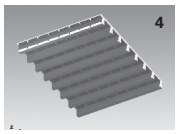
6 Übersicht über elementare Tragwerksformen aus zweiachsigen Rippenbauteilen

	Überdeckungen aus Rippenbauteilen			
	b – Biegebeanspruchte Tragwerke	**d – Druckbeanspruchte Tragwerke**		**z – Zugbeanspruchte Tragwerke**
A **1 Punktlager**	 **A b**			
B **4 Punktlager**	 **B b** ☞ *3.1.4*	 **B d** ☞ *3.2.6*		 **B z** ☞ *3.3.1*
C **1 Linienlager**	 **C b**			
D **2 Linienlager**	 **D b** ☞ *2.1.2*	 **D d .1** ☞ *2.2.1*	 **D d.2** *2.2.5* ☞ *2.2.4*	 **D z** ☞ *2.3.1*
E **4 Linienlager**	 **E b** ☞ *3.1.1, .3*	 **E d.1** ☞ *3.2.1*	 **E d.2** ☞ *3.2.2*	 **E z**
F **Ringlager**	 **F b** ☞ *3.1.6*	 **F d.1** ☞ *3.2.3*	 **F d.2** ☞ *3.2.5*	 **F z** ☞ *3.3.3*

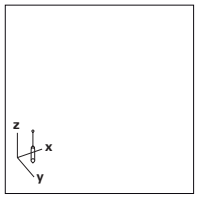
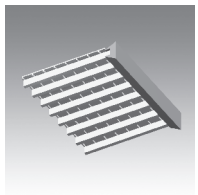
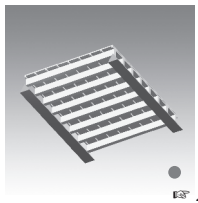
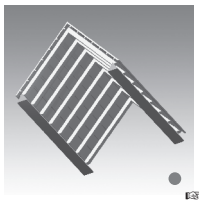
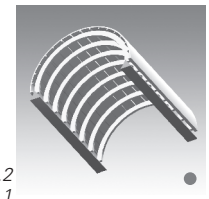
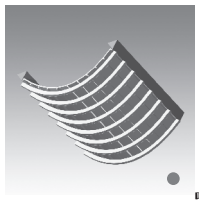
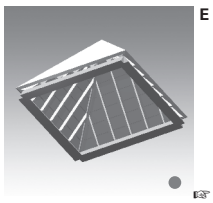
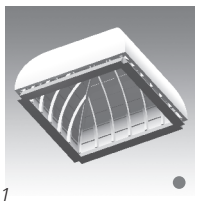
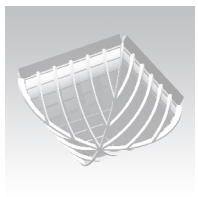
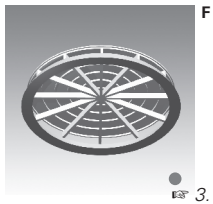
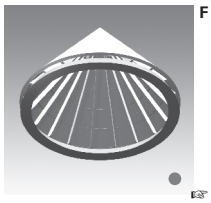
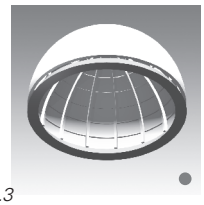
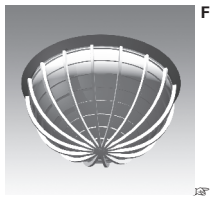
ungerichtet - punktuell gelagert

gerichtet - linear gelagert

ungerichtet - linear gelagert

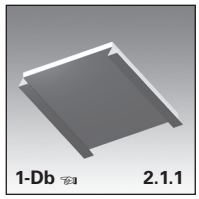


7 Übersicht über elementare Tragwerksformen aus einachsigen, hierarchisch gestuften Rippenbauteilen

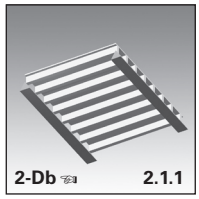
	Überdeckungen aus Rippenbauteilen			
	b – biegebeanspruchte Tragwerke	**d – druckbeanspruchte Tragwerke**	**z – zugbeanspruchte Tragwerke**	
A **1 Punktlager**	**A b** 			**ungerichtet - punktuell gelagert**
B **4 Punktlager**	**B b**	**B d**	**B z**	
C **1 Linienlager**	**C b** 			**gerichtet - linear gelagert**
D **2 Linienlager**	**D b**  ☞ 2.1.2	**D d.1**  2.1.2 ☞ 2.2.1 **D d.2**  ☞ 2.2.4	**D z**  ☞ 2.3.1	**gerichtet - linear gelagert**
E **4 Linienlager**	**E b**	**E d.1**  ☞ 3.2.1 **E d.2**  ☞ 3.2.2	**E z** 	**ungerichtet - linear gelagert**
F **Ringlager**	**F b**  ☞ 3.1.6	**F d.1**  ☞ 3.2.3 **F d.2**  ☞ 3.2.5	**F z**  ☞ 3.3.3	**ungerichtet - linear gelagert**

