

Wolfgang Malpricht
Carsten Rupp



Schalungsplanung im Baubetrieb

Ein Lehr- und Übungsbuch



2., aktualisierte und erweiterte Auflage

HANSER



Wir denken Schalung weiter

Vieles, was in der Schalungsbranche heute weltweit Standard ist, wurde bei MEVA in Haiterbach entwickelt. Als Impulsgeber für die Baubranche arbeiten wir tagtäglich daran, Schalung noch sicherer und effizienter zu machen und unseren Kunden den Alltag auf der Baustelle zu erleichtern.

Mit unseren Lösungen, Ideen und Dienstleistungen machen wir Schalung einfach clever.



MEVA Schalungs-Systeme GmbH
Industriestraße 5, 72221 Haiterbach
www.meva.net



Ihr Plus – digitale Zusatzinhalte!

Auf unserem Download-Portal finden Sie zu diesem Titel kostenloses Zusatzmaterial. Geben Sie dazu einfach diesen Code ein:

plus-qgist-ukhl6

plus.hanser-fachbuch.de



Bleiben Sie auf dem Laufenden!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Lehrbücher des Bauingenieurwesens

Bletzinger/Dieringer/Fisch/Philipp • *Aufgabensammlung zur Baustatik*

Dallmann • *Baustatik*

Band 1: Berechnung statisch bestimmter Tragwerke

Band 2: Berechnung statisch unbestimmter Tragwerke

Band 3: Theorie II. Ordnung und computerorientierte Methoden der Stabtragwerke

Engel/Al-Akel • *Einführung in den Erd-, Grund- und Dammbau*

Engel/Lauer • *Einführung in die Boden- und Felsmechanik*

Fouad/Zapke • *Bauwesen Taschenbuch*

Freimann • *Hydraulik in der Wasserwirtschaft*

Göttsche/Petersen • *Festigkeitslehre – klipp und klar*

Jochim/Lademann • *Planung von Bahnanlagen*

Krawietz/Heimke • *Physik im Bauwesen*

Malpricht • *Schalungsplanung im Baubetrieb*

Prüser • *Konstruieren im Stahlbetonbau*

Rjasanowa • *Mathematik für Bauingenieure*

Wolfgang Malpricht/Carsten Rupp

Schalungsplanung im Baubetrieb

Ein Lehr- und Übungsbuch

2., aktualisierte und erweiterte Auflage

HANSER

Die Autoren:

Prof. Dipl.-Ing. Wolfgang Malpricht, Jade Hochschule Oldenburg

Dipl.-Ing. (FH) Carsten Rupp, Lehrbeauftragter an der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes in Saarbrücken



Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt geprüft und getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Buch enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor(en, Herausgeber) und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht.

Ebenso wenig übernehmen Autor(en, Herausgeber) und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, sind vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) – auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2022 Carl Hanser Verlag München

Internet: www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Frank Katzenmayer

Herstellung: Frauke Schafft

Covergestaltung: Max Kostopoulos

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Titelbild: Wolfgang Malpricht

Satz: Eberl & Koesel Studio, Altusried-Krugzell

Druck und Bindung: Hubert & Co. GmbH & Co. KG BuchPartner, Göttingen

Printed in Germany

Print-ISBN 978-3-446-46750-7

E-Book-ISBN 978-3-446-47040-8

Vorwort

Stahlbeton ist und bleibt der weltweit bedeutendste Baustoff. Für die Herstellung von Betonbauteilen werden Schalungen benötigt. Dabei dienen Schalungen nicht nur der Formgebung des Bauteils, sondern sie haben auch eine tragende Funktion und beeinflussen die Qualität des Betons, insbesondere die Betonoberfläche von Sichtbeton.

Das vorliegende Lehr- und Übungsbuch behandelt die Konstruktion, Bemessung und Einsatzplanung von Schalungen und Gerüsten. Ebenso werden die Aufgaben der Arbeitsvorbereitung dargestellt, die bei der Herstellung von Stahlbetonbauwerken erforderlich sind. Hierzu gehören die Technologie des Sichtbetons und die Verfahrenstechnik beim Einsatz von Fertigteilen und der Ausführung von Fugen.

Das Buch ist für das Grundlagen- und Fachstudium der baukonstruktiven und baubetrieblichen Disziplinen ausgerichtet. Es empfiehlt sich Studierenden der Bauverfahrenstechnik im Bauwesen und ist für das Vertiefungsstudium in Bachelorstudiengängen sowie weiterführenden Masterstudiengängen ausgelegt. Als Lehrbuch soll es die Lehrveranstaltungen ergänzen und das Selbststudium unterstützen. Mit umfassenden Übungsbeispielen und Aufgaben fördert es als Übungsbuch die Prüfungsvorbereitung.

Als Kompendium stellt das Buch die konstruktiven Grundlagen für die Bemessung von Schalungen zur Verfügung, die sich durch die aktuell gültigen und weitgehend neuen europäischen Normen nach dem Sicherheitskonzept des Eurocodes ergeben. Insoweit eignet sich dieses Buch genauso für erfahrene Praktiker in der Arbeitsvorbereitung, die sich mit der Bemessung von Schalungen nach den aktuellen Normen befassen möchten. Für Studierende stellt das Buch einen Bezug her zwischen neuem Sicherheitskonzept und der Bemessung herkömmlicher Art.

Den Schwerpunkt des Buches bilden zahlreiche Übungsbeispiele, in denen die Bemessung von konventionellen Schalungen umfassend und ganzheitlich behandelt wird. Ergänzend sind kapitelweise Übungsaufgaben gestellt, deren Musterlösungen im Internet unter <https://plus.hanser-fachbuch.de> zu finden sind. Den Zugangscode finden Sie auf der ersten Seite des Buches.

Das Buch kann die vielfältigen Schalungssysteme der verschiedenen Hersteller nicht umfassend und im Detail darstellen. Der Anspruch des Lehr- und Übungsbuches liegt hingegen darin, den Studierenden Kenntnisse der Bauverfahrenstechnik zur Verfügung zu stellen, um die grundlegenden Aufgaben in der Arbeitsvorbereitung von Schalungen und Gerüsten erledigen zu können. Nach diesen Studien sollen die Studierenden in der Lage sein, die vielfältigen Angebote der Schalungshersteller an Zahlenwerken, Tabellen und Bemessungsdiagrammen zu bewerten und professionell anzuwenden. Ebenso werden die Studierenden befähigt, konventionelle Schalungen systemunabhängig zu bemessen und zu konstruieren. Gleichwohl wird in die grundlegende Anwendungstechnik der wichtigsten Schalungssysteme eingeführt.

Die baukonstruktive Ausrichtung dieses Lehr- und Übungsbuches macht dabei deutlich, dass die Aufgaben der Bauverfahrenstechnik und Arbeitsvorbereitung neben den baubetrieblich wichtigen Grundlagen gleichermaßen gute Fähigkeiten in der Anwendung konstruktiver Kenntnisse erfordern. Insofern bietet die Schalungsplanung ein gelungenes Übungsfeld, die in den Bemessungsfächern Holzbau, Stahlbau und Stahlbetonbau erworbenen Kenntnisse interdisziplinär und ganzheitlich anzuwenden. Dabei dürfen die konstruktiven Anforderungen durchaus auch eine Herausforderung darstellen für baubetrieblich ausgerichtete Studierende mit Studienschwerpunkten in Baumanagement und Baubetriebswirtschaft.

Das Lehr- und Übungsbuch „Schalungsplanung“ findet seinen besonderen Platz in dieser Zeit der Veränderungen im Bereich der europäischen Normen. Bei der Ausarbeitung des Buches stellte sich allein schon die Zusammenstellung gültiger Bemessungswerte als anspruchsvoll heraus. Die Bemessung spezieller Schalungs- und Gerüstsysteme erfolgt aufgrund vorliegender bauaufsichtlicher Zulassungen durch Tabellen und Diagramme der Hersteller. Die Konstruktion und Bemessung konventioneller Schalungen und Gerüste muss vor allem auf der Grundlage gültiger Normen und Richtlinien erfolgen.

Die Anwendung und Bemessung von Baustützen und Holzschalungsträgern ist aufgrund der eingeführten neuen europäischen Normen eindeutig geklärt und zahlenmäßig festgelegt, wenngleich die Tabellenwerke der Hersteller in der Regel noch zulässige Lasten oder zulässige Schnittgrößen angeben. Auch die Bemessung von gewöhnlichem Bauholz ist durch die neue Holzbaunorm klar geregelt. Im Bereich der Schalhautplatten ist die Situation jedoch sehr unübersichtlich. Einerseits nimmt die Holzbaunorm ihre Zuständigkeit für Schalungen und Gerüste in Anspruch, andererseits unterliegen die verschiedenen Schalhautarten mehreren, teilweise noch sehr alten Normen. Die Schalhautplatten lassen sich im Einzelnen nur schwer der Holzbaunorm zuordnen. Von den Herstellern werden unterschiedliche Bemessungswerte zur Verfügung gestellt. Obwohl der Schubnachweis bei Schalungen häufig maßgebend ist, liegen Bemessungswerte für den Schubnachweis von Schalhautplatten nur teilweise vor.

Besonders schwierig ist die Tatsache zu handhaben, dass es zwar schon seit längerem eine neue Traggerüstnorm gibt, diese jedoch noch nicht bauaufsichtlich eingeführt ist. Auch hier stoßen altes und neues Sicherheitskonzept aufeinander. Bei der Festlegung von Bemessungswerten nach der neuen Holzbaunorm spielt der Modifikationsbeiwert eine bedeutende Rolle. Für die Festlegung des Modifikationsbeiwerts, insbesondere bei Schalhaut, bedarf es einer Beurteilung hinsichtlich Lasteinwirkungsdauer und Feuchtigkeitsgehalt. Hier sind die Interpretationen der Norm nicht eindeutig.

Der Anspruch dieses Lehr- und Übungsbuches liegt insofern darin, die Grundlagen der Bemessung nach dem Sicherheitskonzept der aktuellen neuen europäischen Normen auf der Grundlage des Eurocodes der herkömmlichen Bemessung gegenüberzustellen und mit ihr zu verknüpfen. Studierende lernen das Bemessen heute nur noch nach dem neuen Sicherheitskonzept und können daher allein schon mit dem Begriff „zulässige“ Lasten nichts mehr anfangen. Gleichmaßen mag mancher erfahrene Praktiker in der Arbeitsvorbereitung die Notwendigkeit sehen, sich mit der Bemessung nach neuem Sicherheitskonzept auseinanderzusetzen. Denjenigen sei dieses Lehr- und Übungsbuch ebenso empfohlen.

