

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

DIPLOMARBEIT

Master's Thesis

Moderne Gleitschalsysteme

Modern slipform systems

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs
unter der Leitung von

O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Hans Georg Jodl

und als verantwortlich mitwirkender Assistent

Univ. Ass. Dipl.-Ing. Daniel Resch

am

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement

E 234/1

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Martin Andonov

0227381

Tscheschitska Str. 10
4701 Smolyan, Bulgarien

Wien, Januar 2010

.....
(Unterschrift: Martin Andonov)

Vorwort

Die vorliegende Diplomarbeit entstand am Institut für interdisziplinäre Bauprozessmanagement der TU Wien, im Rahmen einer Doppel-Degree Studiums zwischen der Universität für Architektur, Bauwesen und Geodäsie Sofia und der Technischen Universität Wien. Diese Arbeit bildet den Abschluss meines zweiten Bauingenieurstudiums mit Vertiefung in Richtung "Verkehrsbauwesen".

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Univ. Prov. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hans Georg Jodl und dem verantwortlich mitwirkenden Assistenten Univ. Ass. Dipl.-Ing. Daniel Resch, für deren Betreuung und eingebrachten Anregungen die wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Mein Dank gilt ebenso Herrn Dipl.-Ing. Bernd Reitmaier seitens der Gleitbau GmbH Salzburg, für die gegebene Gelegenheit zwei Gleitbauobjekte zu besuchen und die Bereitstellung an Informationsmaterial.

Für Ihre Unterstützung während meines Studiums bedanke ich mich ebenso bei allen Dozenten seitens des Lehrstuhls für Verkehrsbauwesen an der UABG-Sofia und bei allen seitens der TU Wien am Doppel- Diplom Programm beteiligten Professoren.

Zuletzt bedanke ich mich zutiefst bei meiner Familie, ohne deren uneingeschränkte finanzielle Unterstützung die Absolvierung auch meines zweiten Studiums nicht möglich gewesen wäre.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	IV
Abstract.....	V
Abkürzungsverzeichnis.....	VI
1. Einleitung	1
1.1 Anwendungsbeispiele der Gleitschalung	1
1.1.1 Schornsteine (Kamine).....	1
1.1.2 Hochhauskerne	1
1.1.3 Brückenpfeiler	2
1.1.4 Bohrplattformen.....	3
1.1.5 Siloanlagen	4
1.1.6 Behälter.....	5
1.1.7 Fernseh- und Fernmeldeturme	5
1.2 Firmenübersicht	6
2. Geschichte der Gleitschalung.....	11
3. Arten von GS	13
3.1 Betonierrichtungen.....	13
3.1.1 Horizontale GS.....	13
3.1.2 Vertikale GS	14
3.1.3 Geneigte GS	15
3.2 Betonquerschnittsform	16
3.3 Anzahl der Betonansichtsflächen.....	16
3.3.1 Einhäuptige GS	16
3.3.2 Zweihäuptige GS.....	17
3.4 Sonderformen der GS.....	17
3.5 Beschreibung der Kletterschalmethode	17
3.6 Vor – und Nachteile der Gleitschalung	20
3.6.1 Vorteile der GS.....	20
3.6.2 Nachteile	20
4. Elemente der GS	21
4.1 Schalhaut	21
4.1.1 Holz.....	21
4.1.2 Schichtenholz (Sperrplatt).....	22
4.1.3 Stahl	22
4.1.4 Kunststoff	22
4.2 Kletterstangen.....	23

4.2.1	Stahlstäbe	23
4.2.2	Stahlrohre	24
4.3	Klettergeräte	24
4.3.1	Hydraulische Klettergeräte	25
4.3.2	Mechanische Klettergeräte	28
4.4	Gleitböcke	28
4.5	Arbeitsbühnen	31
4.6	Nachlaufbühnen	31
4.7	Obere Hilfsbühne	33
4.8	Aussteifungskonstruktion	33
4.9	Weitere Bestandteile der GS	35
4.9.1	Öldruckpumpe	35
4.9.2	Kletterstangenziehgerät	36
4.9.3	Beleuchtung	36
4.9.4	Blitzschlag	36
5.	Funktionsweise der GS	37
5.1	Montage der Schalung	37
5.2	Gleitzyklus	39
5.3	Betontechnologie	41
5.3.1	Beton	41
5.3.2	Bewehrung	43
5.3.3	Nachbehandlung	45
5.4	Konische Bauwerke	45
5.5	Aussparungen und Einbauteile	52
5.6	Lot- und Maßkontrolle	54
5.7	Unterbrechung des Arbeitslaufes	56
5.8	Demontage der Schalung	57
6.	Anwendung der Gleitschalung	58
6.1	Schalungsdruck	58
6.2	Schalungsreibung	59
6.2.1	Gleitreibung	59
6.2.2	Haftreibung	59
7.	Logistik bei GS	61
7.1	Personal	61
7.2	Materialtransport	61
7.2.1	Kran	62
7.2.2	Seilwinde	62

7.2.3	Pumpe	64
7.3	Versorgung	64
7.4	Energie	65
7.5	Witterung	65
7.6	Arbeitsschutz	65
8.	Wirtschaftlichkeit der GS	67
8.1	Niedriger Hochbau	70
8.2	Hochhaus	71
8.3	Bohrplattform	72
8.4	Schornstein	72
8.5	Kühlturm	73
8.6	Silo	74
8.7	Behälter (Tanks)	74
8.8	Faulbehälter	75
8.9	Fernsehturm	75
8.10	Windkraftturm	76
8.11	Talsperre	77
8.12	Brückenpfeiler	77
8.13	Tunnel	78
8.14	Schachtverkleidung	78
8.15	Caisson	78
8.16	Wasserbehälter (Türme)	79
8.17	Industriebauten	79
8.18	Zusammenfassung	80
9.	Zusammenfassung und Ausblick	83
	Quellenverzeichnis	84
	Abbildungsverzeichnis	90
	Tabellenverzeichnis	92
	Anhang	93
	Tabellen ausgewerteter, erbauten Anlagen	i
	Schalungswörterbuch	xiv
	Lebenslauf	xv

Kurzfassung

Die Gleitschalung stellt eine Sonderform der Schalungssysteme dar. Im Unterschied zu herkömmlichen Schalungssystemen gleitet die Gleitschalung über den eingebauten Beton. Dies geschieht in einem kontinuierlichen Bauablauf, welcher sich aus den Arbeitsschritten Herstellen von Aussparungen, Einbau von Einbauteilen, Bewehren und Betonieren zusammensetzt. Üblicherweise erfolgt der Einsatz der GS im Schichtbetrieb. In dieser Arbeit werden die einzelnen Arbeitsschritte genau beschrieben. Angeführte Beispiele aus der Praxis verdeutlichen das Einsatzgebiet der GS.

Die GS-Technik eignet sich vor allem für die Herstellung von monolithischen Stahlbetonbauwerken. Weiters ist es möglich Bauteile mit veränderlichem Querschnitt der Höhe nach und veränderlicher Betonwandstärke auszuführen. Heute wird die GS-Technik vor allem bei der Herstellung von Schornsteinen, Hochauuskernen, Silos und Brückenpfeilern angewendet.

Die Schalungsausrüstung der GS unterscheidet sich grundlegend von herkömmlichen Schalungssystemen. Hauptbestandteile sind die Schalhaut, Kletterstangen, Klettergeräte, Gleitböcke und Arbeitsbühnen. Die einzelnen Bestandteile werden in dieser Arbeit ausführliche beschrieben.

Für das Gleiten ist es erforderlich, dass der eingebaute Beton während des Gleitens abbindet und angekommen am unteren Ende der GS über eine ausreichende Festigkeit verfügt. Aus diesem Grund ist eine, auf die äußeren Randbedingungen abgestimmte, Betonrezeptur unabdingbar.

Die Vorteile der GS liegen im schnellen Baufortschritt bei geringem Platz- und Personalbedarf sowie in der Herstellung ankerloser, homogener Betonoberflächen ohne Fugenausbildungen. Nachteilig wirken sich der 24-Stunden-Schichtbetrieb, aufwändige Bewehrungseinbauteile, sowie eine eingeschränkte Oberflächenqualität des Betons auf die Wirtschaftlichkeit der GS aus.

Zur Erleichterung der Bestimmung der Wirtschaftlichkeit des GS-Systems für unterschiedliche Bauvorhaben werden Auswertungen von ausgeführten Bauobjekten der Höhe nach angegeben.

Abstract

The slipform (SF) represents a special form of the shuttering systems. In contrast to the conventional formwork systems the slipform slips over the laid concrete. This takes place in a continuous construction sequence that consists of installing of formwork for recesses, mounting of parts, reinforcing and concreting. Usually the operation of the SF happens with working shifts. In this thesis the working steps are described in detail. Instanced examples from the praxis explains the application of the SF.

The SF-technique is suitable especially for construction of monolithic reinforced concrete constructions. Furthermore is possible to construct facilities with variable cross sections with the rising height and with variable thickness of the concrete walls. Nowadays the SF-technique is used primarily for constructing of chimneys, building cores, silos and bridge piers.

The shuttering equipment of the SF distinguishes essentially from the traditional formwork systems. The main components are forms, jack rods, jacks, yokes and working decks. The individual components are described in details within this work.

For the sliding process it is necessary that the poured concrete cures during the sliding and that it has enough strength when it comes out from the lower edge of the SF. Because of this reason a concrete formula, calibrated with the external conditions, is necessary.

The advantages of the SF are the fast construction process using less place and personal and also the creation of homogeneous concrete surfaces without gaps and technological openings. Unfavorable for the efficiency of the SF are the 24 hours shift works, the complex process of reinforcing and the limited quality of the concrete surface.

To determine the efficiency of the SF-system used for different construction projects are drawn conclusions about the construction heights of already build projects.

Abkürzungsverzeichnis

GS	Gleitschalung
KS	Kletterschalung
Aufl.	Auflage
u.a.m.	und andere(s) mehr
DA	Diplomarbeit
z.B.	zum Beispiel
Abb.	Abbildung
ggf.	gegebenenfalls
u.U.	unter Umständen
d.h.	das heißt
LNG	Liquified Natural Gas
s.g.	so genannt
bzw.	beziehungsweise
Std.	Stunde
s.	siehe
Vgl.	vergleiche
Pkt.	Punkt (Unterpunkt)
lfm	pro Laufmeter
SF	slipform

[*] Verweis im Literaturverzeichnis

1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Beschreibung der Anforderungen bei der Anwendung der Gleitschal-Methode. Die Gleitschalung (GS) verfügt, im Unterschied zur Kletterschalung (KS), über einen kontinuierlichen Bauablauf, bestehend aus Bewehren, Schalen und Betonieren. Der Gleitvorgang der Schalung erfolgt mit Kletterstangen, wodurch das sonst übliche Umsetzen der Schalung entfällt. Der Beton bindet während des Gleitens ab und muss am unteren Ende der Schalung eine ausreichende Festigkeit besitzen.

Den Abschluss dieser Arbeit bilden Angaben bezüglich der Wirtschaftlichkeit und der Anwendungsgrenzen der Gleitschalungstechnik.

1.1 Anwendungsbeispiele der Gleitschalung

Im Folgenden werden anhand von ausgeführten Bauvorhaben die Anwendungsmöglichkeiten der GS aufgelistet.

1.1.1 Schornsteine (Kamine)

Zahlreiche Schornsteine werden mit einer konischen GS hergestellt (s. Pkt. 5.4). Ein Beispiel hierfür ist der Schornstein des „Ponte“ Kohlenkraftwerkes in Spanien (La Coruña). Dieser ist mit 356 m einer der höchsten Schornsteine der Welt. Der Durchmesser am tiefsten Punkt beträgt 36 m und verjüngt sich bis auf 18 m an der Spitze. Die Inbetriebnahme des Schornsteines erfolgte 1979. (Abb. 1)



Abb. 1 Schornstein des Kohlenkraftwerkes „Ponte“ [2.56]

1.1.2 Hochhauskerne

Bei der Herstellung von Hochhauskernen kommt sehr oft die GS zum Einsatz. Als Beispiel hierfür wird der 1990 fertiggestellte Messeturm in Frankfurt (am Main) angeführt. Im Gegensatz zum Hochhauskern wurden dort die Außenwände mittels Kletterschalung (KS) hergestellt. Abb. 3 zeigt das Bauwerk während des Baus.

Die Schalung des Kerns wurde von 250 Schalungsböcken getragen. Die Hubzylinder wurden dabei durch 4 Hydraulikzentralen gesteuert.

Das Gebäude besteht aus 63 Stockwerke und 24 Aufzüge, die sich im Kern befinden. Die Gesamthöhe beträgt 256,5 m. Der fertige Wolkenkratzer wird in Abb. 2 dargestellt.