2 Gerichtete Tragwerke

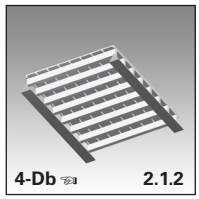
2.1 biegebeansprucht



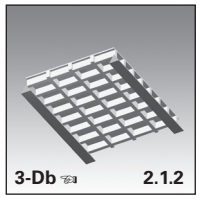
Platte, einachsig gespannt



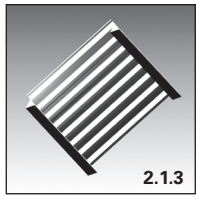
Rippenlatte, einachsig gespannt



Stabschar

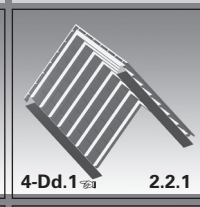


Stabschar mit Querrippen

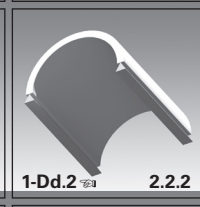


Stabschar geneigt

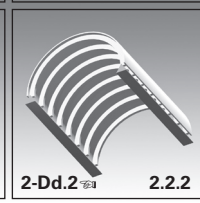
2.2 druckbeansprucht



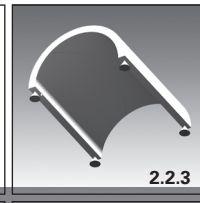
geneigtes Dach aus Stabscharen



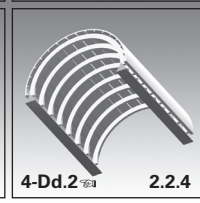
Gewölbe vollwandig



Gewölbe gerippt



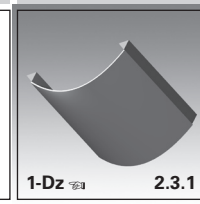
Gewölbeschale vollwandig



Gewölbe aus Bogenscharen

Gewölbeschale aus Stäben

2.3 zugbeansprucht

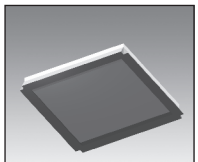


Band

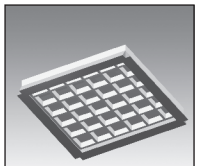
8 (*links und rechts*) Auswahl aus der Systematik elementarer Tragwerksformen wie sie in 🗗 **4** bis **7** in Abhängigkeit von Beanspruchung, Form und Lagerung hergeleitet wurden. Diese Tragwerkstypen werden in den folgenden Abschnitten näher untersucht, die entsprechenden Abschnittsnummern und Abschnittstitel sind in dieser Zusammenstellung rechts am Schaubild vermerkt. Links sind die Ordnungscodes der ausgewählten Tragwerksvarianten in den Übersichten 🗗 **4** bis **7** angegeben. Es sind für jeweils eine Tragwerksvariante in einigen Fällen auch mehrere Varianten des konstruktiven Aufbaus der Flächen bildenden Bauteile denkbar (*Varianten* **1** *bis* **4** *gemäß Kap. VIII-1, Abschn. 3*), wenngleich hier nur eine einzige Ausführung dargestellt ist.

3 Ungerichtete Tragwerke

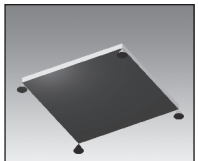
3.1 biegebeansprucht



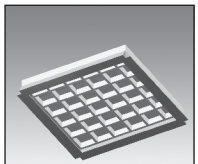
1-Eb **3.1.1** — Platte zweiachsig gespannt, linear gelagert



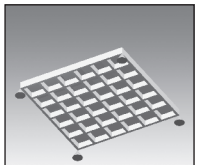
3-Eb **3.1.1** — Rippenlatte zweiachsig gespannt



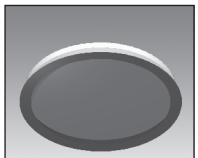
1-Bb **3.1.2** — Platte, zweiachsig gespannt, punktuell gelagert



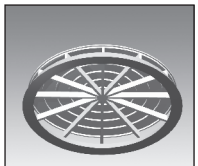
3-Eb **3.1.3** — Trägerrost zweiachsig gespannt, linear gelagert



3-Bb **3.1.4** — Trägerrost, zweiachsig gespannt, punktuell gelagert

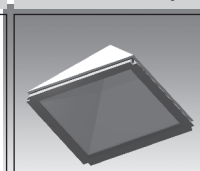


1-Fb **3.1.5** — Platte ringförmig gelagert

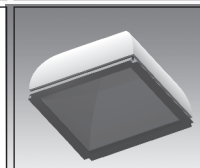


4-Fb **3.1.6** — Stablage radial, ringförmig gelagert

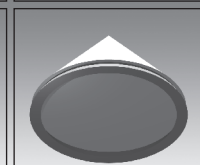
3.2 druckbeansprucht



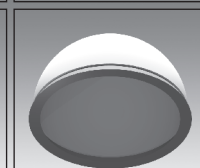
1-Ed.1 **3.2.1** — Pyramide



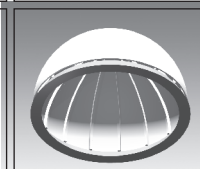
1-Ed.2 **3.2.2** — zylindrische Kuppel



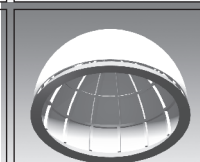
1-Fd.1 **3.2.3** — Kegel



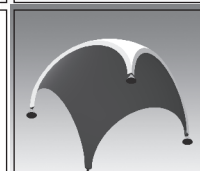
1-Fd.2 **3.2.4** — Kuppel vollwandig



2-Fd.2 **3.2.4** — Kuppel gerippt



3-Fd.2 **3.2.5** — Kuppel aus Stäben



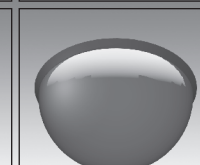
1-Bd **3.2.6** — Schale vollwandig, synklastisch gekrümmt, punktuell gelagert

3-Bd **3.2.7** — Schale aus Stäben, synklastisch gekrümmt, punktuell gelagert

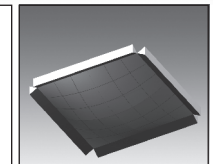
3.3 zugbeansprucht

1-Bz **3.3.1** — Membrane und Netz, mechanisch gespannt, punktuell gelagert

1-Fz **3.3.2** — Membrane und Netz, mechanisch gespannt, linear gelagert



1-Fz **3.3.3** — Netz, durch Schwerkraft gespannt, linear gelagert



1-Fz **3.3.4** — Membrane und Netz, pneumatisch gespannt, linear gelagert

2. Gerichtete Systeme

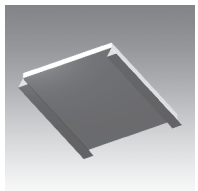
Gerichtete Tragsysteme sind durch den **einachsigen Lastabtrag** gekennzeichnet. Sie besitzen in der Baupraxis eine außerordentlich große Bedeutung. Gegenüber den ungerichteten zeichnen sie sich im Allgemeinen durch konstruktive Einfachheit, unaufwendige Herstellung und oftmals auch durch innere statische Bestimmtheit aus. Hingegen sind die Kraftpfade bereits aus den geometrischen Vorgaben des – nur – einachsig orientierten Lastabtrags länger als bei ungerichteten Systemen, was die Effizienz des Tragwerks grundsätzlich mindert. Das Zusammenwirken einzelner Tragglieder in einem statischen Gesamtsystem ist ebenfalls weniger ausgeprägt, so dass oftmals stärker dimensionierte Bauteile erforderlich sind als bei zweiachsiger Tragwirkung.