Mein besonderer Dank gilt allen Firmen, die mir freundlicherweise zahlreiche Bilder zur Verfügung gestellt haben. Dank sei auch allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Firmen und des Verlags, die mir beratend zur Seite standen und mich tatkräftig unterstützt haben. Auch meiner Familie möchte ich herzlichen Dank aussprechen, die mir während der Ausarbeitung des Buches mit viel Geduld den Rücken freigehalten hat.

Hinweise und Anregungen nehme ich gerne entgegen.

Oldenburg, April 2010

Wolfgang Malpricht

■ Vorwort zur zweiten Auflage

Wir freuen uns sehr, dass es uns gelungen ist, in guter Partnerschaft als Koautoren dem Wunsch des Hanser-Verlags nachzukommen und die erweiterte zweite Auflage zu erarbeiten. Besonders freuen wir uns über das neue Layout im Vierfarbdruck.

Die Kapitel der ersten Auflage geben schon einen Überblick über die große Vielfalt der Betonschalungen. Die Inhalte dieser Kapitel wurden grundlegend überarbeitet und aktualisiert. Dabei konnten alle zwischenzeitlichen Änderungen im Bereich der Normen, Richtlinien und Merkblätter eingearbeitet werden. Insbesondere im Bereich der Eurocode-Normen gab es einige Veränderungen. Die Beispiele über die

Bemessung konventioneller Schalungen wurden dementsprechend überarbeitet. Die Darstellung der gängigen Schalungssysteme wurde ebenfalls grundlegend überarbeitet und auf den aktuellen Stand gebracht. Neu hinzu kamen die Kapitel über Fundamentalschalungen und Traggerüsttürme sowie über die Schalverfahren bei Brücken und Tunneln.

Die Inhalte der ersten Auflage wurden im neuen Teil der zweiten Auflage durch wesentliche baubetriebliche Aspekte ergänzt, die im Kontext der Schalungsplanung von Bedeutung sind. Hierzu gehört insbesondere die Bauablaufplanung, die immer Grundlage aller Schalungsplanung sein sollte. Auf die Zusammenhänge von Taktplanung und Schalungs-Einsatzplanung wurde besonderer Wert gelegt. Und auch die speziellen Vorgehensweisen bei Angebotskalkulation und Miete von Schalungen sind in neuen Kapiteln ergänzt worden. Nicht zuletzt wird der aktuelle Stand der digitalen Schalungsplanung dargestellt.

In einem Ausblick geben wir einen Überblick über zukünftige Entwicklungen in der Schalungstechnik, die vor allem durch die Digitalisierung vorangetrieben werden.

Wir bedanken uns bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Schalungsfirmen und Lieferanten, die uns mit Bildern und fachlichem Rat unterstützt haben. Besonderer Dank gilt Herrn Dipl.-Ing. Jörg Messing, PERI SE, für seine unermüdliche Beratung und das Korrekturlesen. Ebenso danken wir Herrn Dipl.-Ing. (FH) Thomas Walliser, MEVA Schalungs-Systeme GmbH, für die kompetente fachliche Unterstützung.

Musterlösungen der Übungsaufgaben und ergänzende Unterlagen zum Beispielprojekt des Bürogebäudes sind im Internet unter <https://plus.hanser-fachbuch.de> zu finden. Den Zugangscodes dafür finden Sie auf der ersten Seite des Buches.

Hinweise und Anregungen nehmen wir gerne entgegen.

Oldenburg und Saarlouis, April 2022

Wolfgang Malpricht und Carsten Rupp

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Einführung	1
1.1 Europäische Normen	3
1.2 Schalungen und Traggerüste	4
1.3 Schalungshaut	6
1.3.1 Schalungshautarten	6
1.3.2 Brettprofile aus Massivholz	8
1.3.3 Sperrholzplatten	11
1.3.4 Kunststoff-Schalungshaut	11
1.3.5 Trennmittel	12
1.4 Unterkonstruktion	13
1.4.1 Unterkonstruktion von Trägerschalungen	13
1.4.2 Unterkonstruktion von Rahmen- und Modulschalungen	15
1.5 Schalungsanker	16
1.6 Unterrüstungen	18
1.6.1 Unterrüstung waagerechter Schalungen	18
1.6.2 Unterrüstung geneigter Schalungen	19
1.7 Elemente zur Lagesicherung	21
1.7.1 Lagesicherung lotrechter Schalungen	21
1.7.2 Lagesicherung waagerechter und geneigter Schalungen	22
1.8 Sicherheitseinrichtungen	23
1.8.1 Sicherheitseinrichtungen an lotrechten Schalungen	24
1.8.2 Sicherheitseinrichtungen an waagerechten Schalungen	24

2	Grundlagen der Bemessung	27
2.1	Bemessung nach DIN EN 12812	28
2.1.1	Tragfähigkeitsnachweis	29
2.1.2	Bemessungsklassen nach DIN EN 12812 „Traggerüste“	31
2.1.3	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	34
2.2	Bemessung nach DIN EN 1995-1-1 „Holzbauten“	35
2.2.1	Einwirkungen und Schnittgrößen	35
2.2.2	Tragfähigkeitsnachweis	36
2.2.3	Biegespannungsnachweis	36
2.2.4	Schubspannungsnachweis	36
2.2.5	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	38
2.3	Statische Systeme und Lastannahmen	38
2.4	Frischbetondruck	39
2.4.1	Bemessungswert des Frischbetondrucks	40
2.4.2	Charakteristischer Wert des Frischbetondrucks	41
2.5	Nachweis der Ebenheitstoleranzen	47
2.6	Bemessung von Schalungshaut	49
2.6.1	Sperrholz-Schalungsplatten (PERI u. a.)	51
2.6.2	Spezielle Schalungsplatten (Westag AG)	53
2.6.3	Finnische Standard-Sperrholzplatten	54
2.6.4	Kunststoff-Schalungshaut (alkus)	57
2.7	Bemessung von Holzschalungsträgern	57
2.8	Bemessung von Baustützen	61
2.8.1	Bemessung der Baustützen mit dem nutzbaren Widerstand als Bemessungswert	63
2.8.2	Bemessung der Baustützen mit zulässigen Traglasten	64
2.9	Bemessung von Schalungsankern	67
3	Sichtbeton	71
3.1	Ausprägungen von Sichtbeton	72
3.1.1	Textur	73
3.1.2	Porigkeit	75
3.1.3	Farbtongleichheit	75
3.1.4	Ebenheit	76

3.1.5	Arbeitsfugen und Schalungsstöße	76
3.2	Planung des Sichtbetons	78
3.2.1	Entwurfplanung und Ausschreibung	78
3.2.2	Tragwerks- und Ausführungsplanung	81
3.2.3	Planung der Bauausführung	82
3.3	Sichtbetonklassen	86
3.3.1	Sichtbetonklasse SB1	87
3.3.2	Sichtbetonklasse SB2	89
3.3.3	Sichtbetonklasse SB3	93
3.3.4	Sichtbetonklasse SB4	96
4	Fundamentalschalungen	103
4.1	Konventionelle Fundamentalschalungen	103
4.2	Schalungssysteme für Fundamente	104
4.2.1	Kleinflächenschalungen	104
4.2.2	Verlorene Fundamentalschalungen	107
5	Wandschalungen	109
5.1	Konventionelle Wandschalungen	109
5.2	Wandschalungssysteme	110
5.2.1	Trägerschalungen	110
5.2.2	Rahmenschalungen	111
5.3	Rundschalungen	115
5.3.1	Konventionelle Rundschalungen	115
5.3.2	Rundschalungssysteme	117
5.4	Kletterschalungen	118
5.5	Sperrenschalungen	120
5.6	Gleitschalungen	121
5.7	Schachtbühnen	123
5.8	Einhäuptig zu schalende Wände	126
5.8.1	Doppelhäuptige Schalung	126
5.8.2	Einhäuptige Schalung	127
5.8.3	Einhäuptige und ankerlose Wandschalung	132
5.8.4	Verankerung der Abstützböcke	133

5.9	Statischer Exkurs	135
5.10	Mögliche Fehler und Schadensursachen	146
5.11	Bemessung der Wandschalung	150
5.12	Aufgaben	162
6	Stützenschalungen	169
6.1	Konventionelle Stützenschalungen	169
6.2	Schalungssysteme für Stützen	170
6.2.1	Trägerschalungen	170
6.2.2	Rahmenschalungen	171
6.2.3	Rundstützenschalungen aus Stahl	175
6.2.4	Schalrohre	176
6.3	Bemessung einer konventionellen Stützenschalung	178
6.4	Ankerung durch die Sparschalung	199
6.5	Aufgaben	205
7	Deckenschalungen	207
7.1	Konventionelle Deckenschalungen	207
7.2	Deckenschalungssysteme	208
7.2.1	Flex-Deckenschalungen	208
7.2.2	Deckentische	215
7.2.3	Modul-Deckenschalungen	219
7.3	Ausschalfristen und Hilfsstützen	224
7.4	Konstruktion und Bemessung einer Deckenschalung	232
7.5	Bemessung einer Deckenschalung nach Tabellen	254
7.6	Auswahl der Deckenstützen	259
7.7	Aufgaben	263
8	Unterzugschalungen	267
8.1	Konventionelle Unterzugschalungen	268
8.2	Schalungssysteme für Unterzüge	270
8.2.1	Abschalböcke	271
8.2.2	Kleinflächenschalungen	272
8.3	Aufgaben	273

9	Halbfertigteile	277
9.1	Halbfertigteil-Decken	277
9.2	Halbfertigteilträger	278
9.3	Voll-Fertigteil-Konstruktionen	279
9.4	Halbfertigteil-Deckenplatten	280
9.4.1	Gitterträger in Halbfertigteilplatten	280
9.4.2	Zulagebewehrung	283
9.4.3	Deckenränder	285
9.4.4	Deckengleiche Träger	285
9.4.5	Montageunterstützung	285
9.4.6	Sonderkonstruktionen	291
9.5	Halbfertigteil-Wände	293
9.6	Systemteile zur Montage von Halbfertigteil-Wänden	295
9.6.1	Elementabstützung	295
9.6.2	Fugenabdichtung	296
9.6.3	Betonierbühnen	297
9.7	Aufgaben	297
10	Traggerüsttürme	303
10.1	Traggerüsttürme in Rahmenbauart	305
10.2	Traggerüsttürme aus Einzelstützen	306
11	Arbeits- und Schutzgerüste	309
11.1	Konsolgerüste	310
11.2	Hängegerüste	313
11.3	Auslegergerüste	313
11.4	Standgerüste	314
12	Brückenschalungen	317
12.1	Gründung und Unterbau	317
12.2	Herstellverfahren für den Überbau	319
12.2.1	Unterstützung durch Traggerüstkonstruktionen	320
12.2.2	Taktschiebeverfahren	328
12.2.3	Freivorbauverfahren	329