Abb. 2 Ansicht des Messeturmes in Frankfurt [2.49]



Abb. 3 Der Messeturm in Frankfurt. Gleichzeitige Anwendung von GS und KS [2.48]

1.1.3 Brückenpfeiler

Das Gleitschalungssystem wird häufig bei der Herstellung von Brückenpfeilern verwendet. Die „Seo Hae Grand“ Brücke in Südkorea zwischen Dangjin und Pyongtaek besitzt, mit einer Höhe von jeweils 180 m, zwei der höchsten, mit einer GS hergestellten, Brückenpfeiler. Die Brücke mit einer Länge von 7310 m überspannt der Asian Bay. Die Pylone tragen das sich in der Brückenmitte befindende Schrägseilbrückentragwerk, mit einer Hauptöffnung von 470 m. Die Verkehrsfreigabe erfolgte im Jahr 2000. [2.53]



Abb. 4 Seo Hae Brücke, Südkorea [2.54]

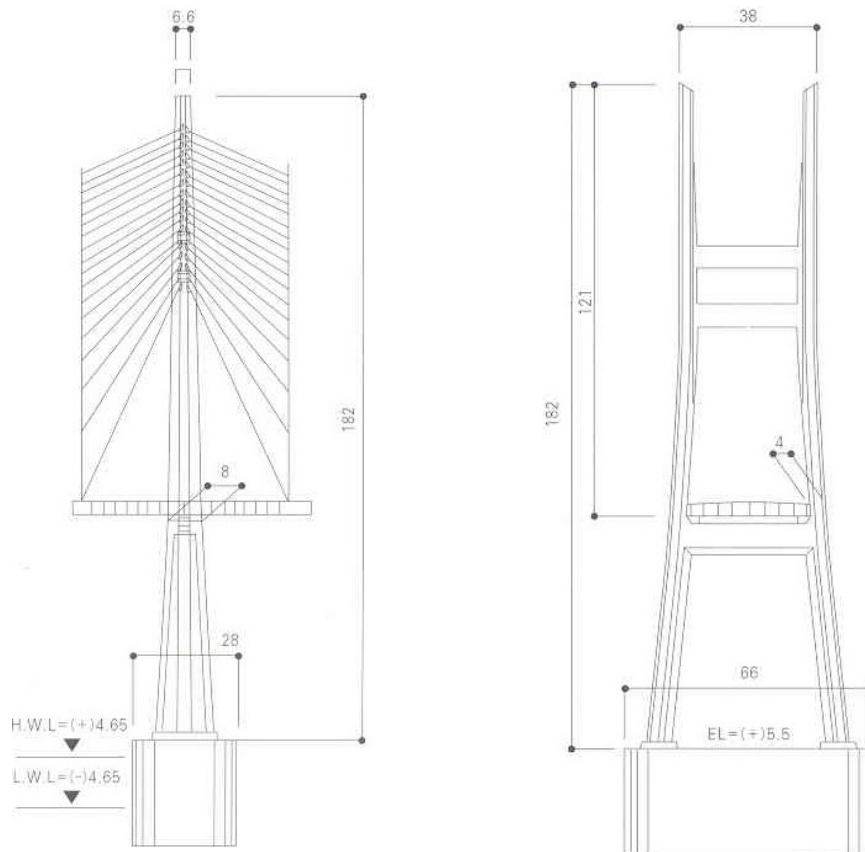


Abb. 5 Schema der Seo Hae Brücke [2.52]

1.1.4 Bohrplattformen

Für wasserdichte, hohe und schlanke Konstruktionen kommt ebenfalls die GS zur Anwendung. Die Gasbohrplattform Troll A (im norwegischen Nordmeer) wurde 1996 in Betrieb genommen. Die Gesamthöhe beträgt 472 m. Die Gasplattform wird von 4 Beinen (Betonpfeiler) mit einer Höhe von ca. 300 m getragen. Die Betonpfeiler stehen auf einer ca. 70 m hohen Basis, wodurch sich eine Gesamthöhe der Betonkonstruktion von 369 m ergibt. Die Betonarbeiten wurden 1994 fertiggestellt.

Die Wanddicke der „Beine“ variiert zwischen ca. 0,7 m und ca. 3,0 m. Das Betonvolumen beträgt 245.000 m^3 . Die Herstellung erfolgte mit einem Beton der Festigkeitsklasse C80/95. Weiters wurde Bewehrungsstahl mit einem Gesamtgewicht von 100.000 t eingebaut. Es wurden vorgebogene Stahlschüsse mit 30 mm Durchmesser verwendet.



Abb. 6 Bohrplattforminsel Troll A [2.47]

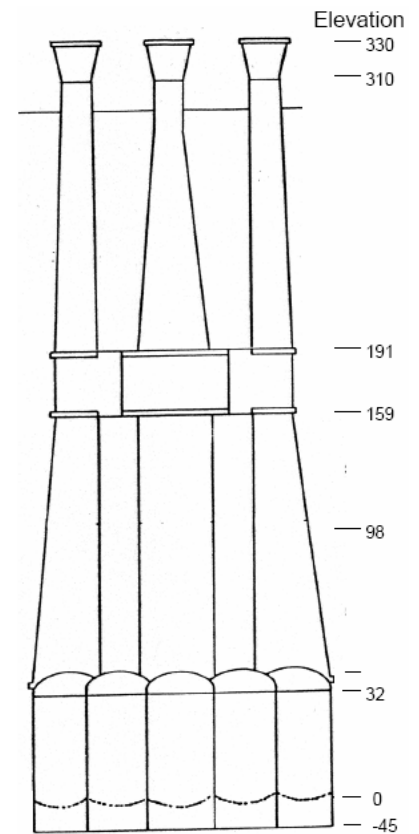


Abb. 7 Bauetappe und Schema der Gasbohrplattform Troll A [2.45, 2.46]

1.1.5 Siloanlagen

Am häufigsten kommt die GS beim Bau von Siloanlagen zum Einsatz. Durch die geschlossene Betonoberfläche werden hohe Steigleistungen der Schalung erzielt.



Abb. 8 Siloanlage in Jebel Ali, VAE (Vereinigte Arabische Emirate) [2.19]

1.1.6 Behälter

Der mit einer GS größte hergestellte Behälter für Flüssigerdgasspeicherung, mit einem Durchmesser von 90 m, befindet sich auf der Insel Grain in Großbritannien.

Die gesamte Speicheranlage besteht aus 3 Behältern, mit je 190.000 m³

Fassungsvolumen. Die Behälterhöhe beträgt 35 m.



Abb. 9 Flüssigerdgasbehälter mit Durchmesser 90 m [2.24]



Abb. 10 Der LNG Tank kurz vor Beendigung der Bauarbeiten [2.24]

1.1.7 Fernseh- und Fernmeldeturme

Das derzeit vermutlich am höchsten „geglittene“ Bauwerk, ist der Fernsehturm in Toronto, Kanada (CN Tower). Die Gesamthöhe des Turms beträgt 553 m. Die Herstellung des Fernsehturms erfolgte bis in eine Höhe von 457 m mittels GS. Die obersten 100 m wurden in Stahlbauweise hergestellt.

Die Bauarbeiten endeten 1976, womit der Turm auch den Weltrekord für das höchste Gebäude aufstellte.

Die Konstruktion wurde vorgespannt gefertigt. Der Grundriss besteht aus einem Sechseck, dessen Wandstärke 60 cm beträgt. Der Kern wird durch 3 Säulen mit abnehmendem Querschnitt gestützt. Das gesamte Betonvolumen beträgt ca. 40.000 m³.

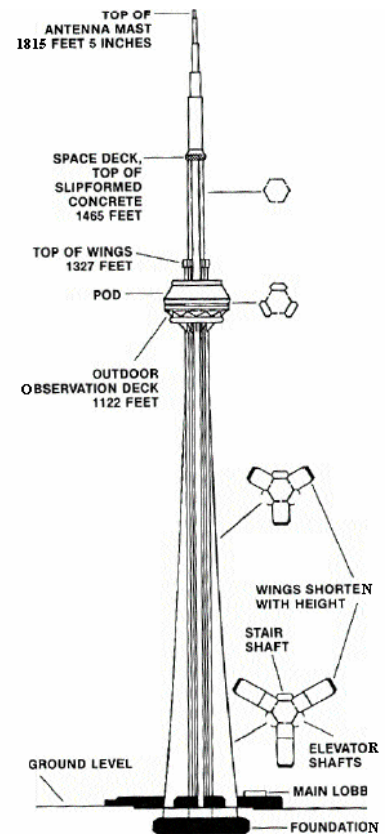


Abb. 11 Der Fernsehturm in Toronto [2.51, 2.50]

1.2 Firmenübersicht

In der folgenden Tabelle werden Betriebe, welche Gleitschalungssysteme herstellen, diese zur Miete anbieten oder diese bei Bauvorhaben einsetzen, aufgelistet.

Die Tabelle enthält Angaben bezüglich:

- Betriebsstandort
- Gründungsjahr der Firma
- Anzahl der mit GS ausgeführten Objekte
- Schalhauthöhe der eingesetzten Gleitschalung
- Hebekraft der Klettergeräte
- Anzahl der ausgeführten Objekte mit veränderlichem Querschnitt (konische GS)
- maximal erreichte Gleithöhe
- Durchmesser der verwendeten Kletterstangen

Grundlage der Tabelle ist eine Internetrecherche.

Weiters ist darauf hinzuweisen, dass es Firmen gibt, die sich auf bestimmte Anlagentypen, z.B. Siloanlagen, spezialisiert haben.

Für die meisten angegebenen Unternehmer ist der Gleitbau nur eine Sparte der angebotenen Bauleistungen.

Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben.

Tab. 1 Liste weltweit tätiger Firmen im Bereich des Gleitbaus

№	Unternehmen	Logo	Land	Internet Seite	Gründungs- jahr ¹	Objekt- anzahl	Schal- haut- höhe [m]	Heberkraft [t]	Hubhöhe pro Takt [mm]	GS mit veränd. Quer- schnitt	Maximale Höhe [m]	Kletter- stangen- diameter [mm]
1	Altac (Alternativas Actuales de Construcción S. L.)		Spanien	www.altac.net	2003		1 - 1.35					
2	Amfah Infrastructures PVT.LTD		Indien	www.amfah.co.in								
3	BEC - Balanced Engineering and Construction		Singapur	www.be-con.com		>197						
4	Beijing GouHe Construction		China	www.ghconstruction.cn	- /1992							
5	Bierrum ²		England	www.bierrum.co.uk	1920							
6	Bitschnau ⁸		Österreich	www.gleitschalung.at	1989		1.08, 1.18			nein		
7	Borfon		USA	www.borfon.biz	1926							
8	Bygging - Uddemann		Schweden	www.bygging-uddemann.se	1943		1 - 1.2	3, 6, 12, 22 bis 400	25	ja	300	
9	Bygging Intercontinental		Ägypten	www.bygginginter.com	1972			3, 6		ja		
10	C. H. Schwertner & Son, Inc.		USA	www.chschwertner.com	1928							
11	Constro Systems		Indien	www.constrosystems.com	1987			6				
12	Continental Construction Company, Inc.		USA	www.continentalconst.com	1977							
13	Cozumsan		Türkei	www.cozumsan.com	1986							
14	DCL - FCL		Bangladesch	www.dcl-fcl.com	1978					nein		
15	Europack			www.europack.lv	2003							

Tab. 1 Liste weltweit tätiger Firmen im Bereich des Gleitbaus (Fortsetzung)

№	Unternehmen	Logo	Land	Internet Seite	Gründungs- jahr ¹	Objekt- anzahl	Schal- haut- höhe [m]	Heberkraft [t]	Hubhöhe pro Takt [mm]	GS mit veränd. Quer- schnitt	Maximale Höhe [m]	Kletter- stangen- diameter [mm]
16	F.P.S. ARCO, Ltd.		Tschechien	www.fpsarco.cz	1991							
17	Fabquip Structural Systems		Australien	www.fabquip.com.au	1967							
18	Frans Eyckmans		Belgien	www.schoorsteenbouw.be								
19	FWS		Kanada	www.fwsgroup.com	1954							
20	Gleitbau Salzburg		Österreich	www.gleitbau.com	1961	>5000		3, 6, 12		ja		27, 34, 48
21	Hamon (Custodis)		USA	www.hamonecustodis.com	1890							
22	Hoffmann Inc.		USA	www.hoffmanninc.com	1940/1980s							
23	Interform		Norwegen	www.interform.as	1968		1.1			ja	260	
24	JSC International LLC		USA	www.jscint.com	1909/2000							
25	Karrena Africa ¹⁰		Südafrika	www.karrena.co.za	1982						275	
26	Kayarkalip		Türkei	www.kayarkalip.com	1969							
27	Kenaidan Contracting Ltd.		Kanada	www.kenaidan.com	1974							
28	Macro Marvel ⁹		Indien	www.macromarvel.com	1964	>250						
29	Marietta Silos LLC		USA	www.mariettasilos.com	1916							
30	Max Bögl		Deutschland	www.max-boegl.de	1929							

Tab. 1 Liste weltweit tätiger Firmen im Bereich des Gleitbaus (Fortsetzung)

Nr	Unternehmen	Logo	Land	Internet Seite	Gründungs- jahr ¹	Objekt- anzahl	Schal- haut- höhe [m]	Heberkraft [t]	Hubhöhe pro Takt [mm]	GS mit veränd. Quer- schnitt	Maximale Höhe [m]	Kletter- stangen- diameter [mm]
31	National Building Construction Corporation Limited		Indien	www.nbccindia.com	1960/1984						277.5	
32	PBL Group LTD.		Thailand	www.pbl-thailand.com	1988							
33	PT. Ciptamega Ariefsejati		Indonesien	www.cmas.co.id								
34	San - Con Industries		USA	www.san-con.com								
35	Scanda		USA	www.scanada.com	1981			3, 6, 22			457	
36	Seth		Portugal	www.seth.pt	1933							
37	SHE Sungh Yun Engineering		China	www.sunghyunform.co.kr	- /2002							
38	Slipform International ⁴		England	www.slipform-int.com	1960		1.2	6		ja		48 - hohl
39	Slipform Italia S.r.l.		Italien	www.slipformitalia.it	2006		1	6.4	25	ja		25
40	SRS Enviro Systems Private Limited		Indien	www.srsenviro.com								
41	Stroytechcon		Russland	www.hydraulicopalubka.ru			1,066					
42	Structural Systems ⁶		Australien	www.structuralsystems.com.au	1959/1980		1,066	3, 6	25	ja		
43	T. E. Ibberson		USA	www.ibberson.com	1881/1950s							
44	Termostav		Slowakei	www.termostav.sk	1926							
45	Ting Tai		China	www.tingtai.com	1976	>78				ja	250	

Tab. 1 Liste weltweit tätiger Firmen im Bereich des Gleitbaus (Fortsetzung)

Nr	Unternehmen	Logo	Land	Internet Seite	Gründungs- jahr ¹	Objekt- anzahl	Schal- haut- höhe [m]	Heberkraft [t]	Hubhöhe pro Takt [mm]	GS mit veränd. Quer- schnitt	Maximale Höhe [m]	Kletter- stangen- diameter [mm]
46	Vinaconex - 9		Vietnam	www.vinaconex-9.vn	- /1982			4, 6, 7		ja		
47	VSL Indonesia ¹¹		Indonesien	www.vslin.com	1976		~1,25					
48	Younglove		USA	www.younglove-const.com	1896	>800						
Die folgenden Firmen beschäftigen sich nicht mehr mit Gleitschalungen. Sie wurden aber in diesem Bereich tätig.												
49	Pittel + Brausewetter		Österreich	www.pittel.at	1870/1927							
50	RMD Kwikform ⁵		England	www.rmdkwikform.com	1953							
51	Streif Baulogistik ⁷		Deutschland	www.streif-baulogistik.de	1997							
52	Wayss & Freytag ³		Deutschland	www.wf-ingbau.de	1875							

¹ - Erste Jahreszahl = Gründungsjahr der Firma / Zweite Jahreszahl = Verwendung von GS

² - Im Besitz der deutschen Beroa Technology Group (BTG).