2.1 Biegebeanspruchte Systeme

☞ *Kap. VIII-1, Abschn. 1.6.2 Die Überdeckung, S. 152*

Flache, im wesentlichen auf Biegung beanspruchte Überdeckungen weisen aus den bereits angesprochenen Gründen (☞) im Hochbau eine außerordentlich große Bedeutung auf und sollen in verschiedenen Varianten deshalb im Folgenden ausführlich behandelt werden:

2.1.1 Platte einachsig gespannt



☞ *Abschn. 3.1.1 Platte zweiachsig gespannt, linear gelagert, S. 286*
☞ *Kap. IX-5, Ortbetonbau, Abschn. 6.5.1 Elementdecken, S. 592*
☞ *zum Wirkprinzip der Querbiegung siehe auch **Band 1**, Kap. V-2, insbesondere Abschn. 9.1.1 Vierseitig linear gelagerte Platte, S. 452*

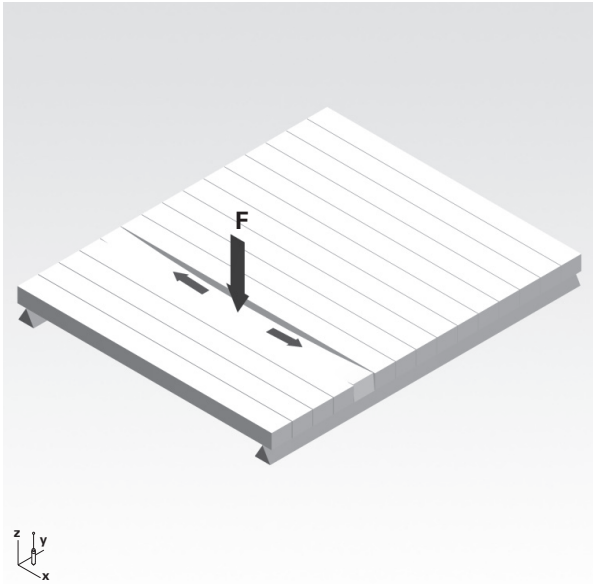
Platten, ein- oder wie weiter unten (☞) diskutiert zweiachsig gespannt, sind die im Hochbau am häufigsten eingesetzten Überdeckungen. Obgleich prinzipiell auch in anderen Materialien realisierbar – in letzten Jahren auch in Holz –, tritt die Platte allgemein am häufigsten als **Massivbauteil in Stahlbeton** auf. Heute kommt diese Art von Platte insbesondere in Form einer halb vorgefertigten **Elementdecke** zum Einsatz (☞).

Platten sind entwicklungsgeschichtlich junge Bauformen. Sie sind erst seit der Entwicklung des modernen Stahlbetons baulich realisierbar. Erst die kombinierte Fähigkeit des Stahlbetons zur kontinuierlichen fugenlosen Bauteilbildung in drei Dimensionen (*Länge, Breite, Dicke*) und zur Aufnahme von Zug- *und* Druckkräften, nicht nur in einer, sondern in *zwei Richtungen* (☞), schuf die Voraussetzung für die Herstellung eines flachen biegebeanspruchten Flächenbauteils, das sich hervorragend für flache Überdeckungen eignet. Die technische Entwicklung der Platte hatte eine tiefgreifende Revolutionierung der Konzeption und Form von Gebäuden zur Folge.

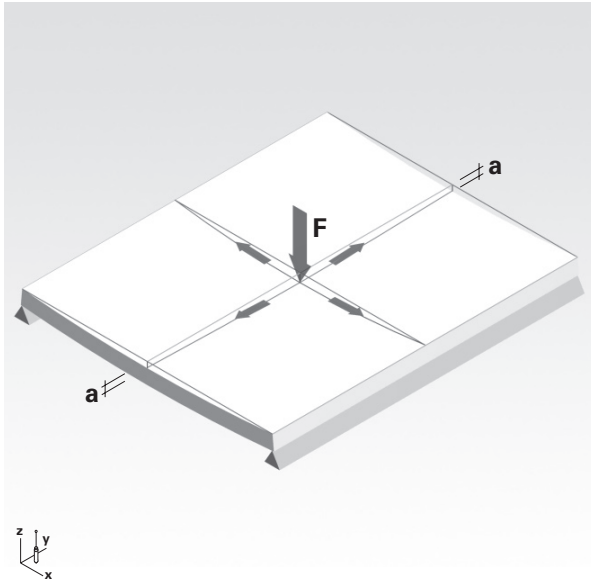
- **Tragverhalten**

☞ *Kap. VIII-1, Abschn. 2.1 Ein- und zweiachsiger Lastabtrag, S. 156*

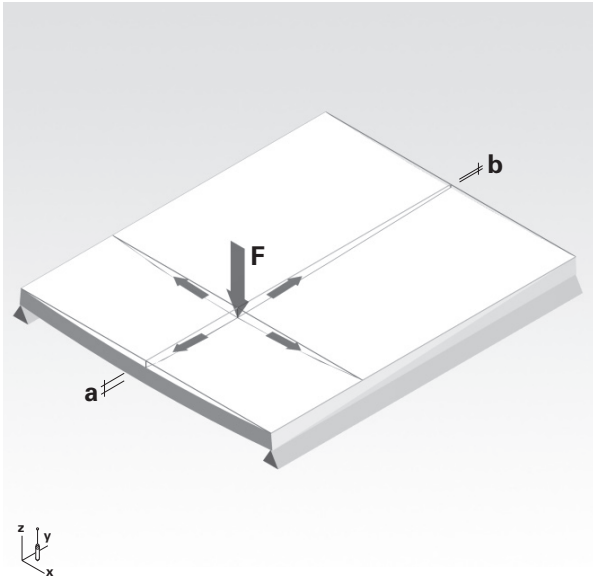
Die Tragwirkung einer zwischen zwei gegenüberliegenden linearen Auflagern – beispielsweise zwei Mauern – spannenden, d. h. also gleichzeitig an den Seitenrändern ungestützten Platte, entspricht einem **Tragelement mit Querbiegung** wie in *Kapitel VIII-1* diskutiert (🗗 **10**) (☞). Der Querverbund im Bauteil entsteht durch das **Materialkontinuum des Betons** (*Aufnahme der Biegedruckspannungen im oberen Bereich der Platte*) bzw. durch die eingelegte Querbewehrung (*R-Mattenbewehrung, Aufnahme der unteren Biegezugspannungen*). Die Querbiegung führt dazu, dass sich die Platte nicht nur in Richtung zwischen den Auflagern verformt, sondern auch in Richtung zwischen den nicht gestützten Enden. Bei **diskontinuierlicher** Last (🗗 **11**) wird diese Verformung **a** am freien Ende (**A**), das der Einzellast oder dem größeren Kraftanteil nä-