12.2.4	Vorschubrüstung	330
12.2.5	Stahlverbund-Bauweise	331
12.3	Gesimskappen	333
13	Tunnelschalungen	335
13.1	Offene Bauweise	335
13.1.1	Aufgelöst hergestellter Querschnitt	336
13.1.2	Teilmonolithisch hergestellter Querschnitt	338
13.1.3	Monolithisch hergestellter Querschnitt	340
13.2	Halboffene Bauweise (Deckelbauweise)	341
13.3	Bergmännische Bauweise (geschlossene Bauweise)	342
13.4	Tunnelportale	344
14	Arbeits- und Dehnfugen	345
14.1	Fugenbleche	347
14.2	Fugenbänder	348
14.3	Injektionsschläuche	352
14.4	Quellbänder	354
14.5	Arbeitsfugen bei Halbfertigteil-Wandelementen	355
14.5.1	Fugenbleche und Fugenbänder	355
14.5.2	Injektionsschläuche und Quellbänder	356
14.6	Rückbiege- und Schraubanschlüsse	357
15	Schalungsplanung am Beispielprojekt	361
15.1	Systematik der Schalungsplanung	361
15.2	Beispielprojekt für die Schalungsplanung	362
16	Kennzahlenrechnung und Bauablaufplanung	365
16.1	Kennzahlenrechnung	365
16.1.1	Beispiel Kennzahlenrechnung	366
16.1.2	Ergebnis der Kennzahlenrechnung	367
16.1.3	Berechnung des Kranbedarfs	368
16.2	Bauablaufplanung	369
16.2.1	Mengenermittlung und Arbeitsverzeichnis	369
16.2.2	Bauablaufplan	371

17	Betonier- und Schalungsabschnitte	373
17.1	Arbeitsfugen	375
17.2	Bedarfsermittlung der Schalungsmengen	375
17.3	Betonier- und Schalungsabschnitte bei Wänden	375
17.3.1	1,5-fache Schalungsvorhaltung	376
17.3.2	2,0-fache Schalungsvorhaltung	378
17.3.3	Vorhaltemengen von Wandschalungen	379
17.4	Betonier- und Schalungsabschnitte bei Stahlbetonstützen	380
17.5	Betonier- und Schalungsabschnitte bei Decken	381
17.5.1	Arbeitsfugen in Decken	382
17.5.2	Vorhaltemengen von Deckenschalungen	384
17.5.3	Anordnung von Hilfsstützen bei Decken	385
17.5.4	Vorhaltemengen von Hilfsstützen	387
18	Angebotskalkulation von Schalungen	389
18.1	Einflussfaktoren auf die Kosten von Schalungssystemen	390
18.1.1	Kosteneinflüsse bei Wandschalungen	390
18.1.2	Kosteneinflüsse bei Deckenschalungen	391
18.1.3	Kosteneinflüsse der Bauzeit	391
18.2	Allgemeine Vorüberlegungen zur Kalkulation	392
18.3	Höhenmatrix eines Bauvorhabens	392
18.4	Kalkulation von Wandschalungen	393
18.4.1	Vorgaben der Ausschreibung	393
18.4.2	Kalkulation der Vorhaltekosten	396
18.5	Kalkulation von Stützenschalungen	397
18.5.1	Vorgaben der Ausschreibung	397
18.5.2	Kalkulation der Vorhaltekosten	399
18.6	Kalkulation von Deckenschalungen	400
18.6.1	Vorgaben der Ausschreibung	400
18.6.2	Kalkulation der Vorhaltekosten	402
18.7	Gerätekostenermittlung gemäß Baugeräteliste	403
18.7.1	Vorhaltekosten der Wandschalung	404
18.7.2	Vorhaltekosten weiterer Schalungen	405

18.7.3 Umrechnungen	406
18.7.4 Vorhaltekosten für Stillliegezeiten nach BGL	407
18.8 Aufwandswerte für die Kalkulation der Lohnkosten	408
18.8.1 Aufwandswerte für Wandschalungen	408
18.8.2 Aufwandswerte für Stützenschalungen	412
18.8.3 Aufwandswerte für Deckenschalungen	413
19 Schalungsmiete	417
19.1 Preisgestaltung von Mietschalungen	419
19.2 Abrechnung von Schalungsmieten	420
19.3 Die Schalungsausschreibung	422
19.3.1 Grundlagen für die Schalungsausschreibung	423
19.3.2 Beispiele für LV-Positionen einer Schalungsausschreibung	426
19.4 Rahmenvertrag für die Schalungsmiete	434
20 Einsatzplanung	435
20.1 Software für die Schalungseinsatzplanung	436
20.1.1 Eigenständige Planungsprogramme	436
20.1.2 CAD-basierte Applikationen	437
20.2 Beispiel zur Schalungseinsatzplanung	438
21 Ausblick	445
Literaturverzeichnis	449
Normen und Vorschriften	451
Normen	451
Merkblätter und Richtlinien	453
Index	457

Ergänzendes Material auf <https://plus.hanser-fachbuch.de>:

Musterlösungen der Aufgaben

Schalungseinsatzpläne für das Beispielprojekt eines Bürogebäudes

1

Einführung

Die Planung der Schalung ist ein wesentlicher Bestandteil der Arbeitsvorbereitung im Stahlbetonbau. Da auf die Herstellung von Schalungen und Traggerüsten ein Großteil der Lohnkosten entfällt, können durch detaillierte Planung beträchtliche Rationalisierungserfolge erzielt und damit die Wirtschaftlichkeit bei der Durchführung einer Baumaßnahme positiv beeinflusst werden.

Es ist vorteilhaft, schon bei der Angebotskalkulation mit der Schalungsplanung zu beginnen und sie für die Bauausführung als wichtiges Element in die *Arbeitsvorbereitung* zu integrieren. So kann eine sinnvolle Abstimmung zwischen Bauverfahren, zeitlichem Bauablauf, Bereitstellungsplanung und Baustelleneinrichtung erfolgen.

Bis in die 1980er-Jahre unterhielten viele der größeren Bauunternehmen einen eigenen *Schalungsbau*, bestehend aus Planungsbüro und Werkstatt. In den Büros wurden Konstruktionszeichnungen und Werkpläne zur Herstellung von individuellen Schalungskonstruktionen erstellt, die dann in den Werkstätten gefertigt und auf die Baustelle geliefert wurden. Ebenso war es üblich, eigene Systemschalungen wie z. B. Wand- und Deckenschalungssysteme in ausreichenden Mengen am Bauhof vorzuhalten und bei Bedarf einzusetzen. Diese Schalungssysteme waren durch die Schalungsindustrie zu diesem Zeitpunkt schon weit entwickelt.

Mittlerweile ist bei vielen Unternehmen der Schalungsbereich zum Rationalisierungsoffer geworden. Die Möglichkeit, Schalungssysteme für fast jeden Einsatzbereich anmieten zu können, hat dazu geführt, dass viele Tätigkeiten an den *Schalungslieferanten* übertragen wurden. Das betrifft neben den Service- und Logistikleistungen, zu denen u. a. die Lagerung und der Transport der Schalung gehört, insbesondere auch die Ingenieurleistungen wie beispielsweise das Erstellen von Schalungseinsatzplänen und Materiallisten, um den Schalungsbedarf zu ermitteln.



Service- und Logistikleistungen

- Lagerung und Kommissionierung der Schalung
- Werkseitige Schalungsvormontage
- Instandhaltung (Regeneration und Reparatur)
- Transport
- Endreinigung



Ingenieurleistungen

- Arbeitsvorbereitung
- Schalungseinsatzplanung
- Materiallisten
- Statische Berechnungen
- Sichtbetonplanung
- Baustelleneinweisung und Beratung

Dennoch ist es von großer Wichtigkeit, dass den externen Schalungstechnikern qualifizierte und kompetente Ansprechpartner aus den Baufirmen zur Verfügung stehen, um Schalung und Bauablauf optimal aufeinander abzustimmen.

Aufgrund der Tatsache, dass die Schalungsindustrie heute für fast jede Anforderung Systemschalungen anbietet, die gemäß ihrer Typenstatik eingesetzt werden, verliert der klassische Schalungsbau zunehmend an Bedeutung. Eine Ausnahme stellt hier sicherlich der Ingenieurbau dar, wo häufig sehr spezielle Schalungslösungen erforderlich sind. Unternehmen, die in diesem Bereich tätig sind, unterhalten teilweise auch heute noch einen eigenen Schalungsbau.

Demnach müssen die im Schalungsbereich tätigen Ingenieure je nach Aufgabengebiet in der Lage sein, die am Markt erhältlichen Schalungssysteme zu beurteilen und für ihre Zwecke einzusetzen. Ebenso müssen sie die Notwendigkeit spezieller Schalungskonstruktionen erkennen und diese gegebenenfalls planen können.



Beim Einsatz von Systemschalungen ist die jeweilige *Aufbau- und Verwendungsanleitung* des Herstellers zu beachten. Darin werden Sicherheitshinweise und wichtige Angaben für die Regelanwendung gemacht. Diese sind vom Anwender genau zu befolgen. Vom Regelfall abweichende Einsätze müssen unter Beachtung gültiger Gesetze, Normen und Sicherheitsvorschriften gesondert nachgewiesen werden.

Dieses Kapitel gibt eine Einführung in die Aufgabenstellung der Arbeitsvorbereitung für Schalungen und deren Traggerüste. Die für die Schalungsplanung wichtigsten Normen und die wesentlichen Bestandteile einer Schalungskonstruktion werden in einem Überblick vorgestellt. In den folgenden Kapiteln werden einer-

seits die wichtigsten Systemschalungen und deren Einsatzmöglichkeiten und andererseits die Bemessung konventioneller Schalungen behandelt.

■ 1.1 Europäische Normen

Alle baukonstruktiven Bereiche unterliegen einem enormen Wandel. In den vergangenen Jahren wurden die bedeutendsten Normen europäisch harmonisiert und auf das *Sicherheitskonzept* des *Eurocode* umgestellt. Inzwischen sind alle wichtigen Normen im Stahlbetonbau (DIN EN 1992-1-1), Stahlbau (DIN EN 1993-1-1) und Holzbau (DIN EN 1995-1-1) auf das neue Sicherheitskonzept umgestellt worden.