³ - Verkauf der Schalungsausrüstung am Max Bögl.

⁴ - Im Besitz der Firma P. C. Harrington.

⁵ - Verkauf der Schalungsausrüstung am P. C. Harrington.

⁶ - In joint venture mit P. C. Harrington.

⁷ - Anbieter der GS im HOCHTIEF - Konzern.

⁸ - Nachfolgeunternehmen der Firma MST Bau GmbH & Co.

⁹ - Gründungsname = Sathipal (India) Ltd.

¹⁰ - Im Besitz der Firma Grinaker-LTA Limited.

¹¹ - In joint venture mit dem schweizerischen Konzern VSL.

2. Geschichte der Gleitschalung

Durch eine umfangreiche Literaturrecherche, zu Beginn der Erstellung dieser Arbeit konnte kein eindeutiges Datum für den erstmaligen Einsatz Gleitschalung ermittelt werden.

Erste Publikationen über die GS werden am Ende des 19. Jahrhundert veröffentlicht. Die chronologische Entwicklung der GS-Methode wird in Tab. 2 dargestellt.

Jahr	Autor	Inhalt der Veröffentlichung	Literaturquelle
1880	Guo He Construction Co.,Ltd.	Entwicklung der Gleitschalmethode in USA	[2.36]
1885	S. Droese	Errichten eines Bauwerkes in Gleitbauweise in USA	[5.3]
1900	A. W. Smith	Siloanlage mit 4 Behälter in Kanada	[2.27]
1913	Z. Huszar	Entwicklung der Gleitschalmethode in USA	[2.26]
1914	R. Zai	Entwicklung der GS-Methode in USA von Macdonald Engeneering Co.	[2.3]

Tab. 2 Chronologische Entwicklung der GS-Methode

Anfang des 20. Jahrhunderts wurden viele Patente über verschiedene Arten von Gleitschalungen angemeldet. Parallel dazu wurden auch zahlreiche Klettergerätsysteme patentiert. [2.34]

Die ersten Bauobjekte, die mit Gleitschalung hergestellt wurden, waren Siloanlagen. Anschließend, nach immer kürzeren Zeitintervallen, wurde die Methode auch für die Herstellung von Wasserbehälter, Schornsteine, Talsperren [1.1], Leuchttürme, Reservoirs, Brückenpfeiler und Fernsehtürme herangezogen.

Eine Publikation in der amerikanischen Zeitschrift „Engineering and Contracting“ aus Jahre 1913 beschreibt eine handbetätigte schraubspindelbetriebene Gleitschalung (Abb. 12), die im Jahre 1903 in den USA für den Bau großer Siloanlagen zur Speicherung von Getreide verwendet worden ist. [2.7]

1924 ist erstmals in einer deutschen Fachzeitschrift ein Beitrag über den Einsatz der Gleitschalung beim „Bau eines Eisenbeton-Zellensilos in 15 Tagen“ in Vancouver (Kanada) [2.7] erschienen.



Abb. 12 Manuell betätigte schraubspindelbetriebene GS und Gleitbock aus Holz [1.18]

K. Simons schreibt, dass die österreichische Firma Pittel & Brausewetter als erste die Gleitschalungsbauweise im Jahr 1927 in Deutschland verwendete. [1.4]

1928 soll die Firma Eisenbeton – Gleitbaugesellschaft Heinrich Klotz & Co, Frankfurt/Main als erste in Deutschland das US – Patent „McDonald“ gekauft haben. Anschließend wurde ein Düngekalksilo der Rheinischen Steinkalkwerke in Wülfrath bei Düsseldorf mit Gleitschalung errichtet. [1.4]

Ein Jahr später, 1929, wurde das Patent auch durch die Siemens – Bau – Union erworben und weiterentwickelt. Dabei wurde eine selbstsperrende Hubeinrichtung patentiert.

Seit den Anfängen seiner Entwicklung unterlag die Gleitschalungsmethode vielen Änderungen. So kommen z.B. heute fast ausschließlich hydraulische Hebegeräte zur Anwendung. Die Schalungsteile und die Tragkonstruktion, die früher aus Holz hergestellt wurden, werden heute aus Stahl gefertigt.

Allgemein betrachtet entstand das Bauverfahren der GS-Technik aus dem Bestreben, die Schal- und Rüstkosten, im Vergleich zur konventionellen Schalungstechnik, zu verringern. [5.3] Hierin liegen auch heute noch die Vorteile der GS gegenüber anderen Schalungssystemen.

3. Arten von GS

In diesem Kapitel werden unterschiedliche Arten von Gleitschalungssystemen angegeben und beschrieben. Als Gleitschalung werden verschiedene Betonierausrüstungen bezeichnet, welche über die hergestellte Betonoberfläche gleiten.

Die verschiedenen GS-Systeme unterscheiden sich nach

- der Betonierrichtung,
- dem herzustellendem Bauteilquerschnitt,
- und der Anzahl der Betonansichtsflächen.

3.1 Betonierrichtungen

GS können für die Herstellung von vertikalen, horizontalen oder geneigten Betonbauteilen verwendet werden.

3.1.1 Horizontale GS

Ein Gleitschalungsfertiger für die Herstellung von Betondecken im Straßenbau entspricht einer horizontalen GS. Abb. 13 zeigt einen solchen Gleitschalungsfertiger.



Abb. 13 Gleitschalungsfertiger SP 1600 der Firma WIRTGEN [2.1]

Weiters werden speziell konstruierte Gleitschalungsfertiger bei der Herstellung des Brückenoberbaus verwendet.

Andere Geräte, die dem Gleitschalungssystem ähnlich sind, dienen zur Herstellung von Bordkanten, Leitwänden, Kanälen u.a.m. Ein Gerät zur Herstellung von Straßenleitwänden wird im Abb. 14 dargestellt.



Abb. 14 Leitwandfertiger [2.43]

3.1.2 Vertikale GS

In der vorliegenden Arbeit werden vorwiegend vertikale und leicht geneigte Gleitschalungen behandelt.

Ein verallgemeinertes Schema der vertikalen Gleitschalungen, mit Beschriftung der Hauptbestandteile der Schalung, wird in der Abb. 15 dargestellt.

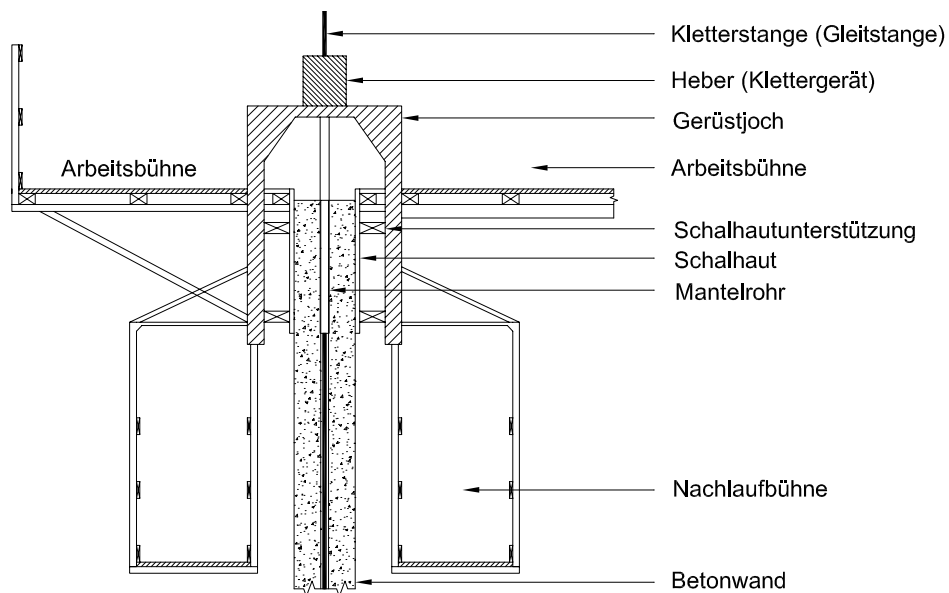


Abb. 15 Allgemeines Schema einer Gleitschalung für vertikale Wände

Hauptanwendungsgebiete für die vertikale GS sind Silos, Hochhauskerne, Brückenpfeiler, Schornsteine u.a.m. Durch den Wunsch den Betonquerschnitt auch in konischer Form herstellen zu können (z.B. bei Schornsteinen), ergibt sich eine von der Vertikalen geringfügig abweichende Betonierrichtung.

3.1.3 Geneigte GS

Geneigte GS kommen z.B. beim Bau von Brückenpylone oder Kühltürme zur Anwendung. Eine Spezialanwendung ist die Betonverkleidung unterirdischer Schächte. Dies geschieht mit einhäutigen Schalungsplattformen. Die Schalung wird an Seilen, die am oberen Ende des Schachtes befestigt sind, aufgehängt und nach oben gezogen.

Als Beispiel sei es hier die Verkleidung des Wasserschlosssteigschachtes am Kraftwerk Kops II erwähnt. Die Neigung beträgt 49° . Abb. 16 zeigt die Schalungsplattform in einer Ansicht von oben. [2.35]



Abb. 16 Untertage Schachtverkleidung mit Neigung 49° [2.35]

Im Detail ist auch die Schalungshaut dieser Plattform in Abb. 17 dargestellt.



Abb. 17 Schalhaut der um 49° geneigte Schalungsplattform [2.35]

3.2 Betonquerschnittsform

Die GS kommt sowohl bei Bauwerke mit runder als auch mit eckiger Grundrissform zum Einsatz. In beiden Fälle kann das Bauwerk mit oder ohne Betonquerschnittsänderungen hergestellt werden.

Schornsteine werden meist mit veränderlichen Querschnittsabmessungen und Betonwandstärken hergestellt.

Bauwerke mit veränderlichen Querschnitten werden auch als konische Bauwerke bezeichnet. Da die Wände dieser Objekte von der Lotrechte abweichen, gehören die hierfür verwendeten GS streng genommen auch zur Gruppe der geneigten GS-Systeme. Sie werden mit ähnlichen, wie in Abb. 15 dargestellten, Schalungen hergestellt.

Weitere Anwendungsbeispiele einer GS mit veränderlichem Betonquerschnitt finden sich bei Fernsehtürmen (s. Abb. 11, Abb. 72), Brückenpfeilern (s. Abb. 4) und speziellen Konstruktionen wie Bohrplattformen (s. Abb. 7).

3.3 Anzahl der Betonansichtsflächen

Man unterscheidet zwischen ein- und zweihäuptigen Gleitschalungen.

3.3.1 Einhäuptige GS

Einhäuptige GS werden für Bauteile, bei welchen nur eine einseitige Schalung erforderlich ist, verwendet. So z.B. im Fall von Verkleidungen von Schächten (s. Abb. 16), wo die Felsoberfläche als zweite Schalungsfläche genutzt wird. Eine ähnliche Situation ergibt sich wenn an bestehenden Bauwerken zu gleiten ist. Eine mit einer GS hergestellte steil geneigte Felsstützwand ist in Abb. 18 dargestellt. Die Gleitschalung wird an, am Fels verankerten, Führungsträgern geführt [1.12].

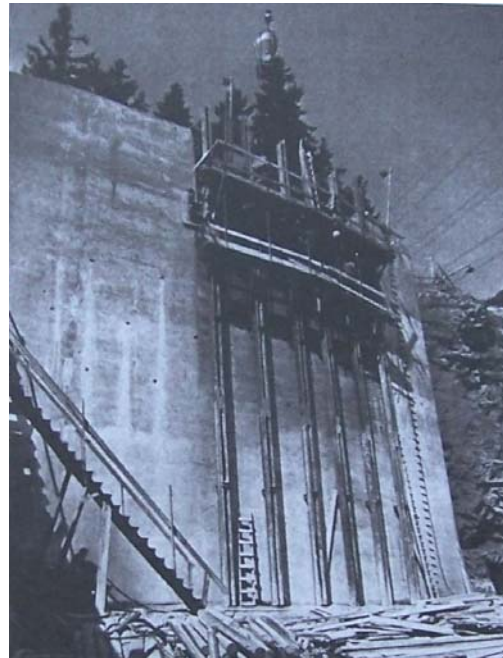


Abb. 18 Einhäuptige GS während einem Felsstützwandbau [1.12]

Einhäuptige Schalungen werden auch bei der Errichtung von Beton- und Asphaltabdichtungsschirme bei Staudämmen verwendet.

Ummantelungen von Kernkraftwerkreaktoren können auch mit einhäuptigen GS hergestellt werden.

Prinzipiell besteht jedoch heute die Tendenz, die einhäuptige GS durch eine KS zu ersetzen.

3.3.2 Zweihäuptige GS

Alle Schalungen, bei denen beide Seiten einer zu betonierende Wand einzuschalen sind, werden als zweihäufig bezeichnet.

3.4 Sonderformen der GS

Eine Sonderform der GS-Technik findet ihre Anwendung bei der Herstellung von Senkkästen. Dabei befindet sich die GS immer in der gleichen Ebene und der Senkkasten gleitet während des Absenkvorganges an der Schalung entlang nach unten.

Die GS-Technik kann in Ausnahmefällen auch mit der KS-Technik kombiniert werden. Bei einem Hochhauskern wurde so z.B. die Hebetchnik des GS-Systems mit dem blockweisen Ausschalen des KS-Systems verbunden. [1.10, S. 258]

Eine weitere Sonderform der GS stellt die sinkende Gleitschalung für Grabverbau [2.2] dar.