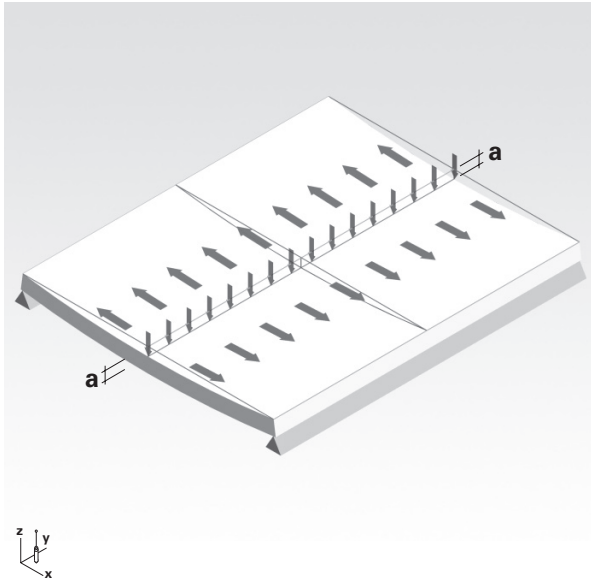
9 Theoretisches Modell einer streifenförmig aufgeschnittenen einachsig spannenden Platte gemäß *Kap. VIII-1*, ⧉ **57**. Die Plattenwirkung geht verloren, das System wirkt wie eine dicht gepackte Schar aus individuell tragenden Stäben. Reine einachsige Lastabtragung.



10 Werden die Streifen hingegen zu einer homogenen Platte verschmolzen, tritt die zweiachsige Lastabtragung ein, die typisch für die Plattenwirkung ist. An den nicht gestützten Rändern treten folglich Durchbiegungen (**a**) auf, die kleiner als die im Kraftangriffspunkt sind.



11 Asymmetrischer Kraftangriff führt verglichen mit der symmetrischen Anordnung auf ⧉ **10** zu unterschiedlichen Randdurchbiegungen **a** und **b**. Dies bedeutet, dass selbst der am weitesten entfernte Rand (*bei* **b**) noch an der Lastabtragung beteiligt ist.



12 Bezogen auf die Lagerung streng gleichmäßiger Lastangriff wie die gezeigte Streckenlast profitiert nicht von der Fähigkeit der Platte zur Querverteilung. Die Tragwirkung ist in diesem speziellen Fall identisch mit der auf ⧉ **9**, die Lastabtragung also streng einachsig.

her ist, stärker sein als die Verformung **b** am ferneren (**B**), in beiden Fällen jedoch kleiner als die Verformung **c** am Lastangriffspunkt bzw. im Bereich der größten Lastkonzentration. Setzt die Kraft hingegen mittig an (🗗 **10**), verteilt sich die Verformung gleichmäßig auf die beiden freien Enden **A** und **B**.

Es liegt zwar ein **gerichtetes Tragsystem** vor, das jedoch eine deutliche **Querverteilung** der Last sowie **Querbiegung** aufweist, die sich bei Punkt- oder diskontinuierlichen Lasten günstig auswirkt.

Die Querbiegung bietet jedoch bei einer parallel zu den Auflagern bereits gleichmäßig verteilten Last keine entscheidenden Vorteile (🗗 **12** *und Kap. VII-1,* 🗗 **62**).

- **Die bauliche Grundzelle**

Wie andere gerichtete Systeme kann die einachsig gespannte Platte in einer baulichen Grundzelle mit Umfassungen aus stützenden massiven Wänden kombiniert oder alternativ auf Skelettsystemen gestützt werden, bei denen die Platte auf dem linearen Auflager eines Unterzugs aufliegt (🗗 **30**). Unterzug und Platte lassen sich im Massivbau **monolithisch** ausführen, also gemeinsam vergießen, so daß die **wirksame statische Höhe** des Balkens um die Plattendicke erhöht wird (🗗 **35**).

- **Erweiterbarkeit**

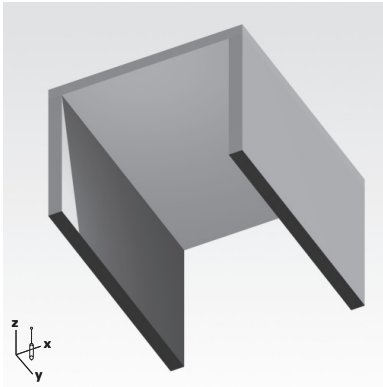
Bei vorgegebener Plattendicke, die gewisse Grenzen nicht überschreiten sollte, und somit vorgegebener Maximalspannweite, kann die Grundzelle – wie alle anderen gerichteten Systeme auch – nur durch **seitliches Addieren** einzelner *Joche* erweitert werden (🗗 **14, 15**). Quer zur Deckenspannrichtung ist sie hingegen durch einfaches **Fortsetzen der Konstruktion** theoretisch endlos erweiterbar (🗗 **16**).

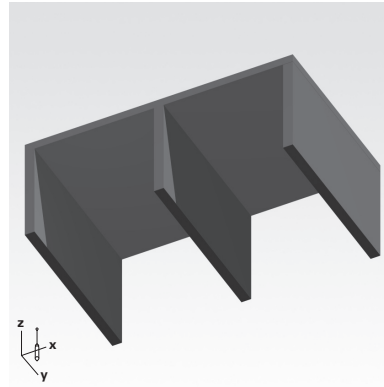
☞ *Abschn. 2.1.2 Flache Überdeckung aus Stabscharen > Erweiterbarkeit, S. 238*

Bei Erweiterungen in der Höhe herrschen ähnliche Verhältnisse wie bei Stabscharen (☞). Durch Stapelung von Zellen entstehen mehrgeschossige Bauwerke (🗗 **17, 18**). Die Abtragung der Vertikallasten über die Wände ist unter Berücksichtigung der in die Wandebene einbindenden Deckenplatten zu betrachten. Die Einbindung der Deckenkonstruktion in das senkrechte Wandbauteil ist bei Massivplatten unproblematisch, da eine Massivdecke entweder mit einer Betonwand monolithisch verbunden ausgeführt (🗗 **19**) oder als Betonstreifen in eine gemauerte Wand eingebunden werden kann (🗗 **20**). Die **Querpressung** einer durchlaufenden Massivplatte (*wie in* 🗗 **21**) im Wandauflager ist unkritisch und kann sogar vorteilhaft sein. Sie verbessert die Endverankerung der Zugbewehrung und erhöht die Querkrafttragfähigkeit der Decke. Weiterhin wird durch die Auflast der Wand eine gewisse Einspannung im Endauflager hervorgerufen und die Drillsteifigkeit der Decke aktiviert. Kritisch hingegen ist diese Art von Querpressung bei Massivplatten aus Holz, die in eine tragende Mauer einbinden.