Die wichtigsten Normen für den Schalungsbau

- „Holzbauten“: DIN EN 1995-1-1:2010-12 / A2:2014-07 / NA:2013-08
- „Stahlbauten“: DIN EN 1993-1-1:2010-12 (2020-08 Entwurf) / A1:2014-07 / NA:2018-12
- „Traggerüste“: DIN EN 12812:2008-12
- „Arbeits- und Schutzgerüste“: DIN 4420-1:2004-03, DIN 4420-3:2006-01
- „Toleranzen im Hochbau“: DIN 18202:2019-07
- „Frischbetondruck auf lotrechte Schalungen“: DIN 18218:2010-01
- „Holzschalungsträger“: DIN EN 13377:2002-11
- „Baustützen“: DIN EN 1065:1998

Die Planung von Schalungen und Gerüsten kommt aufgrund der dafür verwendeten Materialien – Holz und Stahl – und aufgrund ihrer Bestimmung – die Herstellung von Stahlbetonbauteilen – gerade mit diesen Normen häufig in Berührung. So gut wie alle Normen, die für die Schalungsplanung eine Rolle spielen, sind inzwischen auf das neue Sicherheitskonzept des Eurocode umgestellt worden oder beziehen sich darauf.

So gibt es eine neue Traggerüstnorm DIN EN 12812 (s. Abschnitt 2.1), die auch bauaufsichtlich eingeführt ist. Im Bereich der *Schalhautplatten* gibt es die neue Holzbaunorm DIN EN 1995-1-1 (s. Abschnitt 2.2), die prinzipiell auch für Schalungen gilt, und weitere zugehörige Normen, je nach Art der jeweiligen *Schalungshaut*.

In diesem Buch werden in Kapitel 2 die wichtigsten Grundlagen der aktuellen Normen nach heutigem Stand behandelt, ebenso Fragen der *Lastannahmen* bei der *Bemessung*.

■ 1.2 Schalungen und Traggerüste

Als „Schale“ für den Frischbeton dient die Schalung der Formgebung eines Bauteils. Die auf die Schalung einwirkenden Lasten werden in die *Unterkonstruktion* abgeleitet, die gemäß DIN EN 12812 als *Traggerüst* bezeichnet wird. Nachdem der Beton erhärtet ist und eine ausreichende Festigkeit erreicht hat, werden Schalung und Traggerüst in der Regel entfernt. Sie gelten von daher als temporäre Konstruktion und deren Unterstützung, die selbst jedoch nicht in das Bauwerk eingehen.

Bei den heute überwiegend eingesetzten Systemschalungen sind Schalung und Unterkonstruktion teilweise fest miteinander verbunden. Sie werden in der Regel als Einheit betrachtet, sodass in der Praxis (und auch hier) häufig mit dem Begriff Schalung auch das Traggerüst gemeint ist.

Hinsichtlich ihrer Lastabtragung werden Schalungen für vertikale Bauteile (lotrechte Schalungen) und Schalungen für horizontale Bauteile (waagerechte Schalungen) unterschieden.



Beispiele für vertikale Bauteile

- Fundamente
- Wände
- Stützen



Beispiele für horizontale Bauteile

- Decken
- Podeste
- Unterzüge

Lotrechte (Bild 1.1) und waagerechte (Bild 1.2) Schalungen bestehen aus den folgenden Konstruktionselementen:

1. Schalungshaut,
2. Unterkonstruktion,
3. Schalungsanker (bei lotrechten Schalungen),
4. Unterrüstung (bei waagerechten Schalungen),
5. Elemente zur Lagesicherung (Abstützungen),
6. Sicherheitseinrichtungen (Arbeitsbühnen und Schutzgerüste).

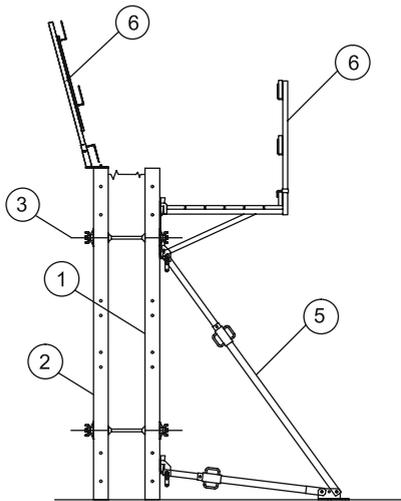


Bild 1.1
Konstruktionselemente lotrechter Schalungen

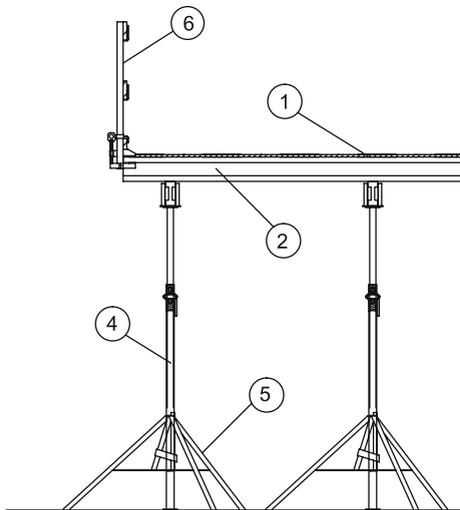


Bild 1.2
Konstruktionselemente waagerechter
Schalungen

Nachfolgend werden die Konstruktionselemente von Schalungen und deren Funktion näher beschrieben. Weiterführende Informationen zu den verschiedenen Schalungsarten sind in den jeweiligen Kapiteln zu finden.

■ 1.3 Schalungshaut

Die *Schalungshaut* einer Betonschalung muss mehrere Funktionen erfüllen: Die Schalungshaut gibt dem Beton seine *geometrische Form*, die sowohl ebene als auch gekrümmte Begrenzungsflächen haben kann. Die Schalungshautstruktur ist die Negativform der später sichtbaren Betonstruktur. Die *Betonstruktur* kann glatt oder rau sein, eine Brettstruktur wiedergeben sowie poröse oder geschlossene Oberflächen haben. Die Schalungshaut muss dicht sein, damit die Betonmilch nicht ausläuft und keine Kiesnester entstehen.

Die Schalungshaut muss zusammen mit ihrer Unterkonstruktion die vertraglich vorgegebenen Anforderungen an die *Ebenheit* entsprechend der Tabelle 3 in DIN 18202 „Toleranzen im Hochbau“ erfüllen (s. Abschnitt 2.5).

Die Schalungshaut muss bei waagerechten Schalungen den vertikalen *Frischbetondruck* aus dem Eigengewicht des Betons und aus Verkehrslasten sowie bei lotrechten Schalungen den horizontalen Frischbetondruck nach DIN 18218 aufnehmen und an die Unterkonstruktion weitergeben können. Der hydrostatische Frischbetondruck kann bei lotrechten Schalungen nach DIN 18218 unter gewissen Voraussetzungen abgemindert werden (s. Abschnitt 2.4).



Funktionen der Schalungshaut

- Formgebung des Betonbauteils
- Ausbildung der Betonstruktur
- Dichtigkeit der Schalung
- Ebenheit der Betonoberfläche
- Aufnahme und Abtragung des Frischbetondrucks
- Schutz des jungen Betons vor zu schnellem Austrocknen, Umwelteinflüssen und mechanischen Beschädigungen

1.3.1 Schalungshautarten

Die einzelnen *Schalungshautarten* unterscheiden sich sowohl im Ergebnis der *Betonoberfläche* wie auch in ihrer *Einsatzhäufigkeit* (Tabelle 1.1).

Die Einsatzhäufigkeit von gehobelten Brettern entspricht in etwa der von *Dreischichtplatten* (Bild 1.3), wenngleich diese in der Regel imprägniert oder lackiert sind und dadurch eher häufiger eingesetzt werden können. Maßgebend sind jedoch vor allem die Schnittflächen.

Tabelle 1.1 Schalungshautarten und mögliche Einsatzhäufigkeiten

Material	Schalungshautart	mögliche Einsatzhäufigkeit
Massivholz	Bretter, sägerau	2 – 4
	Bretter, gehobelt	10 – 15
	Bohlen, Dielen	2 – 4
Sperrholz	Dreischichtplatten	10 – 15
	Mehrschichtplatten	> 20 – 30
	Stab- und Stäbchensperrholzplatten	> 30 – 50
Holzwerkstoffe	Hartfaserplatten	2 – 3
	Holzwerkstoffplatten, Spanplatten	3 – 5
Metall	Stahl	> 100
Kunststoffe	Polyethylen	nach Profilierung und Einsatzart unterschiedlich, teilweise sehr hoch, > 100
	Polyurethan	
	Polystyrol	
	Glasfaserkunststoffe	
	Gummi	
Pappe	Pappe, kunststoffbeschichtet	1

**Bild 1.3**
Dreischichtplatte, Bildquelle: Doka

Je nach Anforderungen muss die Schalungshaut ausgewählt werden. Einerseits muss die Schalungshaut für die verlangte Qualität der Betonoberflächen geeignet sein – ob rau oder glatt, ob *Sichtbeton* oder nicht – andererseits muss sie den mechanischen Beanspruchungen bei planmäßiger Einsatzhäufigkeit gewachsen sein. Oberflächenvergütete, d. h. kunstharzfilmbeschichtete *Mehrschichtplatten* (Bild 1.4) ergeben eine glatte Betonoberfläche. Trockene, saugende Schalungshaut ergibt eine offenporige Betonoberfläche, während eine feuchte, nichtsaugende oder beschichtete Schalungshaut eine geschlossen-porige Betonoberfläche hinterlässt.

**Bild 1.4**

Mehrschichtplatte, Bildquelle: Doka



DIN 68791:2016-08: Großflächen-Schalungsplatten aus Stab- und Stäbchenspertholz für Beton und Stahlbeton

DIN 68792:2016-08: Großflächen-Schalungsplatten aus Furnierspertholz für Beton und Stahlbeton

1.3.2 Brettprofile aus Massivholz

Schalbretter aus *Massivholz* haben eine Breite von etwa 10 cm und sind mit maximalen Lieferlängen von 4,50 m zu bekommen. Benötigt man längere durchgehende Sichtbetonflächen, müssen die Bretter in regelmäßigen oder unregelmäßigen Verbänden verlegt und gestoßen werden. Dabei ist auf einen möglichst geringen Verschnitt zu achten.

Sägeraute Bretter sind nur zur Betonseite *sägerau*, für die Maßhaltigkeit der Schalungskonstruktion sind die Bretter auf der dem Beton abgewandten Seite *gehobelt*. Die raue Brettoberfläche muss vor dem ersten Betonieren mit Beton eingeschlämmt werden, um die größten Vertiefungen in der Oberfläche zu verschließen. Dadurch wird für die ersten Einsätze ein einigermaßen gleiches Aussehen der rauen Betonoberfläche erzielt. Allerdings werden die Vertiefungen in der Schalungshaut mit jedem Betoniervorgang weiter zugesetzt, sodass sich mit jedem weiteren Betoniervorgang eine veränderte Betonoberfläche ergibt. Daher können mit einer sägerauen Schalungshaut nur sehr wenige Betonierabschnitte ausgeführt werden.