Fälschlicherweise werden Tunnelschalungen immer wieder als GS bezeichnet. [1.1] Tunnelinnenschalen werden jedoch blockweise, meistens unter Verwendung eines Schalwagens, betoniert.

3.5 Beschreibung der Kletterschalmethode

Als Alternative zur GS wird in vielen Fällen die KS verwendet.

Die Kletterschalung stellt eine besondere Form der Wandschalung dar. Sämtliche Lasten aus dem Eigengewicht der Schalung, dem Material und des Personals werden in die darunter liegende Wand durch Verankerungen abgeleitet.

Bei der Herstellung wird unterschieden zwischen der kranabhängigen KS und der kranunabhängigen KS.

Bei der kranabhängigen KS wird die ganze Mantelfläche des Bauobjektes mit Schaleinheiten versehen. Die Einheit ist mit einer Länge von ca. 2 m bis ca. 6 m und einer Höhe von bis zu 7,25 m festgelegt. Sie besteht aus einem Wandschalungssystem, jeweils einer Nachlauf-, Haupt- und Betonierbühne, einer Gerüstverankerung und einer Wandverankerung. Nach ausreichender Erhärtung wird die Wand ausgeschalt und das Wandschalungssystem mittels Kran nach oben gehoben.

Bei der kranunabhängigen KS ist die Klettereinheit mit hydraulischen Zylindern versehen, mit deren Hilfe sie für den nächsten Betonierabschnitt angehoben werden kann. Der Klettervorgang wird in Abb. 19 dargestellt.

Nachdem der Beton genügend Festigkeit erlangt hat, wird er ausgeschalt, indem die Schalung ca. 0,6 m bis 0,95 m (abhängig vom System) zurück verfahren wird. Anschließend

wird die ganze Einheit für den nächsten Betonierabschnitt angehoben. Zur Vorbereitung des nächsten Betonierabschnittes wird die Schalungsfläche gesäubert und die Bewehrung verlängert. Im nächsten Schritt wird das Wandschalungssystem wieder nach vorne verschoben und der nächste Abschnitt betoniert.

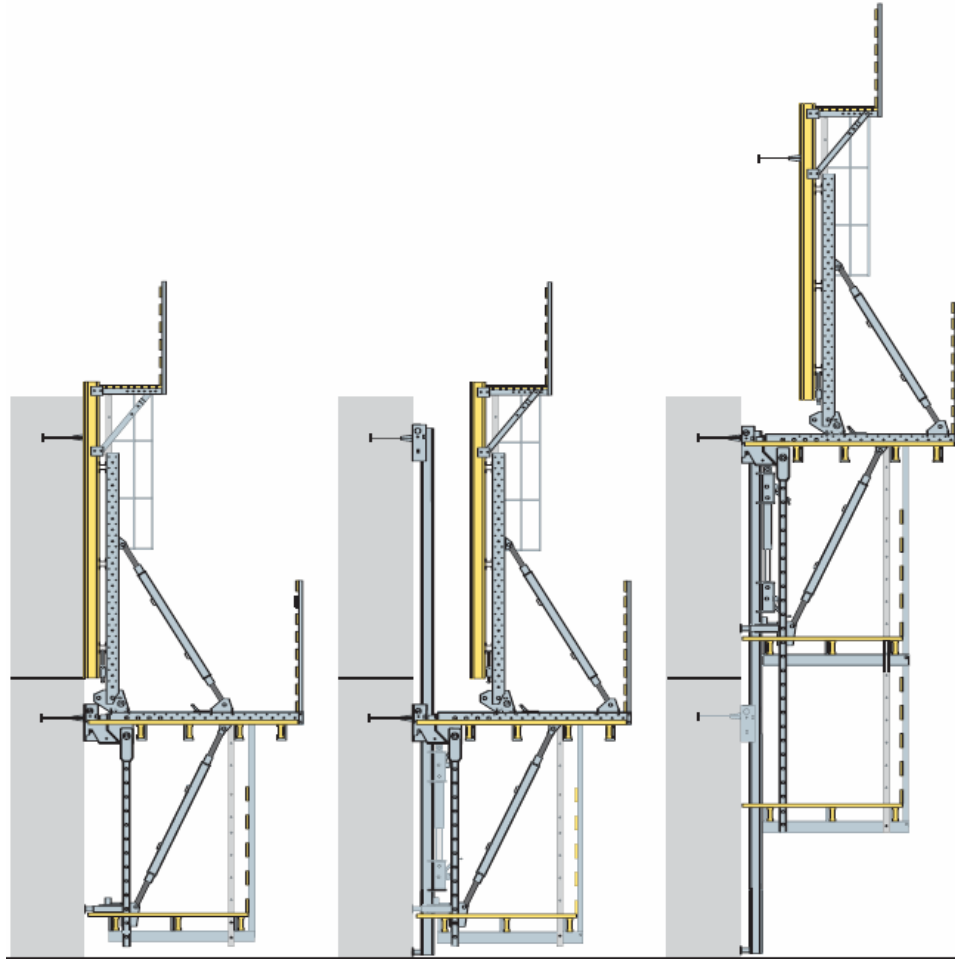


Abb. 19 Etappen der Umsetzung der kranunabhängigen Kletterschalung [2.103]

In der Tab. 3 sind Firmen die KS produzieren aufgelistet. Im unteren Teil der Tab. 3 sind jene Firmen aufgelistet, welche zusätzlich zu den KS-Systemen auch GS-Systeme anbieten (s. auch Tab. 1).

Zusätzlich werden die Typen der angebotenen KS angegeben. Die selbstkletternden Schalungsplattformen sind so ausgebildet, dass die ganze Schalung gleichzeitig zusammen nach oben steigt. Mit Hilfe von Sperrenschalung ist es möglich geneigte Wände und auch Knicke zu betonieren.

Es besteht auch die Möglichkeit von „geführtem Klettern“. Bei dieser Methode werden Schienen angeordnet und die Schalung wird nicht von der Wand getrennt.

Es ist möglich mit KS nahezu alle Betonbauwerke wie z.B. Faulbehälter, Kläranlagen und Wassertürme herzustellen.

Tab. 3 Liste der weltweit mit Kletterschalung tätigen Firmen

Nr	Unternehmen	Logo	Land	Internet Seite	Gründungs Jahr	kranabhängig						kranunabhängig								
						Bühne		Kletterschalung (gerüst)			Sperrenschalung			Schalungsplattformen			Kletterschalung			
						Firmenname des Systems	Bühnenbreite [m]	Firmenname des Systems	Bühnenbreite [m]	Schalungshöhe [m]	Verfahren [m]	Firmenname des Systems	Bühnenbreite [m]	Schalungshöhe [m]	Verfahren [m]	Firmenname des Systems	Bühnenbreite [m]	Schalungshöhe [m]	Verfahren [m]	
1	BaLi		China	www.cscec-baili.com	1995		ja						ja			ja				
2	Doka		Deutschland	www.doka.com	1868	M/K/K2	1,3/1,85/2,1	GCSK MF 240/150 F	1,8	4/3,75	4/3,75	D15 D22	1,7 3 4			SCP	4		SKE 50/100 Xclimb 60/SK 175	/1,5 /0,6
3	Faresin		Italien	www.faresinbuilding.it	~1979	ja														
4	Farinaformworks		Italien	www.farinaformworks.com	1973			ja												
5	Hünnebeck		Deutschland	www.huenebeck.de	1929		1,8	CS 240 L/H	2,4/2,6	5,4	0,83/0,95				SCF	3,2	5,5	0,9		
6	Kofragna Technika AD		Bulgarien	www.kofragna-bg.com	1971			ja												
7	Meva		Deutschland	www.mevaformwork.com	1970			MGC/MGS		3 - 4,24		KLK 230	2,3	7,25	0,70	MAC	4			
8	Noe		Deutschland	www.no.de	1919	AB 300		ja												
9	Paschal		Deutschland	www.paschal.de	1964			ja	1,8											
10	Peri		Deutschland	www.peri.de	1969	FB 180 ASG 160	1,8 1,6	CB 240/160 RCS	2,4/1,6	2,4 - 5,4/ 2,7 - 4,5	0,75/- 0,9	SKSF 240 SKS 180	2,4 1,8		0,6	ACS R, P, G, V, S	2,4/1,8	7/5	0,75	
11	RSB Schalungstechnik		Österreich	www.rsb.info	1978			ja												
12	Sanbo Formwork		China	www.sanbo.com.cn													ja			
Folgende Firmen sind auch in Tabelle 1 zu finden																				
13	Bierum		England	www.bierum.co.uk	1920			ja												
14	Fabquip Structural Systems		Australien	www.fabquip.com.au	1967										ja					
15	Gleitbau Salzburg		Österreich	www.gleitbau.com	1961			ja												5
16	RMD Kwikform		England	www.rmdkwikform.com	1953			ja								ja				
17	SHE Singh Yun Engineering		China	www.sungyunform.co.kr				ja												
18	Stroytechoon		Russland	www.hydraulicopalubka.ru				ja												
19	Structural Systems		Australien	www.structuralsystems.com.au	1959			ja												
20	VSL Indonesia		Indonesien	www.vslin.com	1976			ja							ja					

3.6 Vor – und Nachteile der Gleitschalung

Im Folgenden werden die Vor- und Nachteile des GS-Systems angegeben.

3.6.1 Vorteile der GS

- Große Betonierleistung durch kontinuierlichem Betonierfortschritt;
- Durch kürzere Bauzeit geringere Kosten für Geräte und die Baustellengemeinkosten;
- Reduzierte Kranzeiten;
- Größere Arbeitssicherheit: kein Auf- und Abbau der Schalung für jeden einzelnen Betonierabschnitt erforderlich;
- Geringer Personenaufwand;
- Nahezu alle Grundrissformen sind ausführbar;
- Einzige Methode mit welcher fugenlose Bauwerke hergestellt werden können (Bohrpattformen, Siloanlagen,...);
- Homogene glatte Betonoberfläche;
- Grundsätzlich gilt, dass die Wirtschaftlichkeit der GS mit der Höhe des zu errichtenden Gebäudes zunimmt.

3.6.2 Nachteile

- Lärmbelästigung in der Nacht durch Schichtbetrieb. Das Rütteln des Betons ist besonders lärmemittierend. In Wohngebieten ist eine Nacht- und Sonntagsarbeitserlaubnis (Genehmigung) schwer zu erhalten;
- Die Lohnkosten für den Beton- und Bewehrungseinbau sind während der Gleitarbeiten mit Zuschlägen für Überstunden, Nachtarbeit und Sonntagsarbeit belastet;
- Die statisch erforderliche Bewehrungsmenge kann durch kürzere Stablängen (vermehrte und ggf. auch verlängerte Bewehrungsstöße) größer werden. Zusätzlich wird der Einbau erschwert;
- Bei der Verwendung von Transportbeton ist ein Nachtzuschlag bei der Betonanlieferung zu berücksichtigen;
- Größere Betonüberdeckung erforderlich;
- Nachbehandlung der Betonoberfläche erforderlich;
- Die Sichtbetonoberfläche könnte u.U. nur mit Lisenen ausgeführt werden;
- Begrenzter Bewehrungsgrad (durch begrenzten Platzangebot auf der GS-Bühne).

4. Elemente der GS

Die GS lässt sich in mehrere Hauptbestandteile unterteilen. Abhängig vom Hersteller der GS werden diese Hauptelemente unterschiedlich kombiniert.

4.1 Schalhaut

Die Schalhaut ist jenes Element der GS, welches dem Beton die gewünschte Form gibt. Die Schalhaut wird aus verschiedenen Werkstoffen hergestellt. Die Schalhauthöhe variiert zwischen 1,0 und 1,5 m [1.12, 1.17]. Am häufigsten wird eine Schalhaut mit einer Höhe von 1,2 m verwendet. In Ausnahmefällen kommen auch Schalhauthöhen bis zu 1,83 m [5.3] zur Anwendung. Die Höhe der Schalhaut richtet sich nach der Gleitgeschwindigkeit. Die Qualität der ausgeführten Betonoberfläche ist von der Oberflächenbeschaffenheit der Schalhaut abhängig.

Die Werkstoffe der Schalhaut können grob in Holz, Metall und Kunststoff eingeteilt werden.

4.1.1 Holz

Die hölzerne Schalung ist die ursprünglichste Art, welche jedoch auch heute noch verwendet wird. Diese wird gewöhnlich aus gehobelten Bretthölzern mit einer Dicke von ca. 3 cm gefertigt. Um eine durchgehende Schalhaut herstellen zu können, werden Bretter mit Nut- und Feder verbunden.

Zur Minimierung der Schalungsreibung können die Schalplatten mit einem Stahlblech mit einer Dicke von ca. 0,5 mm – 1 mm [2.24] oder mit Kunststoff beschlagen werden. In diesem Fall können Bretter ohne Nut- und Feder verwendet werden und ein Brettabstand von 1 cm bis 1,5 cm ist zulässig[1.1].



Abb. 20 Hölzerne Schalhaut [2.24]

4.1.2 Schichtenholz (Sperrplatt)

Sperrplatten werden aus Schälfnurnieren von Nadel- und Laubholzarten produziert. Gegenüber Naturholz verfügen Sperrplatten über verbesserte physikalische Eigenschaften.

4.1.3 Stahl

Es kommt ein Stahlblech mit einer Dicke von 0,4 mm [5.3, S.7] bis 5 mm [1.1] zur Anwendung. Stahlbleche sind besonders für die konische GS geeignet. Abb. 21 zeigt eine Gleitschalungsausrüstung mit einer Stahlhaut während des Montageprozesses.



Abb. 21 Schalhaut aus Stahl [2.37]

Ein Vorteil der stählernen Schalhaut ist die Abriebfestigkeit.

Es wurden auch Schalungen aus rostfreiem Stahl und Aluminium gefertigt. Aufgrund einer hohen Schadensempfindlichkeit hat sich jedoch die Aluminiumschalung in der Praxis nicht bewährt. Teilweise wurden bei der Anwendung von Aluminium auch Treiberscheinungen im Beton festgestellt [5.3].

4.1.4 Kunststoff

Es werden auch Synthetikplatten als Schalhaut benutzt. Sie verfügen über besondere Eigenschaften wie hohe Dauerhaftigkeit, gute Oberflächenbeschaffenheit und hohe Festigkeit. Quellen und Schwinden wird gänzlich vermieden.