☞ *Abschn. 2.1.2 Flache Überdeckung aus Stabscharen > Erweiterbarkeit, S. 238*

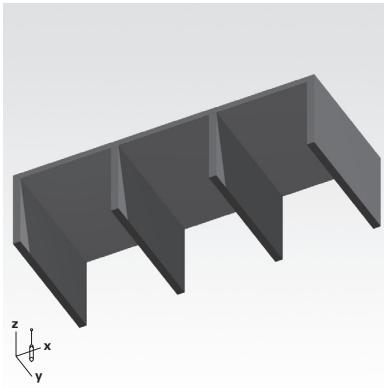
Bezüglich Wandversätzen (*in Richtung* → **x**) gilt sinngemäß das Gleiche wie für Stablagen (☞).

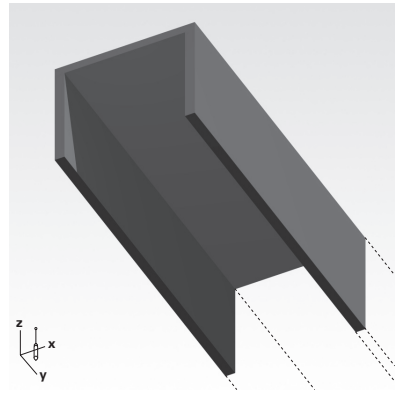




13 Eine einachsig gespannte Platte ist in der Art der Lastabtragung grundsätzlich vergleichbar mit einem gerichteten Stabsystem nach ↗ **31**. Sie weist allerdings eine deutliche Fähigkeit zur Querverteilung von ungleichmäßigen Lasten auf.

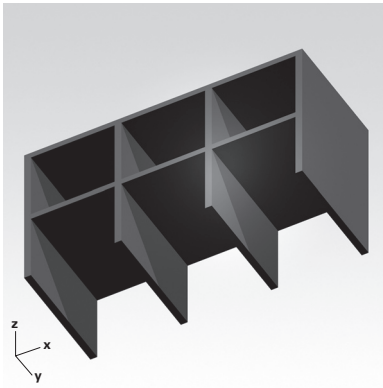
14 Auch die einachsig gespannte Platte muss in Spannrichtung durch Addition von Jochen erweitert werden.

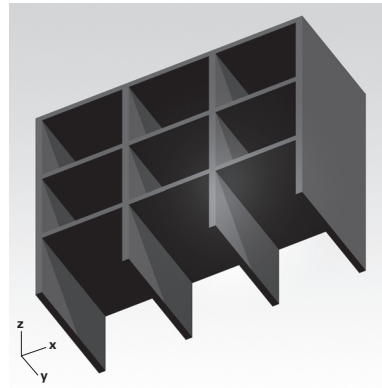




15 Beliebige Erweiterbarkeit in Spannrichtung durch sukzessive Addition von Jochen.

16 Unbegrenzte Erweiterbarkeit in Längsrichtung, also quer zur Spannrichtung, durch einfaches Verlängern des Systems.





17, 18 Erweiterung durch Stapelung von Zellen. Es entstehen mehrgeschossige Bauwerke.

- **Rippenplatte, einachsig gespannt**

Platten weisen günstige Verhältnisse zwischen Dicke und Spannweite auf (*ca. 1 : 30*). Wegen ihres verhältnismäßig **großen Flächengewichts** sind der Dicke von **Massivplatten** jedoch verhältnismäßig enge Grenzen gesetzt. Ab einer gewissen Spannweite, die bei rund 8 m erreicht ist, wird ein Gutteil der Tragfähigkeit der Massivplatte dafür aufgebraucht, die Eigenlast zu tragen, so dass sie unökonomisch wird.

Verschiedene **konstruktive Varianten** der Platte stellen Antworten auf diese Einschränkung dar. Bei diesen wird die massive Platte in ein gerippptes Element umgewandelt, das einen ersten Schritt hin zu einem echten Rippenelement darstellt. Die Rippen und die Flächen bildende Platte sind dabei monolithisch verbunden und wirken statisch zusammen, so dass ein Plattenstreifen entlang der Rippe als Druckgurt derselben wirkt, die Rippe ihrerseits als Zuggurt. Flächen bildende Platten können einseitig oberhalb der Rippen (**Plattenbalken**) oder auch beidseitig der Rippen (**Hohlplatten**) angeordnet sein.

Gerippte Platten ermöglichen eine deutliche Gewichtsreduktion und eine Vergrößerung der Spannweiten, erfordern hingegen größere Bauhöhen. Einige der üblichsten Ausführungsvarianten werden im Folgenden durchgesprochen.

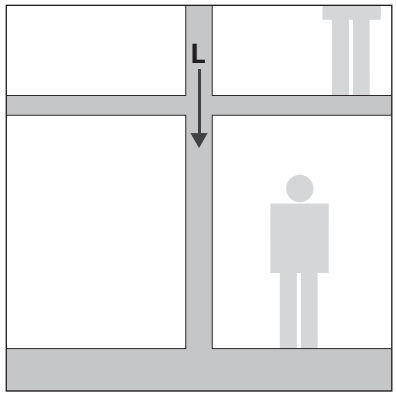
- **Ausführungsvarianten**

Vollplatten und gerippte Platten können in der Baupraxis in den folgenden **Ausführungsvarianten** auftreten:

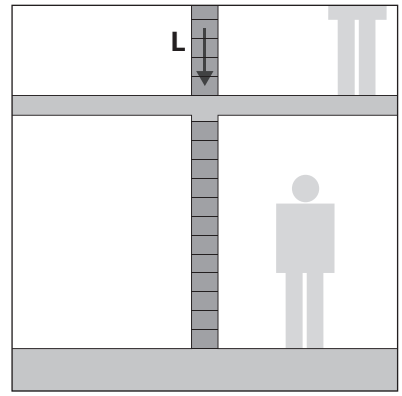
- **Massivplatten**

☞ ***Band 3***, *Kap. XIII-2, Abschn. 5.1.1 Ortbetondecke, S. 764*

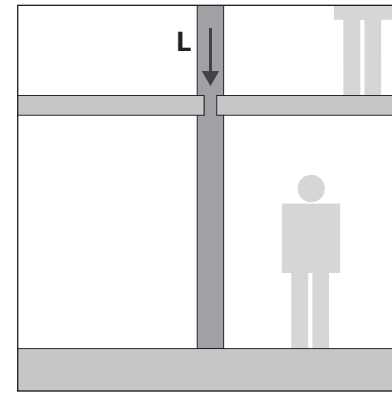
•• vor Ort gegossene **Massivplatte**. Herkömmliche Ausführungsart.



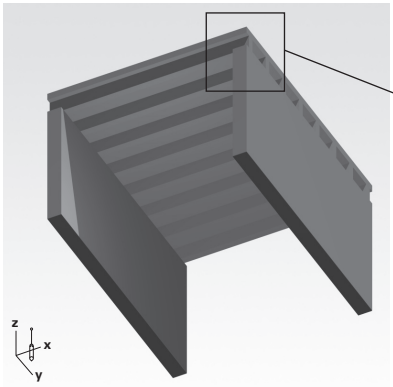
19 Monolithische Verbindung einer Massivdecke in eine Betonwand.