Die *Brettprofile* können sehr unterschiedlich sein. Es stehen mehrere *Spundungsprofile* mit verschiedenen Vor- und Nachteilen zur Verfügung:

- *Stumpfer Stoß*

Stumpf gestoßene Bretter werden im Schalungsbau nur für untergeordnete Zwecke, z. B. für Abschaltungen im Bereich von Fundamenten, eingesetzt. Ansonsten sind sie nicht sinnvoll einsetzbar, da die Fugen zwischen den Brettern nicht absolut dicht sind und sich durch Quellen und Schwinden des Holzes

auch jederzeit verändern können (Bild 1.5). Dadurch besteht die Gefahr, dass durch die offenen Fugen die Betonmilch ausläuft und dadurch Kiesnester entstehen.

In Rundungen sind diese Bretter auch nicht einsetzbar, da sich zwischen den polygonartig gestoßenen Brettern *klaffende Fugen* einstellen, die dann von Beton ausgefüllt werden bzw. nicht hinreichend abgedichtet werden können. Zwischen den Brettern besteht keine Schubverbindung. Dadurch kann sich leicht ein Versatz bilden.



Bild 1.5
Stumpfer Stoß, Bildquelle: PERI

- *Nut und Feder*

Die Nut-und-Feder-Spundung hingegen kann auch in Rundungen sehr gut eingesetzt werden, da die Feder bis zu einem gewissen Grad elastisch gebogen in der Nut liegt und die Fuge als solche sich zwar etwas öffnet, jedoch nicht völlig aufklafft (Bild 1.6). Dadurch entstehen lediglich *Betongrate*, die architektonisch durchaus gewollt sein können.

Sofern die Bretter einzeln ausgeschalt werden müssen, können die Bretter dabei leicht zu Bruch gehen. Die Nut- und Feder-Spundung ist bei der Handhabung der einzelnen Bretter empfindlich, die zusammengebauten Bretter stellen aber einen guten Schubverband dar.



Bild 1.6
Nut und Feder, Bildquelle: PERI

- *Wechselpfalz-Spundung*

Auch die Wechselpfalz-Spundung (Bild 1.7) leistet eine gute Schubübertragung. Bei zu geringer Nagelung stellt sie aber eine instabile Verbindung dar, bei der sich die Fugen leicht öffnen können.

**Bild 1.7**

Wechselfalz-Spundung, Bildquelle: PERI

- *Doppelte Keilspundung* (untergefügte Keil- oder Spezial-Spundung)

Die doppelte Keilspundung, oder auch *Z-Profil* genannt, ist speziell für Sichtbetonschalungen sehr gut geeignet. Sie stellt eine stabile Verbindung der Bretter dar bei gleichzeitig großer Dichtigkeit, auch bei Rundungen (Bild 1.8). Ausschalen der einzelnen Bretter ist durch Aufklappen zerstörungsfrei möglich. In Schalelementen lassen sich einzelne Bretter leicht auswechseln oder reinigen. Die Schubübertragung des Profils ist gut.

**Bild 1.8**

Doppelte Keilspundung (Z-Profil), Bildquelle: PERI

- *Schweinsrücken-Spundung* (Dreieck- oder Keilspundung)

Die Schweinsrücken-Spundung eignet sich besonders für Rundungen, weil die Bretter auch dann gut in einander liegen und gegenseitig gehalten sind (Bild 1.9). Allerdings kann es leicht zu undichten Stellen in den Brett-fugen kommen.

**Bild 1.9**

Schweinsrücken-Spundung, Bildquelle: PERI



Bemessung von Schalhautplatten

siehe Abschnitt 2.6

1.3.3 Sperrholzplatten

Die verwendeten *Mehrschichtplatten* sind *Sperrholzplatten*, die zu einem sehr großen Anteil aus Finnland kommen. Nachfolgend sollen daher exemplarisch die finnischen Standardsperrhölzer dargestellt werden, welche für den Einsatz in Betonschalungen verwendet werden.



Birkensperrholz: wird ausschließlich aus Birkenfurnieren gefertigt.

Combi-Sperrholz: hat je zwei Birkenfurniere als Decklagen und dazwischen abwechselnd Nadelholz- und Birkenfurniere.

Combi Mirror-Sperrhölzer: haben je ein Birkenfurnier als Decklagen und dazwischen abwechselnd Nadelholz- und Birkenfurniere.

Nadelholz-Sperrholz: besteht als Innenlagen durchgehend aus Nadelholzfurnieren, die Decklagen sind Fichte- oder Kieferfurniere.

Finnische Standardsperrhölzer

Finnisches Sperrholz besteht aus Birken- oder Nadelholzfurnieren mit Nenndicken von 1,4 mm. Bei dicken Nadelholzfurnieren von Nadelholzsperrholz kann die Furnierdicke im Bereich von 2,0 bis 3,2 mm liegen.

Die Sperrholzplatten werden für den Einsatz in Betonschalungen gewöhnlich mit Filmbeschichtungen in Stärken von 120, 170, 220 oder 440 g/m² eingesetzt. Die höheren Beschichtungen haben sich wegen ihrer besseren technischen Eigenschaften mehr durchgesetzt. Durch Versiegelung der Plattenkanten wird die Feuchtigkeitsaufnahme der Platten minimiert.

Für die Herstellung von Sichtbeton-Bauteilen ist der Einsatz einer geeigneten Schalungshaut von großer Bedeutung. Eine Einführung in die Technologie des Sichtbetons ist in Kapitel 3 ausgeführt.

1.3.4 Kunststoff-Schalungshaut

Besonders bei Rahmenschalungen stellen Kunststoff-Schalungshautplatten eine Alternative zur herkömmlichen Schalungshaut dar, da sie für sehr hohe Einsatzzahlen geeignet sind. Diese sind verhältnismäßig teuer und daher nur wirtschaftlich, wenn sie sehr häufig eingesetzt werden können. Im Gebrauch sind sie vergleichbar mit beschichteten Mehrschichtplatten. Sie sind gut nagelbar und können repariert und maschinell gereinigt werden.

1.3.5 Trennmittel

Die Schalungshaut sowie alle betonberührenden Flächen von Schalungen sind vor jedem Einsatz mit Trennmitteln zu versehen. Dies geschieht,

- um beim Ausschalen die Haftung der Schalung am Beton zu vermindern und damit das Ausschalen zu erleichtern,
- um die Oberflächen der Schalung besser zu konservieren und zu schützen, dort Zementleimrückstände zu verringern und
- um bei Sichtbeton die Oberflächen optisch mit einheitlichem Grauton herzustellen.

Der Auftrag des Trennmittels auf die Schalung muss grundsätzlich gleichmäßig und sehr dünn erfolgen. Dies bedarf insbesondere der richtigen Dosierung in Abhängigkeit von der Viskosität des Trennmittels. Hierzu sind geeignete Sprühgeräte erforderlich, in der Regel Hochdrucksprühgeräte mit 5 bis 6 bar Druck, ölbeständigen Schläuchen und Flachstrahldüsen. Der Einsatz gut qualifizierter Arbeitskräfte ist hier eine wichtige Voraussetzung für ein gutes Arbeitsergebnis.

Folgende Arten von Trennmitteln stehen zur Verfügung:

- Lösemittelfreie Trennmittel mit einer Viskosität bei ca. $20 \text{ mm}^2/\text{s}$ ($20 \text{ }^\circ\text{C}$), hier ist in der Regel kein feiner Auftrag möglich. Insbesondere bei nicht saugender Schalungshaut muss das überschüssige Trennmittel sorgfältig mit Moosgummi abgezogen werden. Einige Produkte sind schnell biologisch abbaubar. Die Nachteile dieser Trennmittel liegen in ihrer höheren chemischen Reaktivität. Sie können intensives Abmehlen des Betons, Hydrophobieeffekte auf der Betonoberfläche oder auch ein Verharzen auf der Schalungshaut nach sich ziehen.
- Lösemittelhaltige Trennmittel mit einer Viskosität bei ca. $1 \text{ bis } 2 \text{ mm}^2/\text{s}$ ($20 \text{ }^\circ\text{C}$), hier ist gewöhnlich ein feiner Auftrag möglich, da sich die Auftragsstärke durch Vernebelung des Lösemittels einstellt. Diese Trennmittel eignen sich besonders für senkrechte Schalungsflächen und bei nicht saugender Schalungshaut sowie für eine höhere Farbtongleichmäßigkeit. Sie sind nachteilig hinsichtlich der Anforderungen an Arbeitshygiene und Umweltverträglichkeit sowie einer höheren Porigkeit.
- Wässrige Trennmittlemulsionen, bei denen durch Verdunstung des Wassers ein dünner Trennfilm entsteht, der einen feinen regenfesten Auftrag ermöglicht. Diese Trennmittel beinhalten Wasser und nachwachsende Rohstoffe statt Lösemittel und mineralölhaltigen Bestandteilen. Sie verfügen über eine gute biologische Abbaubarkeit.
- Alternativ werden teilweise auch Schalwachse eingesetzt.

Bei der Verwendung von Trennmitteln müssen die Anforderungen des Arbeits- und Umweltschutzes eingehalten werden.



Literaturhinweise zu Trennmitteln

Richtlinie Handhabungs- und Pflegehinweise Schalungssysteme (2003-10). Güteschutzverband Betonschalungen Europa e. V. (GSV); Abschnitt 2.3.1

Merkblatt Sichtbeton (2015-06). Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e. V. (DBV), Anlage E

Schulz, J.: Sichtbeton-Atlas. 2. Auflage. Springer Vieweg Verlag. Wiesbaden 2015, Kapitel 3.5

■ 1.4 Unterkonstruktion

Die Unterkonstruktion dient als Auflager für die Schalungshaut. Sie nimmt die auf die Schalungshaut wirkenden Lasten auf und trägt sie über die Schalungsanker bzw. Unterrüstung ab. Wie bereits unter Abschnitt 1.3.1 beschrieben, dürfen die dabei auftretenden Durchbiegungen die vorgegebenen Toleranzen nicht überschreiten.

Weiterhin dient die *Unterkonstruktion* als Befestigungsmöglichkeit für systembedingte Anbauteile wie beispielsweise Richtstützen, Betonierbühnen, Gurtungen usw.



Funktionen der Unterkonstruktion

- Auflager für die Schalungshaut
- Aufnahme und Abtragung des durch die Schalungshaut weitergeleiteten Frischbetondrucks
- Befestigungsmöglichkeit für systembedingte Anbauteile

Aufgrund unterschiedlicher Bauarten der Unterkonstruktion werden Schalungen in Träger- und Rahmen- bzw. Modulschalungen unterschieden.