Beispiele für Kunststoffplatten in der Baupraxis sind die „alkus“ – Platten der Firma alkus GmbH & Co. KG [2.117] und die „laminaex“ – Platten der Firma Isosport [2.44].

Die Platten werden in „Sandwichbauweise“ hergestellt. Abb. 22 zeigt eine Platte deren Kern aus Polypropylen mit beidseitiger Aluminiumschicht und thermoplastische Beschichtung besteht. Die Aluminiumschichten dienen dabei als „Bewehrung“ der Platte.

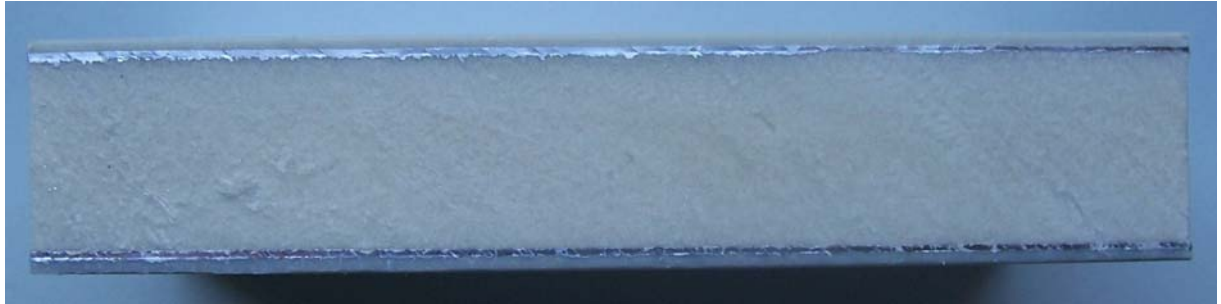


Abb. 22 Kunststoffplatte als Schalhaut mit einer Dicke von 20 mm (Eigenfoto)

Die Schalhaut wird dabei mit horizontalen und, wenn nötig, vertikalen Aussteifungselementen versehen. Zwei rundum laufende Aussteifungen, welche nahe an der Schalungsrändern angeordnet sind, dienen der Aufhängung der Schalungshaut an die Rahmenstiele des Gleitbockes.

4.2 Kletterstangen

Die Kletterstangen (auch als Gleitstangen bezeichnet) tragen die ganze Schalungsausrüstung. Sie können nur vertikale Lasten aufnehmen.

Als Kletterstangen kommen heute Stahlstäbe oder Stahlröhre zur Anwendung.

4.2.1 Stahlstäbe

Die Stahlstäbe mit einem Durchmesser von 23 mm bis 32 mm werden mit einer Länge von 1 m bis 4 m [1.1], nach anderen Quellen [1.12] auch bis 6 m verwendet. Bei großen Längen der Stahlstäbe müssen diese durch eine spezielle Konstruktion, um Verformungen zu vermeiden, geführt werden. (s. Pkt. 5.3.2).

Prinzipiell ist es möglich die Kletterstangen wiederzuverwenden (Variante A) oder diese in die Betonkonstruktion miteinzubetonieren (Variante B).

- **Variante A.** Wenn die Stangen wieder verwendet werden sollen, werden sie nach einer, in Abb. 23 gezeigten, Weise zusammengeschaubt.

Damit der Beton nicht an den Stangen haftet, wird am Jochträger ein Wiedergewinnungsrohr (Hüllrohr) befestigt, welches somit mit der Schalung gleitet. Die Kletterstange bewegt sich in diesem Hüllrohr. Der innere Durchmesser dieses Rohres ist um 1 mm – 2 mm größer als der Durchmesser der Stange und besitzt eine Rohrwanddicke von ca. 1 mm. Der untere Rand des Hüllrohres reicht bis zum unteren Rand der Schalhaut. Das Wiedergewinnungsrohr wird aus Kunststoff (PVC), gebogenem Stahlblech oder dünnwändigem Stahlrohr gefertigt.

Es besteht auch die Möglichkeit die Hohlräume mit Hülsen, welche im Beton verbleiben, herzustellen.

Um ein Ankleben der Kletterstangen an den Beton zu verhindern wurden diese früher 4 – 5 mal, in Richtung des Festdrehens, gedreht.

- **Variante B.** Werden die Stangen einbetoniert, können diese auch zusammengeschweißt werden und als tragende Bewehrung im statischen System berücksichtigt werden.

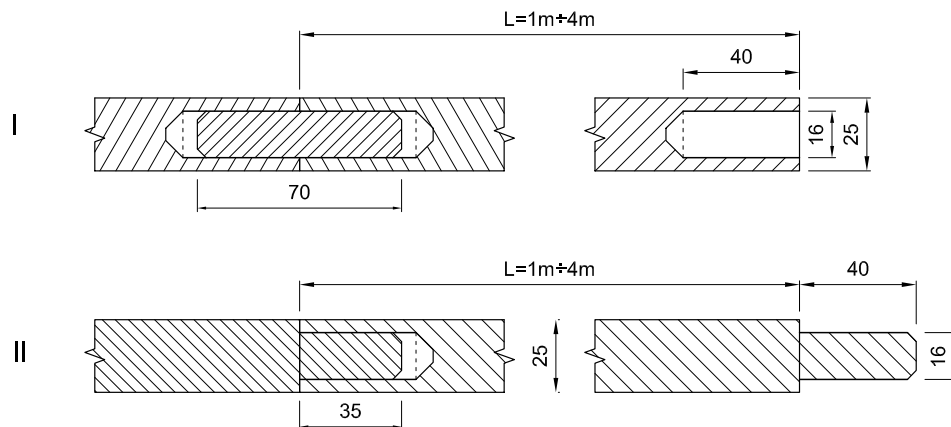


Abb. 23 Zwei Arten zur Verbindung von Kletterstangen der Variante A – I [nach 1.1] und II

Zur Gewährleistung eines ausreichenden Kraftflusses ist es sehr wichtig, dass die Oberflächen, an denen sich zwei aufeinander folgende Stangen berühren parallel und sauber gehalten werden.

Um ein Knicken der Kletterstangen zu vermeiden sollte bei Kletterstangen mit einem Durchmesser von 25 mm eine Normallast von 27 kN nicht überschritten werden. Die Knicklast für Kletterstangen mit einem Durchmesser von 30 mm liegt etwa bei 45 kN [5.1].

Der Stahl, aus dem die Kletterstangen gefertigt sind, sollte nicht sehr hart sein, damit die Zahnkeilbacken, über die später berichtet wird, sich in das Rohr eindrücken können.

4.2.2 Stahlrohre

Wenn die zu tragenden Lasten zu groß werden kommen anstatt der Stahlstäbe Stahlrohre zur Anwendung. Es werden Stahlrohre mit einem Durchmesser von 32 mm bis 51 mm (8 mm Wandstärke) [1.4] verwendet. In der Literatur werden auch Stahlrohre beschrieben mit einem Durchmesser von bis zu 71 mm und eine Wandstärke von 7,5 mm [1.15].

Kletterrohre werden wie Kletterstangen mit Längen von 1,0 – 4,0 verwendet.

4.3 Klettergeräte

Durch die Klettergeräte, auch Heber genannt, wird die ganze Last der Gleitschalungsausrüstung auf die Kletterstangen übertragen. Sie gewährleisten das ständige Hochheben der Schalung.

Abhängig von Hersteller unterscheidet sich die Tragfähigkeit der Klettergeräte. Deren notwendige Tragfähigkeit wird von den zu hebende Lasten bestimmt. Gewöhnlich reicht diese von 30 kN bis 70 kN. Wenn große Lasten (Dachkonstruktionen, Abb. 56) mitzuheben sind, kommen auch Heber mit einer Tragkraft von 85 kN, 120 kN, 160 kN, 220 kN und 400 kN zur Anwendung. In Ausnahmefälle kommen Klettergeräte mit einer Tragkraft von bis 700 kN zum Einsatz [5.1].

Eine mögliche Klassifikation der Hebergeräte ist die Energiezufuhr, die in mechanische Bewegung umwandelt wird. Es wird nach hydraulischen (wobei das Medium Öl, Luft oder Wasser sein kann) und mechanischen Hebern unterschieden.

4.3.1 Hydraulische Klettergeräte

Heute kommen ausschließlich ölhydraulische Hebergeräte zum Einsatz. In der Vergangenheit wurden auch wasserhydraulische Geräte verwendet, welche jedoch sehr störanfällig waren [5.1]. Im Fall eines Schlauchbruches haben mit Druckluft angetriebene Heber aus ökologischer Sicht den Vorteil, dass keine Umweltverschmutzungen zu befürchten sind. Als Nachteil gilt die kleine Hubkraft von ca. 20 kN, woraus eine größere erforderliche Anzahl an Heberböcken resultiert [5.1]. Aus diesem Grund werden Druckluft angetriebene Heber kaum mehr verwendet.

Ölhydraulische Heber (im weiteren nur als hydraulische Heber bezeichnet) unterscheiden sich nach den von den Herstellerfirmen entwickelten Klemmvorrichtungen. Als Klemmvorrichtungen kommen gezahnte Keilbacken, exzentrisch gelagerte Drehbacken und Rollengesperre zum Einsatz

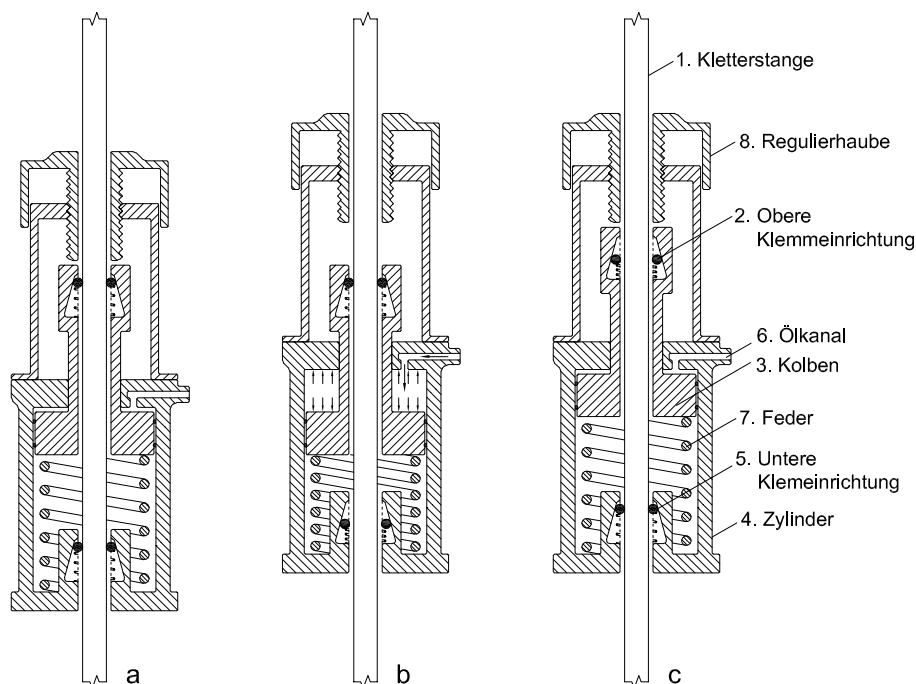


Abb. 24 Hydraulischer Heber, Typ "Interconsult" [nach 1.1]

Abb. 24 zeigt das System „Interkonsult“. Hier wird die Klemmwirkung durch Rollen (Kugeln) erreicht. Im Folgenden werden die, für alle Arten der hydraulischen Heber gültigen, Arbeitsschritten kurz beschrieben.

Der Heber besteht aus einem Zylinder, einem Kolben mit hohlem inneren Gehäuse und einer kräftigen Feder. Durch das innere Gehäuse des Kolbens wird die Kletterstange geführt. Die Feder befindet sich zwischen dem Fuß des Zylinders und dem unteren Ende des Kolbens. Der Jochträger wird am Fuß des Zylinders befestigt. Der Kolben, an seinem oberen Ende, und der Zylinder an seinem unteren Ende, sind mit der Kugelklemmvorrichtung versehen, welche nur die Bewegung nach oben erlaubt.

Der Zylinder verfügt an seinem oberen Ende über Kanäle, welche mit Hydrauliköl gespeist werden. Zusätzlich verfügt der Zylinder an seiner Oberseite über eine Regulierhaube. Mit dieser kann eine Hubhöhe pro Takt zwischen von 10 mm und bis 50 mm eingestellt werden. Gewöhnlich liegt die Hubhöhe zwischen 20 mm und 30 mm.

Im Zustand „a“ ist die Feder gestreckt und der Kolben befindet sich in der Ausgangsstellung. Der Heber steht nicht unter Druck.

Im Zustand „b“ steht der Zylinder unter Druck. Der Kolben ist an seinem Platz verblieben und die Feder steht unter Spannung. Der Zylinder mit der ganzen Schalungsausrüstung hat sich um einen Schritt nach oben bewegt.

Im Zustand „c“ wird der Öldruck abgelassen und die in die Feder gespeiste potentielle Energie führt zu ihrer Streckung, wodurch sich der Kolben nach oben bewegt. Die Feder stützt sich während dieses Vorgangs auf den Zylinder, dessen Klemmvorrichtung aktiv ist.

Nach Abschluss dieses Vorganges ist der Heber für den nächsten Takt des Anhebens wieder bereit.

Ein Heber mit drehbaren Klemmbacken (Typ „Hochtief“) ist im Abb. 25 dargestellt. Die Klemmbacken (5 und 16) sind in der gezeigten Anordnung nur für den Aufwärtsbetrieb geeignet. Für einen Absenkvorgang muss der Heber, um 180° gedreht, eingebaut werden. Die Stärke der Klemmwirkung braucht nicht gesteuert zu werden. Sie vergrößert sich bei lotrechter Belastung, nach den Hebelgesetzen, von selbst. Durch Anordnung von jeweils 4 Klemmbacken in einer Ebene ist, in Verbindung mit der zentrisch geführten Kletterstange, eine Normalkraftbeanspruchung der Stange ohne größere Exzentrizitäten gewährleistet.