20 Einbindung einer Massivdecke in eine gemauerte tragende Wand in Form eines integrierten Ringankers.

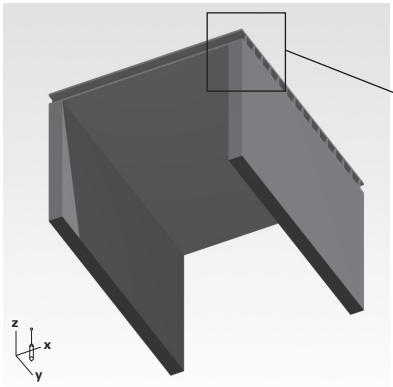


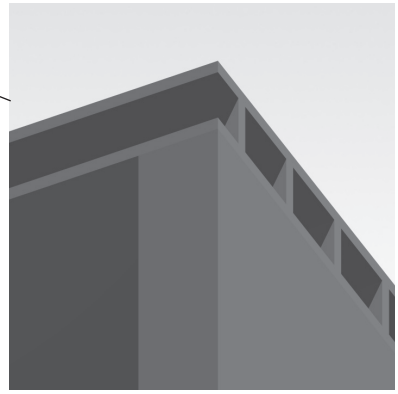
21 Einbindung einer nicht-Massivplatte, beispielsweise aus Holz, in eine tragende Wand. Querschnittsschwächung der Wand.



22 Reduktion des Eigengewichts der Platte durch Ausbildung von Rippen. Platte und Rippe sind verschmolzen und wirken gemeinsam bei der Lastabtragung (*Plattenbalken- oder Rippendecke im Stahlbetonbau*).

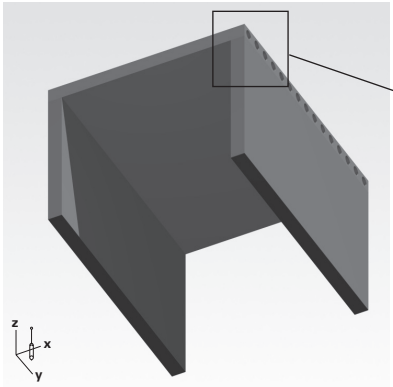
23 Detailansicht

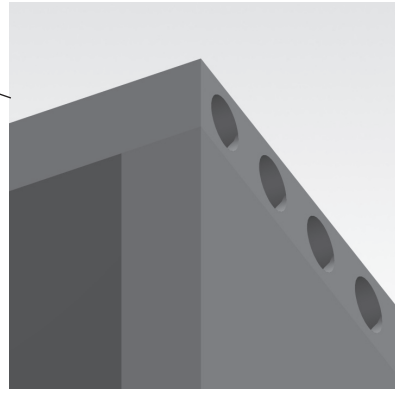




24 Ein Aushöhlen des Plattenbauteils führt zu einer ähnlichen Tragwirkung wie in ⧉ **160** mit deutlicher Gewichtsreduktion (*Hohlplattendecke im Stahlbetonbau*).

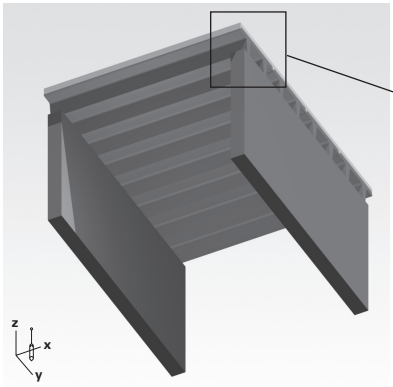
25 Detailansicht

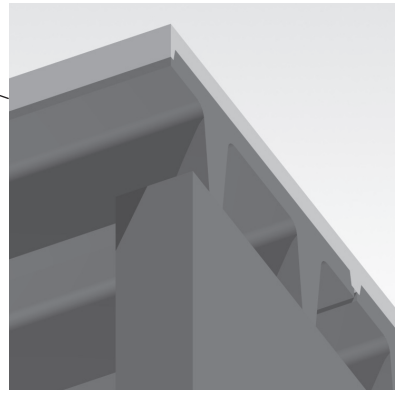




26 Hohlplattendecke analog zu ⧉ **24**, jedoch mit zylindrischen Aushöhlungen.

27 Detailansicht





28 Elementierte Plattenbalkendecke aus doppelstegigen Pi-Platten. Eine kombinierte Platten- und Scheibenwirkung wird durch Aufbringen einer Aufbetonschicht erzielt.

29 Detailansicht

- •• halb vorgefertigte **Elementdecke**: heute am weitesten verbreitete Ausführungsart. Aus konstruktiven und herstellungstechnischen Gründen erfordert diese Ausführung etwas größere Plattendicken und mehr Bewehrungsstahl als die Ortbetonplatte. Sie ist hingegen wegen der **raschen** und **einfachen Herstellung** (*keine Schalung*) sehr ökonomisch.

- •• **Hohlplattendecke** (🗗 **24-27**): Sie werden als Fertigteile hergestellt und weisen Hohlräume im mittlerer Höhe der Platte auf, wo Biegedruck- und Biegezugspannungen gering sind.

☞ *Kap. IX-4,* 🗗 **52-54** *auf S. 546 sowie* ***Band 3****, Kap. XIII-2, Abschn. 6. Decken in Rippenbauweise > 6.3 aus Stahlbeton, S. 836*

- •• **Plattenbalken/Pi-Platten/Rippenplatten** (🗗 **22, 23** *sowie* **28, 29**): Einzelrippen verleihen der Platte die erforderliche Steifigkeit, um größere Spannweiten zu überbrücken. Die Platte selbst spannt nur noch zwischen den Rippen, so dass ihre Dicke – und damit das Eigengewicht der Gesamtdecke – stark reduziert werden kann. Ein mitwirkender Plattenstreifen wirkt ebenfalls als Druckgurt der Rippe.
  Pi-Platten eignen sich gut für die **Vorfertigung**, wo sie insbesondere im **Spannbettverfahren** hergestellt werden.

Hohlplattendecken stellen bereits eine Übergangsform zum **Rippenelement** (*Strukturvariante* **2**) dar. Plattenbalkendecken lassen sich zwar morphologisch bereits als Rippenelemente auffassen, kennzeichnen sich jedoch durch einen monolithischen Verbund zwischen Rippe und abdeckender Platte und bewahren somit gewisse typische Merkmale der vollwandigen Schale (*Strukturvariante* **1**).