1.4.1 Unterkonstruktion von Trägerschalungen

Die Unterkonstruktion der Schalungshaut von Trägerschalungen besteht aus einer auf zwei Ebenen verlaufenden Neben- und Hauptträger-Konstruktion. Als Träger werden nur noch selten herkömmliche *Kanthölzer*, sondern in der Regel Holzschalungsträger (s. Abschnitt 2.7) und Stahlprofile eingesetzt.

Konstruktionen aus Kanthölzern

Kanthölzer finden ihre Anwendung bei konventionellen Schalungen oder Sonderschalungen. Eine variable Anordnung und Länge der Träger ist möglich. Diese werden beispielsweise bei *Binderkonstruktionen* für Brücken-Überbauten verwendet.

Konstruktionen aus Holzschalungsträgern

Bei Träger-Deckenschalungen werden Holzschalungsträger als Quer- und Jochträger eingesetzt. Die *Holzschalungsträger* haben eine deutlich höhere Tragfähigkeit als herkömmliche Kanthölzer. Sie werden auf der darunterliegenden Trägerlage oder in den Gabelköpfen der Stützen überlappend gestoßen und werden prinzipiell nicht abgeschnitten, sondern stellen immer wieder einsetzbare *Baugeräte* dar. Die Trägerlängen sind variabel. Holzschalungsträger sind als Vollwandträger (Bild 1.10 und Bild 1.12) und als Gitterträger (Bild 1.11) auf dem Markt. Die Stege der Vollwandträger bestehen aus Holzwerkstoffplatten oder Mehrschichtplatten, die Stege der Gitterträger aus Massivholz. Ober- und Untergurte sind ebenfalls aus massivem Vollholz gefertigt (s. Abschnitt 2.7).



Bild 1.10

Vollwand-Holzschalungsträger,
Bildquelle: Doka



Bild 1.11

Gitterträger, Bildquelle: PERI



Bild 1.12

Träger-Deckenschalung, Bildquelle: NOE

Holz-Stahl-Konstruktionen

Träger-Wandschalungen bestehen meist aus einer Trägerlage, welche auf Stahlprofilen aufliegt (Bild 1.13). Dabei stehen senkrechte Holzschalungsträger oder Kantholzträger vor horizontalen *Stahlriegeln* in mehreren Ebenen, die als sogenannte *Gurtungen* zum Einen die Spannanker aufnehmen und zum Anderen mithilfe von Verbindungslaschen eine zugfeste Verbindung aller Wandschalungselemente in Längsrichtung der Wand gewährleisten müssen (s. Abschnitt 5.2.1).



Bild 1.13

Träger-Wandschalung mit Stahlgurtungen,
Bildquelle: PERI

Werden als Deckenschalung vorgefertigte Deckenschaltische eingesetzt, so bestehen deren Jochträger entweder aus Holzschalungsträgern oder häufig, wie bei Wandschalungen, auch aus Stahlprofilen (s. Abschnitt 7.2.2).

Stahlkonstruktionen

Dabei handelt es sich um Unterkonstruktionen aus Stahlprofilen, die individuell miteinander verschraubt werden. Zum Einsatz kommen Sie beispielsweise als Binderkonstruktion im Brückenbau, für Schalwagen oder Sonderschalungen.

1.4.2 Unterkonstruktion von Rahmen- und Modulschalungen

Die Unterkonstruktion der Schalungshaut von *Rahmenschalungen* (Bild 1.14) besteht aus Haupt- und Nebenträgern, die in einer Ebene verlaufen und miteinander verschweißt sind. Schalungshaut und Träger sind umlaufend durch ein Rahmenprofil eingefasst. Bei den Trägern und Rahmen handelt es sich um Hohlprofile oder Flachmaterial aus Stahl oder Aluminium. Die Lage der Ankerstellen ist durch Bohrungen vorgegeben. Die Verbindung der Elemente untereinander erfolgt am Rahmenstoß mit entsprechenden Verbindungsmitteln (s. Abschnitt 5.2.2).



Bild 1.14
Rahmen-Wandschalung, Bildquelle: PERI

Bei Deckenschalungen ist der Aufbau der Unterkonstruktion ähnlich. Hier spricht man von Modul- oder Paneel-Deckenschalungen (Bild 1.25). Die einzelnen Schalenelemente werden als Module oder Paneele bezeichnet (s. Abschnitt 7.2.3).

■ 1.5 Schalungsanker

Der bei lotrechten Schalungen durch die Unterkonstruktion weitergeleitete Betondruck wird durch die Schalungsanker punktförmig aufgenommen.



Funktion des Schalungsankers

Punktförmige Aufnahme des durch die Unterkonstruktion weitergeleiteten Frischbetondrucks bei lotrechten Schalungen

Die DIN 18216 Schalungsanker für Betonschalungen (s. Abschnitt 2.9) beschreibt die üblichen Schalungsanker mit Schraubverschlüssen.

Im Allgemeinen werden Spannstäbe der Güte St 900/1100 mit Stabdurchmessern von $\varnothing = 15,0 \text{ mm}$ und $20,0 \text{ mm}$ oder der Güte St 950/1050 bei $\varnothing = 26,5 \text{ mm}$ mit Rollgewinde DYWIDAG verwendet.

Ankerung doppelhäuptiger Schalungen

Üblicherweise können Wände beidseitig geschalt werden. Man spricht dann von einer doppelhäuptigen Schalung (s. Abschnitt 5.8.1).

Bei *doppelhäuptigen Schalungen* besteht der Schalungsanker in der Regel aus drei Komponenten (Bild 1.15):

- Ankerstab,
- Ankerschluss, z. B. Ankerplatte und Ankermutter,
- Abstandhalter, Hüllrohr aus PVC oder Faserbeton, verbleibt im Beton.

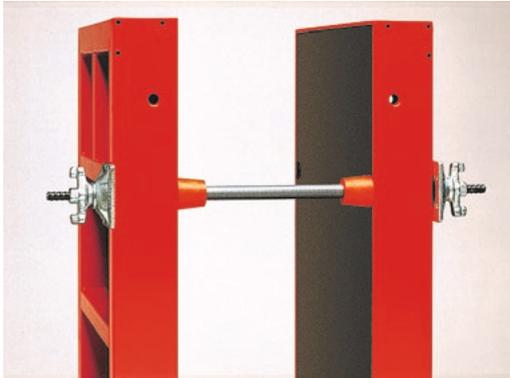


Bild 1.15

Schalungsanker, bestehend aus Ankerstab, Ankerplatten, Ankermutter, Hüllrohr und Konen, bei einer Rahmenschalung, Bildquelle: PERI

Bei dem herkömmlichen Ankerschluss muss die Mutter auf beiden Seiten der Schalung festgezogen werden. Seit einigen Jahren gibt es auch Systeme, die eine einseitig bedienbare Ankertechnik bieten (s. Abschnitt 5.2.2).

Ausführungsmöglichkeiten für wasserdichte Ankerstellen sind in Abschnitt 5.8.2 beschrieben.

Ankerung einhäuptiger Schalungen

Bei *einhäuptigen Schalungen* kann nur auf einer Seite der Wand geschalt werden, weil auf der gegenüberliegenden Seite aus Platzgründen keine Schalung gestellt werden kann und gegen den Bestand (z. B. eine bereits vorhandene Wand oder Verbau) betoniert werden muss.

Dann muss der Ankerstab entweder am Bestand befestigt werden oder der Frischbetondruck wird ankerlos über Abstützböcke (Bild 1.16) abgetragen.

Einhäuptige Wandschalungen einschließlich aller dafür notwendigen Baubehelfe werden in den Abschnitten 5.8 bis 5.10 ausführlich dargestellt und deren Bemessung in einem statischen Exkurs umfassend behandelt.



Bild 1.16
Einhäuptige und ankerlose Schalung,
Bildquelle: PERI

■ 1.6 Unterrüstungen

Der bei waagerechten und geneigten Schalungen durch die Unterkonstruktion weitergeleitete Frischbetondruck wird durch die *Unterrüstung* punktförmig nach unten abgetragen.



Funktion der Unterrüstung

Punktförmige Aufnahme des durch die Unterkonstruktion weitergeleiteten Frischbetondrucks bei waagerechten und geneigten Schalungen

1.6.1 Unterrüstung waagerechter Schalungen

Die Unterrüstung waagerechter (und auch geneigter) Schalungen erfolgt durch:

- konventionelle *Holzstempel* aus Kantholz oder Rundholz und Keilen (DINEN 1995-1-1 Holzbauten) einschließlich räumlicher Aussteifung durch Verbände in Längs- und Querrichtung. Holzstempel werden dann verwendet, wenn die Unterrüstung mit Systemteilen nicht möglich ist, z. B. bei zu großen Einzellasten oder ungünstigen Höhen.
- *Baustützen* (s. Abschnitt 2.8), Systeme mit Stützbeinen und Gabelköpfen (Bild 1.17); auch diese müssen in Längs- und Querrichtung durch Verbände ausgesteift werden.

- Traggerüsttürme verschiedener Systeme; dies sind räumliche Rahmenkonstruktionen aus Stahl oder Aluminium, welche aus einzelnen Rahmenteilen zu räumlichen Fachwerkrahmen zusammengebaut werden. Mit Traggerüsttürmen können auch sehr große Höhen überwunden werden, wie z.B. bei Traggerüsten für Brücken-Überbauten. Traggerüsttürme werden in Kapitel 10 behandelt, Brückenschalungen in Kapitel 12, Tunnelschalungen findet man in Kapitel 13.



Bild 1.17

Unterrüstung einer Deckenschalung durch Baustützen mit Stützbeinen, Bildquelle: PERI

1.6.2 Unterrüstung geneigter Schalungen

Geneigte Schalungen können mit den gleichen Systemen unterrüstet werden wie waagerechte Schalungen. Allerdings sind zusätzliche Vorkehrungen zu treffen.

Die Unterrüstung *geneigter Decken* ist besonders sensibel zu behandeln, denn hier treten planmäßige Horizontallasten auf. Eine *schräge Deckenschalung* wie in (Bild 1.18) wird nach rechts (oben) ausweichen wollen und muss deshalb entsprechend ausgesteift und gesichert werden. Diese Problematik tritt praktisch bei der Herstellung jeder schrägen Treppenlaufplatte oder Rampenplatte auf.