Abb. 27 zeigt die Ansicht eines hydraulischen Hebers mit 6 gezahnten Keilbacken.

Der Öldruck im Zylinder des Hebers liegt im Bereich von 100 bis 200 bar.

gezahnte Keilbacken



Abb. 27 Gezahnte Keilbacken eines zerlegten Hebers (Eigenfoto)

4.3.2 Mechanische Klettergeräte

Diese werden nur der Vollständigkeit halber angegeben. Mechanische Heber werden heute nicht mehr eingesetzt.

Es handelt sich um Schraubspindeln, welche manuell betrieben wurden. Dies verursachte einen großen Zeit- und Personalaufwand.

Spätere Entwicklungen ersetzten die Menschenkraft durch Elektromotoren und wurden als elektrische Heber bezeichnet. Diese entsprechen jedoch nicht mehr der Stand der Technik [2.27, 5.1].

Eine weitere Entwicklung des Spindelverfahrens ist das Kniehebelgerät, welches jedoch in der Baupraxis kaum verwendet wurde.

4.4 Gleitböcke

Der Gleitbock dient zur Übertragung der Schalungslasten auf das Klettergeräte bzw. die Kletterstange. In der Literatur wird er auch als Kletterbock [1.10] oder Gerüstjoch [1.11] bezeichnet.

Die Gleitböcke werden aus Stahlprofilen angefertigt.

In der Vergangenheit wurden die Böcke auch aus Holz hergestellt [1.1] (Abb. 12) Diese kamen bei Objekten mit kleinerem Querschnitt und mit einem Gewindeantrieb zur Anwendung.



Abb. 28 Gleitbock mit gedoppeltem Jochträger aus U-Profilen [2.39]

Der Gleitbock besteht aus 2 Teilen: einem Jochträger (Traverse), der gewöhnlich aus 2 U-förmigen Stahlprofilen besteht, und 2 Rahmenstielen [1.4], welche auch als Jochfüße [1.8] oder Bockbeine [5.1] bezeichnet werden. Ausführungen von 2 übereinander liegenden Jochträgern, wie in Abb. 28 dargestellt, oder Jochträger aus Hohlprofilen kommen auch zur Anwendung (Abb. 29). Die Verbindung der Teile soll starr sein, damit die Wanddicke in konstanter Breite bestehen bleibt. Zur Gewichtsminderung kann der Werkstoff Stahl durch Aluminium ersetzt werden.



Abb. 29 Gleitbockvariante [2.37]

In Abb. 30 ist eine Sonderkonstruktion – ein Dreirichtungsjoch dargestellt. Es sind auch Böcke in Kreuz-, T-, Y- oder X-Form möglich. Diese werden besonders in Eckbereiche, wo sich verschiedene Wände treffen oder dort wo ein Wandknick herzustellen ist, verwendet. Die Anzahl der Stiele kann zwischen 2 und 4 variieren. Um die Jochträger für die Herstellung von unterschiedlichen Wandstärken verwenden zu können sind Löcher im Raster von z.B. 5 cm [5.1] vorgesehen, in welchen die Rahmenstiele befestigt werden können (s. Abb. 31).



Abb. 30 Dreirichtungsjoch [2.71]

Bei einer weiteren Variante der Gleitböcke werden die Stiele durch eine Spindel in ihrer Lage festgehalten. (s. Abb. 32). Eine Änderung der Wandstärke während des Gleitens ist somit jederzeit möglich, wodurch auch konische Betonquerschnitte produziert werden können. Die Länge des Jochträgers bestimmt die mögliche Wandstärke.



Abb. 31 Gleitbock mit lochgerasterter Jochträger [2.37]

Sehr große Wandstärken verlangen die Verwendung von 2 Hebern pro Bock (Abb. 51), wodurch sich jedoch auch das Gewicht der Gleitböcke sehr stark erhöht. In Sonderfällen ergibt sich so ein Gesamtgewicht von 240 kg [5.1].

Damit Bewehrungs- und Aussparungsarbeiten leichter durchgeführt werden können soll der Abstand zwischen Jochträger und Bühne möglichst groß sein. Der Abstand liegt gewöhnlich zwischen 50 cm bis 70 cm [5.1].

Der Abstand zwischen den Gleitböcken richtet sich vor allem nach der Tragfähigkeit, Grundrissform und dem maximalen Gewicht, die pro Hubmechanismus gehoben werden müssen. [1.10]. Abstände zwischen 1 m und 2,5 m sind üblich. [1.11]



Abb. 32 Gleitbock mit beweglichen Rahmenstielen zur Wanddickeänderung [2.40]

4.5 Arbeitsbühnen

Arbeitsbühnen dienen als Arbeitsplattform für die einzelnen Arbeitsschritte:

- Beton einbringen,
- Bewehrung verlegen und
- Aussparungen bzw. Einlagen montieren.

Für das GS-System sind sowohl innen- wie außenliegende Arbeitsbühnen notwendig.

Die Bühnen dienen auch als temporäres Lager für die einzubauende Bewehrung. Zusätzlich werden die eingehauste Öldruckpumpe und ggf. eine Toilette von der Arbeitsbühne getragen.

Der Bühnenbelag und das Geländer werden meist aus Holz angefertigt.

4.6 Nachlaufbühnen

Die auch als Hängebühnen, Hängebock, Nacharbeitsbühne oder Hängegerüst bezeichneten Nachlaufbühnen dienen zur Nachbehandlung (z.B. Verreiben, Befeuchten) der frisch ausgeschalteten Betonoberfläche. Von den Nachlaufbühnen aus werden auch die Schalungen für Aussparungen ausgebaut. In Abb. 20 ist eine komplette Gleitschalungsausrüstung mit der Nachlaufbühne dargestellt.

Manche Bühnen sind nicht nur hängend auf der Arbeitsbühne befestigt, sondern stützen sich mittels Rollen zusätzlich an der Betonwand ab. (s.Abb. 50)

Ist die Nachbehandlung der Betonoberfläche sehr zeitintensiv (z.B. für Anstriche oder Putze), kann auch, wie im Abb. 33 dargestellt, eine zweite Nachlaufbühne angeordnet werden.

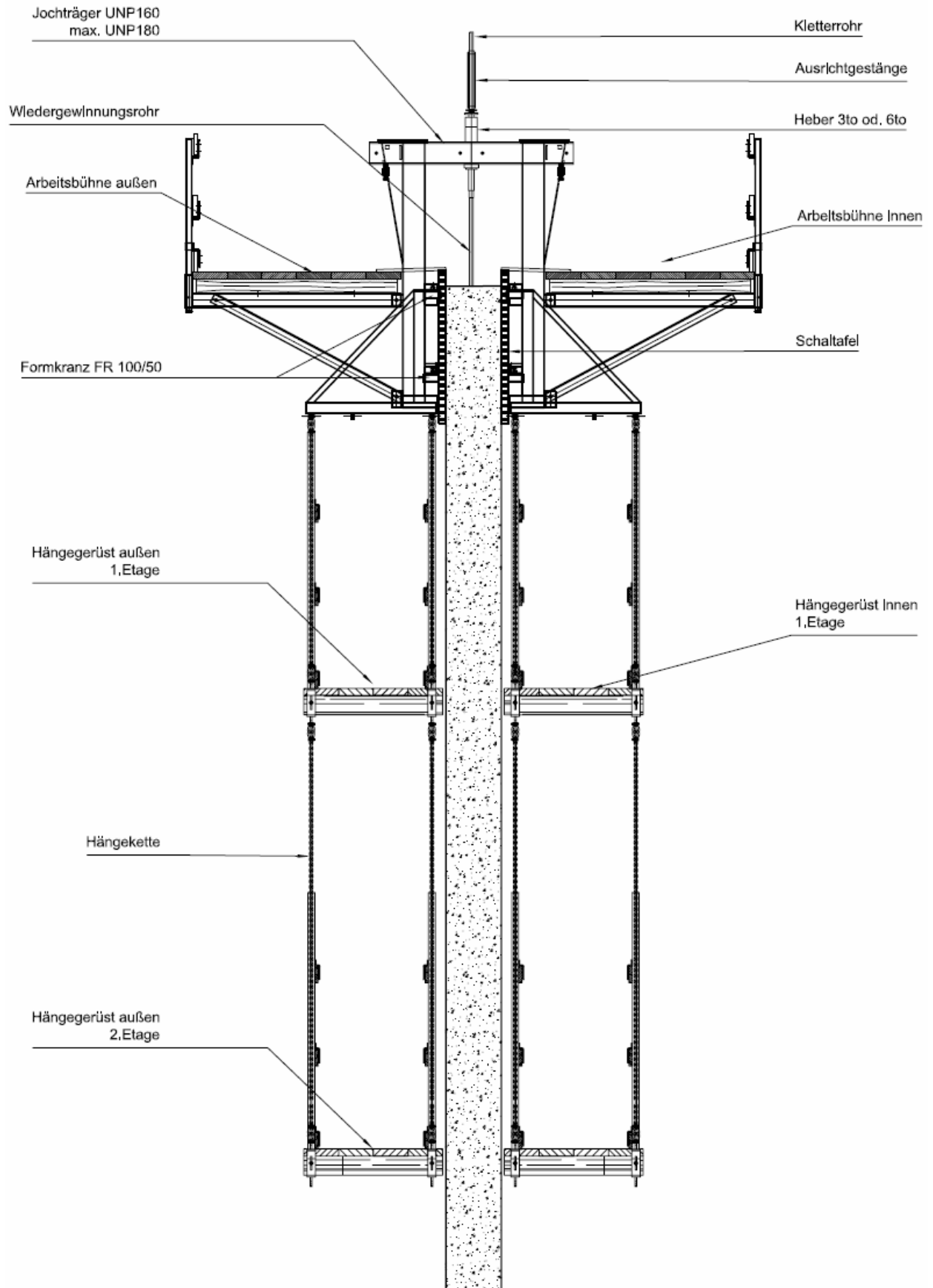


Abb. 33 Gleitschalungsausrüstung mit 2 Nachlaufbühnen [2.4]

4.7 Obere Hilfsbühne

Manche GS-Systeme verfügen auch über eine obere Hilfsbühne (s. Abb. 34). Die Hilfsbühne überspannt dabei den Zwischenraum zwischen zwei herzustellenden Betonwänden.

Bei kleineren Spannweiten werden als Längsträger Holzbohlen verwendet. Für einen größeren Wandabstand oder bei konische GS kommen Fachwerkträger zur Anwendung. (s. Abb. 51 und Abb. 52).

Die Vorteile dieser Bühne liegen in ihrer Verwendung als temporäres Lager und der Führung der vertikalen Bewehrung, wodurch längere Stahlschüsse verwendet werden können.



Abb. 34 Obere, Arbeits- und Hängebühnen; gedoppelte Heber pro Kletterstange [2.18]

4.8 Aussteifungskonstruktion

Um zu verhindern, dass z.B. durch einen Heberausfall die GS während des Hebevorganges von der Solllage abweicht, sind die einzelnen Heber durch eine Aussteifungskonstruktion miteinander steif verbunden. Gewöhnlich erfüllt die Arbeitsbühnen diese Aufgabe.

Die räumliche Aussteifung der GS in großer Höhe ist von besonderer Bedeutung. Horizontalkräfte, wie Wind, ungleichmäßig verteilte Lasten, Montagevorgänge, Kletterstangenausknickung und unregelmäßiges Heben müssen durch eine hinreichend steife Gerüstkonstruktion aufgenommen und auf das fertige Bauwerk weitergeleitet werden. Die obere Hilfsbühne übernimmt diese Funktion. Bei Arbeitsbühnen von Silobauten, welche innen in Zellen geteilt sind (s. Abb. 42), decken die Arbeitsbühnen den ganzen Zellenraum ab. So entstehen Arbeitsdecken (Plattformen), die die ganze Schalung aussteifen. In solchen Fällen werden die inneren Nachlaufbühnen auch als Plattformen ausgeführt.

Besitzt das Bauwerk keine innere Aufteilung aus Wänden, wie dies z.B. in Abb. 9 zu sehen ist, erfolgt die Aussteifung durch speichenförmige Zugseile. Einerseits sind die Seile an der Hebeböcken der Gleitschalung und andererseits auf einem stählernen Ring, der sich in der Mitte des Bauwerkes befindet befestigt. Der Stahlring kann z.B. auch durch einen Gittermast

ersetzt werden. (s. Abb. 9) Die Seile müssen mit gleicher Zugkraft gespannt werden. (s. Abb. 35)

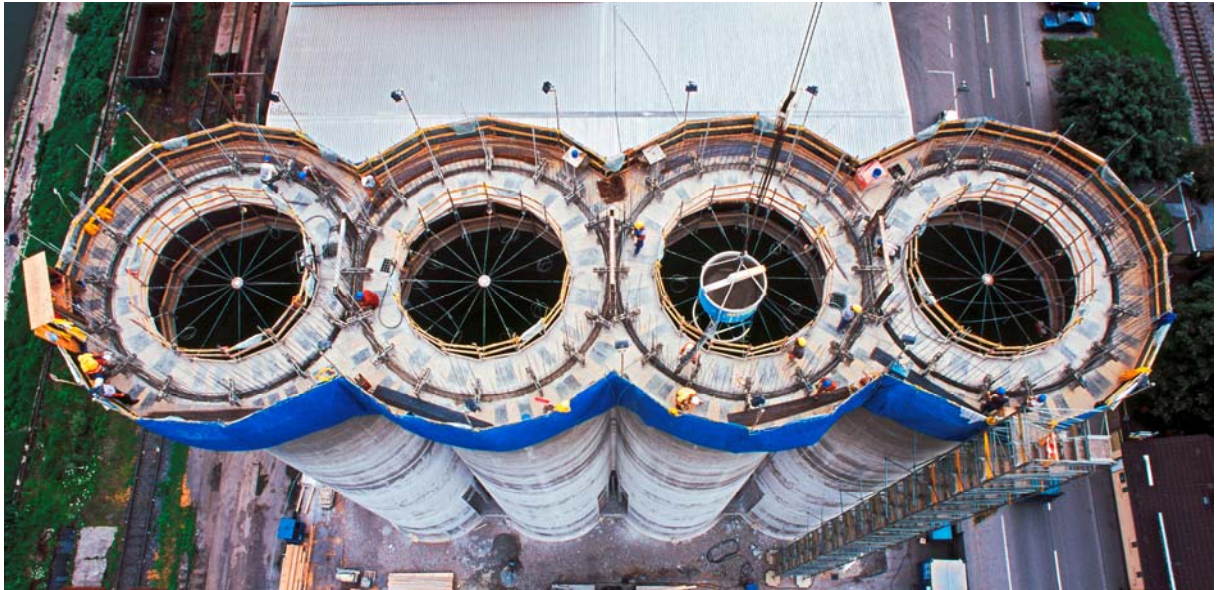


Abb. 35 Aussteifungsspeichen [2.93]

Ordnet man keine „Speichen“ an, dehnt sich die Schalung und vergrößert sich der Durchmesser. „Erfahrungsgemäß neigen sich GS während des Gleitens eher nach außen als nach innen.“ [1.12] Die Ursache hierfür wird anhand eines Rechenbeispiels erklärt.