☞ ***Band 3****, Kap. XIII-2, Abschn. 6.2.2 Stahl-Beton-Verbunddecke, S. 830*

- **Stahl-Beton-Verbunddecken**: Es wird eine Mitwirkung zwischen einem Stahlprofil und der Flächen bildenden Betonplatte aktiviert. Das Stahlprofil übernimmt im Wesentlichen die Zugkräfte, die Betonplatte die Druckkräfte.

☞ ***Band 3****, Kap. XIII-2, Abschn. 6.1.6 Holz-Beton-Verbunddecke, S. 822*

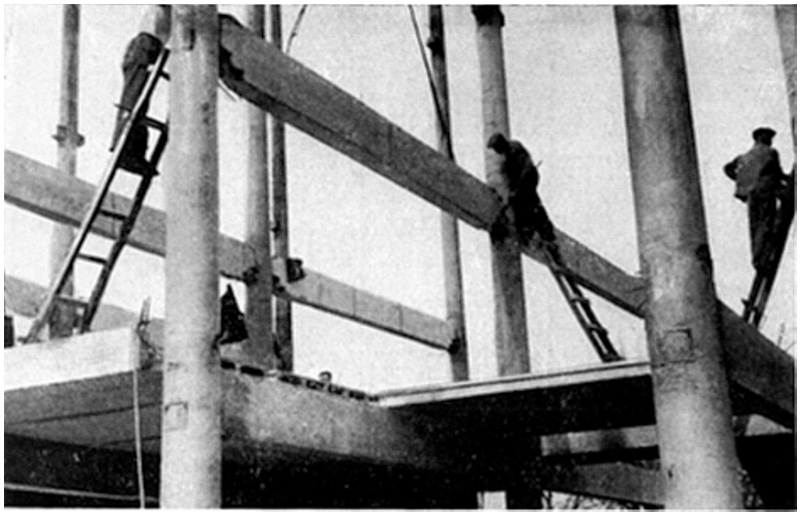
- **Holz-Beton-Verbunddecken**: die Verbundwirkung zwischen Holz und Beton ist analog zu der zwischen Stahl und Beton, wobei Holz – wie Stahl – im Wesentlichen die Zugkräfte aufnimmt.

☞ ***Band 3****, Kap. XIII-2, Abschn. 6.1.4 Holztafeldecke, S. 812 und Abschn. 6.1.5 Decke aus Holzbauelementen, S. 813*

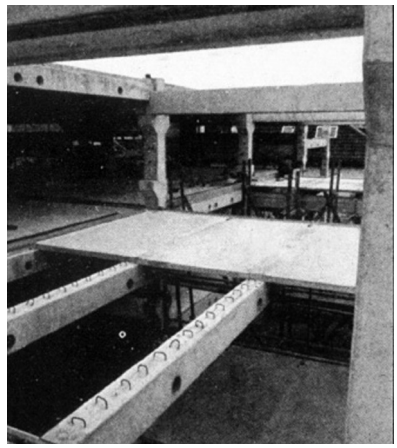
- **Holztafeldecken** und **Decken aus Holzbauelementen**: es handelt sich hierbei um den vergleichsweise seltenen Fall einer Platte, die *nicht* aus Beton besteht. Es sind sowohl Vollplatten aus Massivholz im Einsatz wie auch gerippte Elemente. Auch für letztere gilt, dass sie je nach Ausführung auch einen Übergangsform zu einem Rippenelement.

- **Aussteifung**

■ Massivplatten sind dank ihrer Isotropie – anders als Stabsysteme wie im folgenden Abschnitt diskutiert – in ihrer Ebene (**xy**) in sich schubsteif und können ohne Zusatzmaßnahmen als **Scheiben** zur Gebäudeaussteifung eingesetzt werden. Im Kontext einer baulichen Grundzelle sind Massivplatten deshalb gut geeignet zur Kraft leiten-



30 Einachsig gespanntes Plattenelement.



31 Hohlplattenelement.

32 Einachsig spannendes Deckenelement.

33 Einachsig spannendes Deckenelement.

34 Unterzüge (*quer im Bild*) und auf sie lagernde einachsig spannende Deckenelemente (*längs*) in **höhengleicher Ausführung**. Trotz fehlender Stapelung ist die Lastabtragung *hierarchisch. Die im Spannbett vorgespannten Deckenelemente wären auch bei Stapelung nicht durchlaufend auszuführen gewesen* (*Fabrikhalle in Como, Italien, Arch.: A. Mangiarotti).*

den Anbindung der Zelle an externe Fixpunkte wie beispielsweise Kerne.

Stockwerksrahmen benötigen in Rahmenebene (**xz**) eine Aussteifung. Dies kann durch die Anbindung an aussteifende Kerne erfolgen, wozu die ohnehin als Scheiben wirkenden Massivdecken gut geeignet sind. Eine Aussteifung durch Rahmenwirkung über die Biegesteifigkeit der Wände/Decken und über die biegesteife Ausbildung des Wand-Decken-Anschlusses ist grundsätzlich nicht möglich. Hierzu sind steifere Bauteile wie Stützen und Unterzüge erforderlich, die zu tragfähigen Rahmen zusammengeschlossen werden können. Hier werden häufig Stahlbeton- oder Fertigteilverbundrahmen eingesetzt.

☞ *Kap. VIII-1, Abschn. 1.6.1 das vertikale ebene Umfassungselement, insbesondere* 🗗 **27** *bis* **32**, *S. 147*

Wie bereits in *Kapitel VIII-1* angesprochen (☞) ist auch der Fall zu berücksichtigen, dass die Platte nicht auf Wandscheiben aufliegt, sondern auf stabförmigen Unterzügen. Die ist bei Skeletttragwerken der Fall. Es liegt dann ein **indirekter Lastabtrag** vor.

☞ *Abschn. 2.1.2 Flache Überdeckung aus Stabscharen >Aussteifung, S. 244 sowie 2.1.3 Aussteifung von Skeletttragwerken, S. 253*

Die Verhältnisse bei der Aussteifung von baulichen Grundzellen mit einachsig spannenden Platten sind analog zu denen mit Stablagen auf Scheiben- und Skelettsystemen und werden weiter unten näher diskutiert (☞).

- **Einsatz im Hochbau - planerische Aspekte**

☞ *Abschn. 3.1.1 Platte zweiachsig gespannt, linear gelagert, S. 286*

Die **Massivplatte** hat im modernen Hochbau eine sehr große Bedeutung, weil sie Vorteile in sich vereinigt, die andere Deckenkonstruktionen nur zum Teil aufweisen. Sie sollen aus diesem Grunde im Folgenden ausführlicher diskutiert werden. Sie gelten in gleicher Weise – in Einzelfällen sogar verstärkt – auch für **zweiachsig spannende Massivplatten** wie weiter unten besprochen (☞).