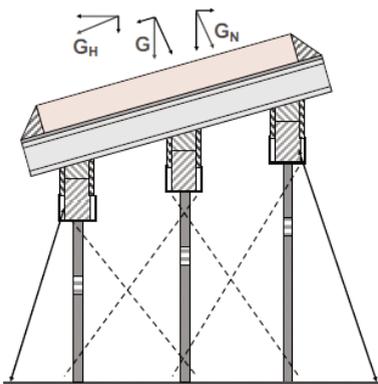


Bild 1.18

Geneigte Deckenschalung

Die horizontalen Komponenten der Hangabtriebskraft und der senkrecht zur Schalfläche wirkenden Normalkraft (schiefe Ebene) heben sich in ihrer Summe rechnerisch zwar auf, doch ist weder der flüssige Beton noch die Schalung ein so homogener Körper, dass sich die Horizontalkräfte am Gesamtsystem einer solchen Schalung aufheben.

So wird ein Teil der Hangabtriebskraft über Reibung auf die Schalung abgetragen, ein Teil baut einen quasi hydrostatischen Druck auf die untere Abschalung auf. Dieser hydrostatische Druck könnte z.B. auch auf eine unten bereits stehende Wand, folglich gar nicht auf die Schalung, wirken.

In jedem Fall muss der Frischbetondruck an der Oberseite der Decke gleich Null sein, sonst würde der Beton nach unten wegfließen. Bei entsprechend weicher Konsistenz des Betons geschieht dies tatsächlich. So können Decken mit einem Neigungswinkel größer als 20° in der Regel nicht in einem Arbeitsgang betoniert werden. Die Oberseite muss dann frisch auf frisch mit einem steifen Mörtel nachgearbeitet und abgeschleibt werden.

Die Größe des auf die Schalung wirkenden Frischbetondrucks entspricht nicht nur der hydrostatischen Druckhöhe über die Deckenstärke, sondern schon beim Betonieren entsteht ein Frischbetondruck in Abhängigkeit der Betonkonsistenz und der wirkenden Reibungskräfte, welcher sich über die Gesamthöhe der schrägen Deckenplatte entwickeln kann.

Somit ist der auf die Schalung wirkende Frischbetondruck immer höher als der hydrostatische Druck entsprechend der Deckenstärke, aber in der Regel geringer als ein Frischbetondruck entsprechend der Gesamthöhe der Deckenkonstruktion. Über die tatsächliche Höhe des Frischbetondrucks bei solchen schrägen Decken liegen keine genauen Erkenntnisse vor. Im Zweifelsfall muss die Schalung für einen Frischbetondruck auf der sicheren Seite bemessen werden.

Dies bedeutet, die Schalung ist in jedem Fall in sich kraftschlüssig zu verbinden und nach beiden Seiten nicht nur auszusteifen, sondern zur Abtragung der Horizontalkräfte abzustützen.



Die Unterstützung einer Deckenschalung ist prinzipiell als Traggerüst im Sinne der DIN EN 12812 anzusehen.

■ 1.7 Elemente zur Lagesicherung

Elemente zur Lagesicherung werden benötigt, um die Schalung vor, während und kurz nach dem Betonieren zu sichern und auszurichten. Sie müssen insbesondere die durch die Windbelastung auftretenden Zug- und Druckkräfte aufnehmen.



Funktionen der Elemente zur Lagesicherung

- Ausrichtung und Lagesicherung der Schalung vor, während und nach dem Betonieren
- Aufnahme von Druck- und Zugkräften, insbesondere durch Wind

1.7.1 Lagesicherung lotrechter Schalungen

Zur lotrechten und fluchtgerechten Ausrichtung einer Schalung vor, während und nach dem Betonieren müssen spindelbare Abstützungen vorgesehen werden (Bild 1.19). Sie übernehmen ausdrücklich nicht die Abtragung des Frischbetondrucks.

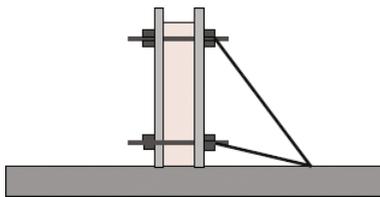


Bild 1.19

Einseitige Abstützung lotrechter Schalung
(Zug und Druck)

Neben der Ausrichtung der Schalung müssen die seitlichen Abstützungen jedoch alle äußeren, meist horizontalen Kräfte aufnehmen, insbesondere *Windlasten*, und zwar in jedem Bauzustand. Sobald es jedoch zu Imperfektionen kommt, z. B. durch unplanmäßige *Schiefstellungen*, entstehen zusätzliche, auch vertikale und dabei nach oben wirkende Kräfte wie *Auftrieb* u. a. Es muss überprüft werden, ob ein System wie in Bild 1.19 standsicher ist oder ob eine Verankerung nach unten erforderlich wird.

Für den Anschluss von zugbeanspruchten Stützen ist ein fester Untergrund erforderlich. Ist zum Beispiel keine Bodenplatte vorhanden, kann auf dem Baugrund lediglich eine *Druckstütze* abgestützt werden. Dann sind Abstützungen nach beiden Seiten erforderlich (Bild 1.20). Dies ist jedoch in den einzelnen Bauzuständen schwierig umzusetzen, da die Wand ja von einer Seite her bewehrt werden muss.

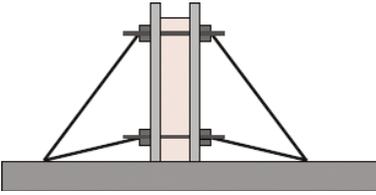


Bild 1.20
Beidseitige Abstützung lotrechter Schalung (Druck)

Als Alternative zu Druckstützen beidseitig bietet sich die Verankerung von *Zug- und Druckstützen* auf Beton-Fertigteilelementen an (Bild 1.21). Diese Fertigteile müssen jedoch in ihrer Größe so bemessen sein, dass sie durch ihr Gewicht einer Windbelastung mit ausreichender Sicherheit Widerstand leisten können. Insbesondere bei hohen Schalungen bedeutet die Sicherung gegen *Windlasten* einen verhältnismäßig hohen Aufwand.

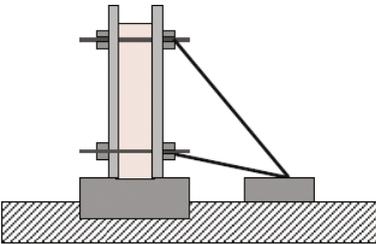


Bild 1.21
Abstützung lotrechter Schalung (Zug und Druck)

1.7.2 Lagesicherung waagerechter und geneigter Schalungen

Zur Abstützung und Sicherung waagerechter Schalungen vor, während und nach dem Betonieren stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Um Baustützen während der Montage gegen Umkippen zu sichern, werden *Stützbeine* verwendet (Bild 1.17). Zur Aussteifung der Unterrüstung durch Verbände mit Schalbrettern können *Verschwertungsklammern* verwendet werden (Bild 1.22).

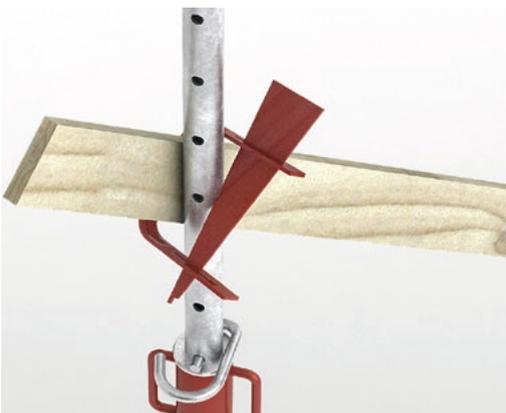


Bild 1.22
Verschwertungsklammer,
Bildquelle: Ischebeck

Für Deckenschalungen am freien Deckenrand sowie schräge Deckenschalungen sind Maßnahmen gegen ein seitliches Verschieben zu ergreifen. Dazu kann die Unterkonstruktion mit Zug- und Druckstützen (Bild 1.23) oder durch Abspannungen nach unten abgesichert werden. Eine weitere Möglichkeit bietet der Einsatz von Traggerüsttürmen mit integrierten Aussteifungsrahmen, die in Kapitel 10 behandelt werden.



Bild 1.23 Deckenrandtisch mit Seitenschutzgeländer, gesichert durch Zug- und Druckstützen, Bildquelle: NOE

■ 1.8 Sicherheitseinrichtungen

Schalarbeiten unterliegen einer Vielzahl an Vorschriften und Richtlinien hinsichtlich der Arbeitssicherheit. Demnach verfügen Schalungssysteme über Sicherheitseinrichtungen, die das Einrichten von Arbeitsplätzen an und auf der Schalung ermöglichen und ausreichenden Schutz gegen Absturz bieten.



Funktion der Sicherheitseinrichtungen

- Sichere Arbeitsplätze an und auf der Schalung
- Absturzsicherung

1.8.1 Sicherheitseinrichtungen an lotrechten Schalungen

Von Konsolgerüsten aus, die an der Wandschalung angebracht werden (Bild 1.24), können Arbeiten durchgeführt werden wie das Verbinden einzelner Schalelemente, das Bedienen von Ankerstellen sowie das Betonieren. Dabei ist zu beachten, dass an den oberen Arbeitsplätzen ab einer Absturzhöhe von mehr als 2,00 m auch auf der gegenüberliegenden Seite ein *Schutzgeländer* vorzusehen ist.



Bild 1.24

Wandschalung mit fest montierter Sicherheitseinrichtung, Bildquelle: PASCHAL

Für das Anbringen von Aussparungen und Einbauteilen an der Schalung sowie die Bewehrungsarbeiten werden *Standgerüste* verwendet. Nach Fertigstellung der Bewehrungsarbeiten wird das Standgerüst umgesetzt und die Schalung geschlossen.

1.8.2 Sicherheitseinrichtungen an waagerechten Schalungen

An Deckenschalungen müssen für den Aufbau, das Bewehren und Betonieren *Absturzsicherungen* vorgesehen werden. Hierzu wird an den freien Rändern der Schalung ein *Seitenschutz* angebracht (Bild 1.23 und Bild 1.25). Um Abstürze beim Aufbau von oben zu vermeiden, können je nach System Absturzgitter eingesetzt werden. Alternativ kann eine *persönliche Schutzausrüstung* gegen Absturz (PSAgA) verwendet werden.

Alle Arbeits- und Schutzgerüste, ihre Bemessung und Ausführung sind in DIN 4420 geregelt. Es gibt kaum eine Bauaufgabe, wo wir es nicht mit dem Einsatz von Arbeits- und Schutzgerüsten zu tun haben, insbesondere die Schalarbeiten sind ohne Gerüste kaum denkbar. Dennoch wird leider viel zu oft an Gerüsten gespart. Die Beschäftigten müssen oft an den Schalungen herumklettern und mit dem Einsatz ihrer Gesundheit ihre Arbeit verrichten.