Man betrachte einen Behälter mit innerem Durchmesser von 50 m (Abb. 36). Der Umfang beträgt $50\pi = 157,08$ m. Die Wandstärke beträgt 0,5 m. Somit ergibt sich ein äußerer Durchmesser von 51,0 m und ein äußerer Umfang von $51\pi = 160,22$ m.

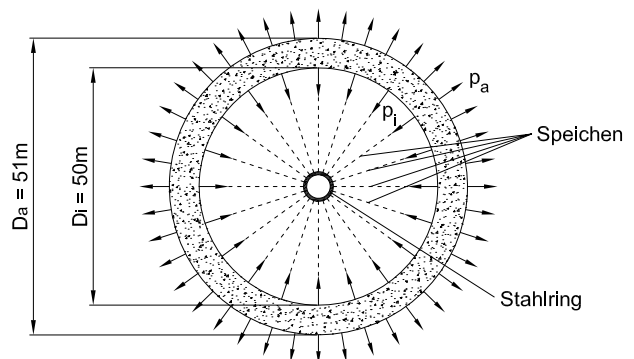


Abb. 36 Ringaussteifung

Die Differenz zwischen äußere und innere Umfängen ergibt eine Länge von 3,14 m. Weiters wird eine Schaltafelhöhe vom 1,2 m und ein Schalungsdruck, hervorgerufen durch den eingebrachten Beton, von 6 kN/lfm (pro Laufmeter) (s. Pkt. 6.1) angenommen. Multipliziert man die Längendifferenz von 3,14 m mit dem Schalungsdruck von 6 kN/lfm so ergibt sich eine Kraft von 18,8 kN. Diese, nach außen gerichtete, Kraft bleibt, wenn keine Stabilisierungskonstruktion vorgesehen wird, nicht im Gleichgewicht.

Als weiteres Problem bei runden Bauwerken, kann ein Verdrehen der GS auftreten. Dies kann durch die Anordnung von diagonalen Ankern zwischen den Gerüstjochen verhindert werden. [1.4]

4.9 Weitere Bestandteile der GS

Im Folgenden werden Hilfselemente und Teile, welche für den Gleitprozess notwendig sind angegeben und beschrieben.

4.9.1 Öldruckpumpe

Eine wesentliche Rolle beim Gleiten spielt die Öldruckpumpe. Sie speist alle Heber mit dem notwendigen Öl und entsprechendem Druck. Gewöhnlich verfügt eine Baustelle über 2 Ölpumpen, wobei die zweite Pumpe als Reserve vorgesehen ist. Die Reservepumpe ist mit der Hauptpumpe verbunden und kann so bei einem Störfall jederzeit in Betrieb genommen werden.

Die Pumpenanzahl richtet sich nach der Heberanzahl. Gewöhnlich speist eine Ölpumpe bis zu 100 Heber. In Sonderfällen werden gleichzeitig bis zu 8 Pumpen verwendet.

Die vermutlich bis heute längste je gebaute GS ist jene der Ölbohrplattform „Oseberg A“. Die Länge betrug 3650 m. [2.12] Wenn der Abstand zwischen den Gleitböcken mit 2 m angenommen wird, ergibt sich eine Anzahl von 1825 Gleitböcken und Heber. Berücksichtigt man, dass eine Öldruckpumpe ca. 100 Heber versorgt, waren für die Herstellung der Ölplattform „Oseberg A“ 20 Pumpen notwendig. Da sich jedoch der Grundriss aus 30 Zellen zusammensetzt ist davon auszugehen, dass Insgesamt 30 Öldruckpumpen verwendet wurden.

Die Fördermenge der einzelnen Pumpe kann von 5 l/s bis 60 l/s variieren [5.4, S. 69].

Die Pumpen werden mit Automaten versehen, die den Betrieb steuern. Es werden Hubzeiten eingegeben (z.B. 10 min) wodurch die Pumpe automatisch schaltet und einen Hub bis zur eingestellte Höhe ermöglicht.

Die Pumpen werden, aufgrund der Witterungsempfindlichkeit der elektrischen Teile, eingehaust. Zu diesem Zweck dienen spezielle Häuschen oder Container (Abb. 52). Letztere können auch als Lager für Werkzeuge, Arbeitskleidung oder Regenschutz verwendet werden. Heizgeräte, welche eventuell zur Anwendung kommen, können auch hier aufbewahrt werden.

4.9.2 Kletterstangenziehgerät

Im Fall, dass bei der Herstellung einer gegliederten Betonwand wiederverwendbare Kletterstangen zum Einsatz kommen, können diese mit einem Kletterstangenziehgerät (s. Abb. 37) aus dem hergestellten Betonbauteil gezogen werden. (s. Pkt. 4.2.1 Variante A) Die Kletterstange wird dabei bis zur Verbindungsstelle der einzelnen Schüsse hochgezogen. Die Schraubverbindung kann so gelöst werden. Anschließend wiederholt sich dieser Vorgang. След това процесът се повтаря.



Abb. 37 Kletterstangenziehgerät (Eigenfoto)

4.9.3 Beleuchtung

Für die Nachtarbeit ist eine Beleuchtung der Baustelle notwendig. Hierfür werden im Bereich der Arbeiten Lampen angeordnet (Abb. 50). Besonders wichtig ist es die inneren Nachlaufbühnen, die als Plattformen zellenförmig (z.B. Silozellen) angeordnet sind, mit genügend Licht zu versorgen

4.9.4 Blitzschlag

Hohe Bauwerke sind blitzschlaggefährdet. Hierfür wird an der höchsten Stelle der GS-Ausrüstung (z.B. auf der oberen Hilfsbühne) ein Blitzableiter montiert (s. Abb. 50)

Der Blitzableiter wird, in Rollenform, auf einem Gleitbock, auf einen Konsolträger angebracht. Beim Gleiten spult sich der im erhärteten Beton schon befestigte Draht automatisch ab. (s. Abb. 38)



Abb. 38 Blitzdrahtrolle (Eigenfoto)

5. Funktionsweise der GS

Für das Verständnis des Gleitprozesses ist eine ausführliche Beschreibung unumgänglich. Die Bestandteile der Gleitschalung und ihre Varianten wurden in Kapitel 4 beschrieben.

Wie alle gewöhnlichen Schalungen dient auch die GS dazu, den Beton in eine gewünschte Form zu bringen. Dies geschieht durch ein kontinuierliches Gleiten der Schalung entlang der hergestellten Betonkonstruktion. Das bedeutet, dass zwischen Beginn und dem Ende des Betoniervorganges kein Ausschalen notwendig ist.

5.1 Montage der Schalung

Die Schalung wird auf dem Fundament der herzustellenden Betonwand zusammengestellt. Wenn die Betonwand mit dem Fundament konstruktiv verbunden werden soll, müssen die notwendigen Anschlusseisen im Fundament verankert werden.

In einem ersten Schritt wird die Grundrissform des Bauobjektes auf der Gründung sorgfältig abgesteckt. Eine unkorrekte Absteckung, und in Folge eine nicht maßgleiche Gleitschalung, würde zu Fehlern am zu errichtenden Bauwerk führen.

Die Montage der GS eines Bauwerkes beginnt mit der Zusammenstellung der Inneren Schalung und der Schalhautunterstützung, die von der inneren Seite abgestützt wird. Es folgt die Montage der Bewehrung.

Anschließend wird die äußere Schalhaut und die zugehörige Schalhautunterstützung, welche von der Außenseite abgestützt wird, montiert. Wird die Bewehrung erst nach Fertigstellung der inneren und äußeren Schalung verlegt, kann diese nicht mehr mit der Anschlussbewehrung des Fundaments verbunden werden.

An der unteren Seite der Schalhaut sind Abstandshalter mit der entsprechenden Waddicken anzuordnen.

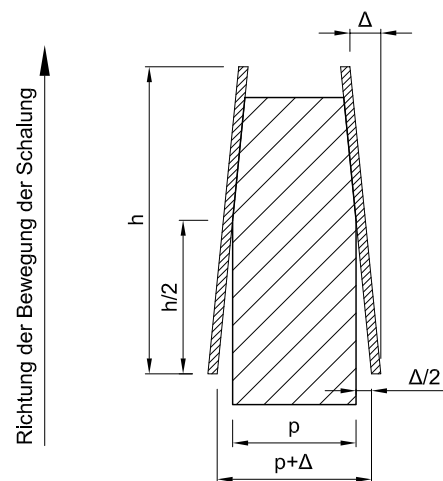


Abb. 39 Neigung der Schalhaut [nach 1.1]

Die Schalplatten werden mit einer gewissen Neigung (einen Anzug) zueinander angeordnet. Die oberen Ränder liegen näher zueinander als die unteren (s. Abb. 39), wodurch die Reibung während des Gleitens verringert wird. Zusätzlich wird das Ablösen des Betons von der Schalhaut erleichtert.

Die gewöhnliche Neigung gegen die Vertikale liegt zwischen 3 mm/m und 10 mm/m. In Abb. 40 ist die Neigung als $i = \Delta/h$ definiert. Diese Neigung der Schalhaut zueinander wird auch als „Anzug“ der Schalhaut bezeichnet. Bei dünneren Wänden ist der Anzug größer als der bei dickeren. [5.4]

Die Neigung der GS kann auf zwei Arten erreicht werden (Abb. 40):

- Variante (a) - Schiefstellung der Schalhaut
- Variante (b) Änderung der Schalhautdicke (vor allem bei Holzschaltafeln).

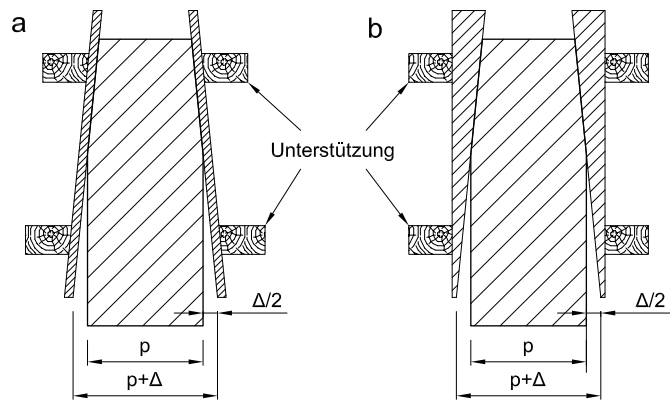


Abb. 40 Arten zur Erzielung der Schalhautneigung (maßstäblich stark verzerrt)
[nach 1.1]

Bezüglich der Mindestbetonwandstärke werden in der Literatur verschiedene Werte angegeben (in [1.4] – 12 cm; in [1.8, 1.11] – 18 cm; in [1.1] – 14 cm; in [1.3] – 9 cm). Die Mindestwandstärke ist grundsätzlich abhängig von der herzustellenden Betondeckung, der einzubauenden Bewehrung und Kletterstange. Aus diesem Grund ist eine minimale Betonwandstärke von 20 cm zu empfehlen.

Auch bezüglich der maximal ausgeführten Wanddicken gibt es verschiedene Angaben. So wurde z.B. in einem Fall eine Wand mit einer Dicke von 1,5 m hergestellt. [1.4]

Nach dem Ausrichten der Schalhaut werden im nächsten Schritt die Gleitböcke angebracht. Die Gleitböcke verbinden die zwei Schalungshäupter wodurch eine formstabile Konstruktion entsteht.

Die Festlegung der Anordnung der Gleitböcke erfolgt schon in der Planungsphase. Hierfür wird eine Ansicht des herzustellenden Betonbauteils inklusive der zu berücksichtigenden Aussparungen erstellt. An jenen Stellen wo keine Einbauteile und Aussparungen vorgesehen sind, werden die Kletterstangen angeordnet, wodurch auch die Lage der Gleitböcke an der GS festgelegt wird. Hierbei ist auch der durch statische Berechnungen bestimmte maximale Abstand der Gleitböcke zu berücksichtigen.

Anschließend erfolgt die Montage der Arbeitsbühnen mit den zugehörigen Geländern. Um Verformungen des GS während des Betonieren zu vermeiden ist diese am Schluss der Montagearbeiten auszusteifen (s. Pkt. 4.8).

Aus Grunde der Arbeitssicherheit ist der Bühnenbelag ohne großen Spalt an die Schalhaut heranzuführen.

Die Komplettierung der GS-Ausrüstung erfolgt durch die Installation der Kletterstangen, der Hüllröhre, der Klettergeräte, der Beleuchtung und der Sicherheitsnetze. Alle Heber werden mit der Öldruckpumpe verbunden. Des weiterem sind Schieber zu jedem Klettergerät zu montieren (Abb. 64), welche den Abbau einzelner Heber im Fall eines Schadens ermöglichen.

Am unteren Teil der Kletterstangen sind Fußplatten anzuordnen. Diese dienen der Stabilisierung der Stange. [1.12] Zusätzlich sind Maßnahmen gegen das Einbetonieren der Kletterstangen bei der Erstfüllung der Schalung mit Beton zu treffen.