Massivplatten weisen Vorteile beispielsweise in Bezug auf die **Lastabtragung** auf:

- **horizontale Scheibenwirkung**. Diese wird in der Regel für die Aussteifung des Gebäudes genutzt. Sie ergibt sich ohne Zusatzmaßnahmen durch das in Gussbauweise gefertigte monolithische, isotrope Bauteil und eine zweiachsig orientierte Bewehrung von selbst.

- sehr günstiges Verhältnis von **Bauteildicke** zu **Spannweite** im üblichen Spannweitenbereich etwa unter 8 m. Insbesondere wo Bauhöhe und umbauter Raum knapp zu halten sind – wie beim Wohnungsbau – ist dieser Aspekt von außerordentlich großer Bedeutung. Zweiachsig gespannte Platten (☞) können sogar schlanker ausgeführt werden als einachsige.

☞ *Abschn. 3.1.1 Platte zweiachsig gespannt, linear gelagert, S. 286*

- die **gute Querverteilung** der Last erlaubt eine große Planungsfreiheit bei der Lagerung der Platte und bei der Anordnung von Deckendurchbrüchen. Es sind beispielsweise nicht regelmäßige Anordnungen von Lagern ausführbar. Auch in dieser Hinsicht zeigen zweiachsig gespannte Platten (☞) zusätzliche Vorteile gegenüber einachsigen.

☞ *Abschn. 3.1.1 Platte zweiachsig gespannt, linear gelagert, S. 286*

oder in Bezug auf die **Fertigung**:

- verhältnismäßig **einfache geometrische Voraussetzungen** für das Schalen und Vergießen, da es sich um ein ebenes, unprofiliertes Bauteil handelt. Insbesondere das *liegende* Vergießen– im Vergleich zum *stehenden* bei Wandbauteilen – ist ein bedeutender Vorzug der Massivplatte, da sich eine komplette Schalfläche erübrigt, nämlich die oberseitige. Auch die bei stehenden Schalungen manchmal nicht unkritische Verdichtung des Frischbetons im unteren Schalungsraum ist bei der liegend gegossenen Platte unproblematisch.

- Dank des Einsatzes von **Systemschalungen** (☞) und Halbfertigteilen (☞) haben sich die – stets kostenintensiven – Schalungsarbeiten deutlich vereinfacht. Massivplatten sind auch im Hinblick auf die Kosten konkurrenzfähig.

☞ *Kap. IX-5, Abschn. 6. Schalungstechnik, S. 584*
sowie ebd. Abschn. 6.5 Halbfertigteile, S. 588

- Singuläre Elemente wie Durchbrüche, Aussparungen für den Ausbau (*z. B. für Leuchten*) oder Leitungen (*Leerrohre für Elektroinstallation, Rohrabschnitte*) lassen sich flexibel integrieren und verhältnismäßig einfach in der Fertigung umsetzen.

Nicht zuletzt sind bedeutende **nutzungsbezogene Vorteile** zu erwähnen:

- guter **Luftschallschutz** dank großem Flächengewicht der Massivplatte (☞).

☞ ***Band 1**, Kap V-4, Abschn. 3.3.2 Luftschalltechnisches Verhalten von Bauteilen > einschalige Bauteile, S. 555*

- ausreichender **Trittschallschutz** wenn mit Verbundestrich und weich federndem Bodenbelag kombiniert. Dies ist deshalb ein bedeutsamer Gesichtspunkt, da im Verwaltungsbau nur dieser Deckenaufbau die nötige freie **Versetzbarkeit** der Trennwände bei ausreichendem Trittschallschutz gewährleistet (☞). Deckenaufbauten mit schwimmenden Estrichen sind dafür nicht geeignet. Unter diesen Voraussetzungen spielt die **Masse** der Decke eine entscheidende Rolle.

☞ ***Band 1**, Kap V-4, Abschn. 3.4.2 Trittschalltechnisches Verhalten von Decken, S. 569, und Abschn. 3.4.3 Verbesserung des Trittschallschutzes durch Bodenbeläge, S. 570*

- guter **Brandschutz**. Bereits die statisch erforderliche Plattendicke ergibt ein **feuerbeständiges** Bauteil.

- große **thermische Speichermasse**. Insbesondere im Sommer erweist sich diese Eigenschaft als sehr wichtig, um überschüssige Wärme temporär zu speichern und das Bauwerk zu kühlen. Aber auch während der Übergangszeiten kann – vor allem bei großflächigen Verglasungen und beim heute üblichen hohen Dämmstandard – die thermische Trägheit einer Massivdecke erforderlich sein, um zeitweise Überhitzung im Rauminnern zu verhindern.

In ihrer Variante als einachsig gespannte, linear gelagerte Platte ist die Massivdecke vor allem für diejenigen Fälle prädestiniert, wo nutzungsbedingt **Mauerscheiben** als Umfassung zum Einsatz kommen, also insbesondere bei **Zellenbauweisen** wie sie im Wohnungsbau üblich sind. Die bei dieser Art von Decke sinnvollen Spannweiten im Bereich zwischen **5** und **8 m** lassen sich planerisch gut vereinbaren mit folgenden beispielhaften Nutzungsvarianten:

- der Raumbreite **zweier Einzelzimmer**
- der Raumbreite **dreier kleiner Einzelzellen** wie sie beispielsweise bei Kombibürokonzepten realisiert werden.
- Der Breite von **drei Garagenstellplätzen** (*3 x 2,5 m = 7,5 m*). Diese müssen bei Tiefgaragen im Regelfall im gleichen Tragwerksraster integriert werden wie die Nutzungen in den Geschossen darüber.

☞ *Kap. VIII-1, Abschn. 2.2 Einflüsse des Lastabtrags auf die Geometrie der Grundzelle, S. 160*

Einige fundamentale Überlegungen zur **planerischen Festlegung von Spannweiten** bei gerichteten Überdeckungen werden in *Kapitel VIII-1* angestellt (☞).

35 Tragwerk eines Fertigteilbaus im Bauzustand: einachsig spannende vorgefertigte Deckenplatten auf Unterzügen, über drei Geschosse durchgehende Fertigteilstützen mit Konsolenauflagern.

36 Seitenansicht des oben gezeigten Tragwerks. Die Rippen der Deckenelemente sind zur Durchleitung von Installationen perforiert.

http://www.springer.com/978-3-540-27790-3

Baukonstruktion – vom Prinzip zum Detail
Band 2 Konzeption
Moro, J.L.
2009, XXII, 664 S. 1332 Abb., Softcover
ISBN: 978-3-540-27790-3