Bild 1.25 Modul-Deckenschalung mit Seitenschutz und Fallschutzgitter, Bildquelle: ULMA

Dies hat dazu geführt, dass viele Arbeiter sich daran gewöhnt haben, mit der Gefahr zu leben, oft auch gar nicht bereit oder zu bequem sind, sich und andere durch Gerüste und andere *Sicherheitsmaßnahmen* zu schützen. Von vielen Verantwortlichen in Geschäftsleitung und Bauleitung werden Schutzmaßnahmen oft vernachlässigt und nur als unnötige Kostenfaktoren angesehen. Dagegen ist jedoch festzustellen, dass die durch einen Unfall verursachten Kosten, auch und gerade für ein Unternehmen, wesentlich höher sein können als einfache und systematische Sicherheitsvorkehrungen.

Eine Übersicht gängiger Arbeits- und Schutzgerüste ist in Kapitel 11 dargestellt.

2

Grundlagen der Bemessung

Schalungen und Gerüste sind aus verschiedenen Materialien zusammengesetzte Konstruktionen. Schalungshaut und Unterkonstruktion bestehen in der Regel aus Holz, können nicht selten aber auch Stahlteile enthalten. Grundlage der Bemessung wird also gewöhnlich die DIN EN 1995-1-1 Eurocode 5 „Bemessung und Konstruktion von Holzbauten“ sein, in manchen Fällen auch die DIN EN 1993-1-1 Eurocode 3 „Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten“.

Waagerechte und geneigte Deckenschalungen mit ihren Unterrüstungen sind in jedem Fall als *Traggerüste* anzusehen. Genauso stellen auch lotrechte Wand- und Stützenschalungen mit ihren Abstützungen und Arbeitsgerüsten Traggerüste dar. So müssen alle Schalungen und Gerüste, die in irgendeiner Form als *Arbeitsgerüste* genutzt werden, der DIN 4420 „Arbeits- und Schutzgerüste“ entsprechen und gleichzeitig als Traggerüste der DIN EN 12812 „Traggerüste“ genügen. Die Bemessung von Schalungen und Gerüsten erfolgt in erster Linie nach der Holzbaunorm DIN EN 1995-1-1 und den anderen Normen, in zweiter Linie nach der Traggerüstnorm DIN EN 12812.

In diesem Kapitel sind die wichtigsten Grundlagen für die Bemessung von Schalungen und Gerüsten zusammengetragen. Behandelt werden die Bemessung nach den neuen Normen für Traggerüste DIN EN 12812 und für Holzbauten DIN EN 1995-1-1, soweit diese auf Schalungskonstruktionen anzuwenden ist.

Die für die Lastannahmen wichtige Berechnung des *Frischbetondrucks* nach der aktuellen Norm DIN 18218 wird ebenso dargestellt wie der Nachweis der *Ebenheitstoleranzen* nach der neuen Norm DIN 18202, der für die Bemessung von Schalungskonstruktionen von Bedeutung ist.

Schalungsplatten sind nach verschiedenen Normen geregelt und werden hier auf der Grundlage der DIN EN 1995-1-1 „Holzbauten“ behandelt. Weitere wesentliche Elemente von Schalungskonstruktionen sind *Holzschalungsträger* (DIN EN 13377), *Baustützen* (DIN EN 1065) und *Schalungsanker* (DIN 18216). Deren Bemessung wird hier im Einzelnen erläutert.



Die wichtigsten Normen für den Schalungsbau

- DIN EN 338:2016-07 „Bauholz für tragende Zwecke – Festigkeitsklassen“
- DIN EN 636:2015-05 „Sperrholz – Anforderungen“
- DIN EN 1065:1998-12 „Baustützen aus Stahl mit Ausziehvorrückung – Produktfestlegung, Bemessung und Nachweis durch Berechnung und Versuche“
- DIN EN 1991-1-1:2010-12 Eurocode 1 „Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau“
- DIN EN 1993-1-1:2015-10 (2020-08 Entwurf)/A1:2014-07/NA:2018-12 Eurocode 3 „Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten“
- DIN EN 1995-1-1:2010-12/A2:2014-07/NA:2013-08 Eurocode 5 „Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau“
- DIN EN 12812:2008-12 „Traggerüste – Anforderungen, Bemessung und Entwurf“
- DIN EN 13353:2011-07 (2021-01 Entwurf) „Massivholzplatten – Anforderungen“
- DIN EN 13377:2002-11 „Industriell gefertigte Holzschalungsträger aus Holz“
- DIN 18216:2021-02 „Schalungsanker für Betonschalungen – Anforderungen, Prüfung, Verwendung“
- DIN 4420:2004-03 „Arbeits- und Schutzgerüste Teil 1: Schutzgerüste – Leistungsanforderungen, Entwurf, Konstruktion und Bemessung; 2006-01 Teil 3 Ausgewählte Gerüstbauarten und ihre Regelausführungen“
- DIN 18202:2019-07 „Toleranzen im Hochbau; Bauwerke“
- DIN 18218:2010-01 „Frischbetondruck auf lotrechte Schalungen“
- DIN 68705-2:2016-03 „Sperrholz, Teil 2: Stab- und Stäbchensperrholz für allgemeine Zwecke“
- DIN 68791:2016-08 „Großflächen-Schalungsplatten aus Stab- und Stäbchensperrholz für Beton und Stahlbeton“
- DIN 68792:2016-08 „Großflächen-Schalungsplatten aus Furniersperrholz für Beton und Stahlbeton“

■ 2.1 Bemessung nach DIN EN 12812

Die statische Berechnung besteht aus dem Nachweis der Tragfähigkeit und dem Nachweis der Gebrauchstauglichkeit.

2.1.1 Tragfähigkeitsnachweis

Beim *Tragfähigkeitsnachweis* muss nachgewiesen werden, dass die Einwirkungen E_d kleiner oder gleich dem Bemessungswiderstand R_d sind.

$$E_d \leq R_d \quad (2.1)$$

$E_d = Q_d$ Bemessungswert maßgebender Schnittgrößen/Einwirkungen

R_d Bemessungswiderstand des nutzbaren Widerstands

Auf Grundlage der charakteristischen Werte für die *Einwirkungen* ist der Bemessungswert der Einwirkung $Q_{d,i}$ für mehrere Lastfallkombinationen zu berechnen.

$$Q_{d,i} = \sum \gamma_{F,i} \cdot \psi_i \cdot Q_{k,i} \quad (2.2)$$

$\gamma_{F,i}$ Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen, für ständige Einwirkungen wie Eigenlasten (Q_1) gilt

$\gamma_{F,i} = 1,35$, für sonstige Einwirkungen (Q_2 bis Q_9) $\gamma_{F,i} = 1,50$

ψ_i Lastkombinationsfaktor für die Einwirkungen „i“ nach DIN EN 12812

$Q_{k,i}$ charakteristischer Wert der Einwirkungen „i“ (= Belastung)

Für verschiedene Einwirkungen $Q_{k,i}$ sind nach DIN EN 12812 für alle *Lastfälle* die *Lastkombinationsfaktoren* ψ_i in Tabelle 2.1 angegeben. Die Einwirkungen werden unterschieden in direkte und indirekte Einwirkungen.

Tabelle 2.1 Lastfallkombinationsfaktoren ψ_i nach DIN EN 12812

Einwirkung	LF 1	LF 2	LF 3	LF 4
Q_1 Ständige Einwirkungen	1,0	1,0	1,0	1,0
Q_2 Veränderliche andauernde vertikale Einwirkungen	0	1,0	1,0	1,0
Q_3 Veränderliche andauernde horizontale Einwirkungen	0	1,0	1,0	0
Q_4 Veränderliche kurzzeitige Einwirkungen	0	1,0	0	0
Q_5 Maximaler Wind	1,0	0	1,0	0
Q_5 Arbeitswind	0	1,0	0	0
Q_6 Einwirkungen durch fließendes Wasser	0,7	0,7	0,7	0,7
Q_7 Erdbebenbelastung	0	0	0	1,0
Q_8 Temperatur	0	1,0	1,0	1,0
Q_8 Setzungen	0	0	1,0	1,0
Q_8 Vorspannung	0	0	1,0	1,0
Q_9 Weitere Lastfälle	0	1,0	1,0	1,0

Direkte Einwirkungen sind:

- Q_1 Eigenlasten:
Traggerüst, Schalung, Ballast

- Q_2 veränderliche andauernde Vertikallasten:
Beton einschließlich Bewehrung (Frischbeton 26 kN/m^3),
Lagerflächen (min. $1,5 \text{ kN/m}^2$),
Belastungen durch Bauarbeiten – Arbeitskräfte (min. $0,75 \text{ kN/m}^2$),
Schnee und Eis
- Q_3 veränderliche andauernde Horizontallasten:
hier ist eine Horizontallast in Höhe von 1 % der Vertikallasten am
Angriffspunkt der Vertikallasten Q_2 anzusetzen
- Q_4 veränderliche kurzzeitige Lasten:
Zusatzlast für Belastung mit Ortbeton: Sofern Ortbeton eingebaut wird,
muss zusätzlich zu den Belastungen durch Bauarbeiten – Arbeitskräfte
(Q_2) eine weitere Verkehrslast in Höhe von 10 % der Eigenlast des Betons,
mindestens jedoch $0,75 \text{ kN/m}^2$, maximal $1,75 \text{ kN/m}^2$ auf eine quadrati-
sche Fläche von $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ Grundrissgröße angesetzt werden, Betondruck
nach DIN 18218
- Q_5 maximaler Wind
- Q_5 Arbeitswind: Staudruck von 200 N/m^2
- Q_6 fließendes Wasser und Treibgut
- Q_7 seismische Einwirkungen

Indirekte Einwirkungen sind:

- Q_8 sonstige Lasten: Temperatur, Setzungen, Vorspannung
- Q_9 alle anderen Einwirkungen

Für Traggerüste sind gemäß DIN EN 12812 folgende *Lastfallkombinationen* zu untersuchen (Tabelle 2.2):

Tabelle 2.2 Lastfallkombinationen nach DIN EN 12812

Lastfall	Baustellenbedingungen
Lastfall 1	Traggerüst ohne Last, z. B. vor dem Betonieren, bzw. vor dem Belasten
Lastfall 2	Traggerüst während des Aufbringens der Last, z. B. während des Betonierens
Lastfall 3	Traggerüst mit Last
Lastfall 4	Traggerüst mit Last unter Erdbebenbelastung

Die folgenden Ausführungen entsprechen Lastfall 2. Für die Einwirkungen Q_1 bis Q_4 und Q_5 Arbeitswind sowie Q_8 Temperatur und Q_9 Weitere Lastfälle gilt $\psi_i = 1,0$,