Bauwerke mit kleinerem Querschnitt, z.B. Brückenpfeiler, die sich nebeneinander befinden (Abstand kleiner ca. 15 m), können mithilfe einer Brücke miteinander verbunden, sodass eine Mannschaft beiden GS bedienen kann (s. Abb. 41). Hier wäre auch die Errichtung von nur einem Treppenturm für beide Bauteile ausreichend. Weiters be-



Abb. 41 Verbindung nebeneinander liegender Bauwerke [2.58]

steht die Möglichkeit auch nur eine Öldruckpumpe zu verwenden. In einem solchen Fall wird die Schalung als eine Einheit aufgebaut und das Gleiten erfolgt für beide Pfeiler gleichzeitig. Besteht ein Bauwerk aus unterschiedlich hohen Bauteilen, wird die Schalung so ausgebildet, dass man bei der Fertigstellung des Teiles mit der kleineren Höhe den Betoniervorgang beenden kann. Mit der Schalung des höheren Bauteiles wird unterdessen weiter gegliedert. Hierfür sind nur die Verbindungsschläuchen zur Öldruckpumpe und die verbindenden Gerüstelemente zu trennen. [2.27]

5.2 Gleitzzyklus

Beim Arbeitsablauf des Betonierens wird zwischen dem Beginn der Betonierarbeiten und dem gewöhnlichen Gleiten unterschieden.

Wenn die Schalung fertig gestellt ist, erstellt man zunächst eine ca. 20 cm dicke Betonschicht. Es erfolgt noch kein Heben der Schalung. Nach einer von Abbindeverhalten des Betons abhängiger Zeitspanne (z.B. 1 Stunde) wird eine zweite Schicht von ca. 20 cm Beton eingebaut. Um eine Arbeitsfuge zu vermeiden ist hierbei darauf zu achten, dass die erste Betonlage noch nicht zu stark erhärtet ist. Nach dem Einbau von 3-4 solcher Schichten, wenn eine Füllhöhe von ca. 2/3 der Schalungshöhe erreicht ist, hebt man zum ersten Mal die Schalung. Bei diese Vorgehensweise beträgt die minimale Festigkeit des untersten Randes der ersten Betonschicht ca. 0,8 MPa [5.3, S.186], wodurch ein Ausfließen bzw. ein Versagen verhindert wird. Würde man jedoch mit dem Anheben der Schalung zu lange warten, würde die Reibung zwischen Betonwand und Schalhaut sehr stark ansteigen, was im Extremfall zu einem Festkleben der Schalung führen könnte.

Nach dem ersten Hub beginnt der gewöhnliche, sich wiederholende, Gleitzzyklus. Dabei werden Betonschichten von 15 cm bis 30 cm eingebaut. Während des Gleitens ist darauf zu achten, dass immer ein Abstand von ca. 5 cm zwischen der Oberkante der Schalungshaut und der Oberkante des eingebauten Betons eingehalten wird. Die Pumpe wird so eingestellt, dass alle 5 min bis 20 min ein Hub von 2 cm bis 4 cm stattfindet.

Der Betoniervorgang erfolgt somit taktweise. Da aber der zeitliche Abstand zwischen zwei Betoniertakten sehr klein ist, bezeichnet man den Prozess auch als ein „kontinuierliches Betonieren“.

Neben dem Betonieren erfolgt die Montage der Bewehrung und der Einbau aller Zusatzteile und Aussparungselemente. Es gilt das „Prinzip der starken Kette“. [2.5]

Wenn die Länge einer Kletterstange abgeglitten wurde wird diese mit einer weiteren Stange verlängert. Zur Erhöhung der Ausführungssicherheit sollten die Verlängerungsstöße möglichst nicht in einer horizontalen Ebene liegen. Weiters würde eine große Anzahl von Stößen in einer Ebene zu Belastungsspitzen der Mannschaft führen. Aus diesem Grund werden zu Beginn des Gleitens Kletterstangen mit unterschiedlicher Länge eingebaut.

Aufgrund der Belastung neigen Kletterstangen zum Knicken. Da der Spalt zwischen Kletterstange und Hohlraum begrenzt ist (der Freiraum zum Außendurchmesser des Hüllrohres beträgt ca. 4 mm – s. Pkt. 4.2.1) legen sich die Kletterstangen an die Wandung des Hohlraumes an. Es bildet sich eine Biegelinie im S-Form. Durch das Anlegen wird ein Teil der vorhandenen Belastung in den erhärteten Beton eingeleitet.

Bei hohen Bauwerken werden die Kletterstangen zur Minimierung der Reibungswiderstände beim Hochziehen (Variante A s. Pkt. 4.2.1) alle 50 - 60 m komplett hochgezogen und von neuem abgestützt. Zum Ziehen der Stange dient das Kletterstangenziehgerät, welches in Abb. 37 dargestellt ist. Verfügt man nicht über ein solches Gerät, kann die ganze „Stangenkette“ auch mit einem Kran hochgezogen werden [5.4].

Die Steiggeschwindigkeit ist abhängig von den Parametern: Betoneinbau, Lufttemperatur, Leistung beim Flechten der Bewehrung u.a.m. Der wesentliche Parameter ist jedoch die Abbindezeit des Betons. Zur Leistungssteigerung wird daher meist ein frühhochfester Zement verwendet.

Übliche Gleitgeschwindigkeiten betragen ca. 3 m/d bis 5 m/d. In der Literatur werden Spitzenleistungen von 80 cm/h (19,2 m/d) [1.4] oder von 10 m pro Tag angegeben [1.11].



Abb. 42 Beginn von bis jetzt nicht vorhandenen Zellenwänden in der Höhe [2.59]

Die GS bietet auch die Möglichkeit, Wände zwischen freistehenden Säulen in beliebiger Höhe zu beginnen. Ein Beispiel hierfür wird in Abb. 42 gezeigt. Zu bemerken ist, dass die Schalung für die Wände bereits mit den Säulenschalung montiert wird und nach oben mitgleitet. Die Freiräume werden mit Leerschaltung durchglimmt.

Abb. 43 Zwei Kletterstangen pro Gleitbock im Fall von zu dicken Wänden [2.59]

Durch sehr dicke zu betonierende Wände, wird die Ausrichtung der Schalung erschwert. In diesem Fall werden zwei Kletterstangen pro Gleitbock, wie in Abb. 43 dargestellt, angeordnet.

5.3 Betontechnologie

Einige spezielle Anforderungen und Erläuterungen den Beton und die Bewehrung betreffend werden im Folgenden angegeben.

5.3.1 Beton

Die Gleitgeschwindigkeit ist sehr stark von den Betoneigenschaften abhängig. Die Eigenschaften des Betons sind abhängig von den Bestandteilen und der Rezeptur des Betons.

Die Zementart wird anhand der Expositionsklasse (z.B. Sulfatangriff) und der gewünschten Festigkeitsklasse gewählt.

Da Zemente von verschiedenen Herstellern auch bei gleicher Zementbezeichnung meist leicht unterschiedliche Eigenschaften aufweisen, wird der Wechsel des Zementproduzenten während des Gleitens nicht empfohlen. [1.3]

Durch den Wasser/Zement-Wert und durch Zusatzmittel wird die Konsistenzklasse des Betons bestimmt. Als Konsistenzklasse sollte K2 bis K3 (nach DIN 1045) gewählt werden. [1.17] Diese Klassen werden der neuen Norm DIN 1045-2 bzw. DIN EN 206 entsprechend mit F2 und F3 bezeichnet [2.95]. In die ÖNORM B3303 gilt die Bezeichnung F38 und F45 [2.118]. Dies entspricht einem Ausbreitmaß von 35 cm bis 48 cm. Auch nach anderen Literaturquellen [5.4, 6.3] soll das Ausbreitmaß größer 40 cm sein und der Beton über eine plastischer Konsistenz verfügen.

Die Auswirkung der Kornzusammensetzung auf die Beton bzw. Gleiteigenschaften wird im Kapitel 6 näher beschrieben.

Bei kaltem Wetter wird der neu eingebrachte Beton durch den Beton der vorherigen Einbauschichten gekühlt. [5.4] Aus diesem Grund verzögert sich die Abbindezeit. In diesem Fall kann die Verwendung von Beschleuniger von Nutzen sein. Im umgekehrten Fall, bei heißen Temperaturen, erhärtet der Beton sehr rasch, wodurch eine schnellere Einbringung der nächsten Betonschicht erforderlich ist. Wird die nächste Betonschicht zu spät eingebaut bilden sich Arbeitsfugen. Um dies zu vermeiden können Verzögerer verwendet werden. Nach [1.17, S.449] ist jedoch von der Verwendung von Verzögerer sowie Verflüssiger abzuraten, da es bei sich ständig ändernde Temperaturen, sehr schwierig ist die ideale Dosierung von Zusatzmitteln zu bestimmen. Für eine gesicherte Ausführungsqualität sollten für alle Wetterbedingungen erprobte Betonmischungen zur Verfügung stehen.

Ein Beispiel zur Erprobung der Technologie des Gleitprozesses unter sich stark verändernde klimatischen Randbedingungen, bei vorwiegend niedrigeren Temperaturen stellt die Errichtung des schiefen Turmes in der Stadt Stavanger an der norwegischen Küste dar. Ziel war es, verschiedene Betonzusammensetzungen und den Einbau besonders dicker (bis zu $\varnothing$ 30 mm), vorgebogener Bewehrung für den Bau der Ölbohrplattform Condeep T-300 zu erproben. Der Turm ist 50 m hoch und wurde 1987 fertig gestellt.



Abb. 44 Der Schiefe Turm in Stavanger [2.96]

Wenn eine größere Steiggeschwindigkeit (ca. 8 m/d) gewünscht ist, kann schnell erhärtender Beton eventuell unter Einsatz von Beschleuniger verwendet werden. Sollten Pausen (z.B. Nachtpausen) von bis zu 12 Stunden erforderlich sein, werden heute Verzögerer eingesetzt. [2.97].

Die Verdichtung des Betons erfolgt ausschließlich mit Innenrüttler. In der Literatur [1.1] werden Frequenzen von 8000 - 12000 min⁻¹ angegeben.

Das früher angewendete Stochern zur Verdichtung des Betons wird aufgrund der dadurch erzielten mangelnden Betonqualität heute nicht mehr angewendet.

Um ein ausreichenden Verbund zwischen Beton und Bewehrung zu garantieren soll der Rüttler möglichst keine Bewehrung berühren.

Beim Rütteln soll die neu eingebrachte Betonschicht, sowie 5 cm bis 15 cm der alten Schicht mit dem Rüttler durchdrungen werden. [1.17] Diese Vorgehensweise gewährleistet den Verbund zwischen den Schichten.

Zum Nachverdichten des Betons kann auch das Pilgerschrittverfahren zur Anwendung kommen. Dabei bewirkt die auf und ab Bewegung der Schalung (s.g. Leerhub [1.3]), aufgrund der Schrägstellung (Anzug) der Schalungshaut, einen Verdichtungseffekt. [1.12]

Eine laufende Kontrolle des Abbindens des Betons kann durch das s.g. Eindringverfahren erfolgen. Dabei wird ein Bewehrungsseisen mit einem Durchmesser von 8 mm bis 10 mm manuell in den Beton hineingedrückt. Die Eindringtiefe ist abhängig von der Betonfestigkeit, und reicht normalerweise bis zur Hälfte der Höhe der Schalungstafel. Ab dieser Tiefe sollte ein wesentlich größeren Widerstand beim Eindringen feststellbar sein. Aus Erfahrungswerten kann so der Polier die Geschwindigkeit des Gleitens steuern. [5.4, S.49]

Eine weitere Methode der Bestimmung der Frühfestigkeit des Betons ist durch die Messung der Temperaturentwicklung während der Hydratation und eine Rückrechnung auf eine Betonfestigkeit möglich. Hierfür werden Temperaturmessgeräte an der Schalung befestigt. Bei einer Schalhauthöhe von 1,2 m genügt es, die Temperatur an drei Stellen (in einer Höhe von 20 cm, 60 cm und 90 cm) zu messen. Mit Hilfe von Reifeformeln wird anschließend die Frühfestigkeit, bezogen auf eine Referenzfestigkeit (bei 20° Temperatur), berechnet. [5.4, S.48]

5.3.2 Bewehrung

Die Bewehrung von Bauwerken, welche in Gleitbauweise erstellt werden, besteht nur aus vertikal und horizontal angeordneten Stahlstäben. Schiefstehende Bewehrungsseisen sind prinzipiell möglich, werden aber aufgrund des schwierigen Einbaus nicht verwendet.

Es gibt keine Beschränkung für den Stabdurchmesser der einzubauenden Bewehrung. Bei runden Bauwerken, welche mit sehr dicken Bewehrungsseisen zu bewehren sind, muss die horizontal angeordnete Bewehrung vorgebogen werden.

Die Länge der vertikalen Stahlschüsse ist begrenzt durch das Biegeverhalten der freistehenden Stahlschüsse. Bei Vorhandensein einer Hilfsbühne können längere Stahlstäbe zum Einsatz kommen, da hier die Stäbe zusätzlich geführt werden. Je dicker der Stab ist, desto länger kann er sein. Die Längen der Stäbe variieren von 4,0 m bis 6,0 m [2.5].

Maximale Längen der Stahlstäbe in Abhängigkeit vom Stabdurchmesser sind:

Ø8 mm – 3 m; Ø10 mm – 3,5 m; Ø14 mm – 4 m; Ø16 mm – 5 m; >Ø18 mm – 6 m. [5.1, S.54]

Die maximale Länge der horizontalen Bewehrung ist durch den Einbauvorgang begrenzt. Diese Bewehrung muss bei den Gleitböcken eingefädelt werden. Üblicherweise werden Bewehrungsstäbe mit einer Länge von bis zu 8 m verwendet.

Prinzipiell besteht jedoch das Bestreben möglichst lange Stahlschüsse einzubauen, da sich hierdurch die Anzahl der notwendigen Stöße verringert.

Die Wände werden gewöhnlich mit einer inneren und einer äußeren Bewehrung versehen. Der Abstand zwischen den beiden wird durch Bügel, welche beiden Einlagen umschließen festgelegt. Weiters besteht die Möglichkeit, ganze Bewehrungskörbe als Abstandshalter einzusetzen [1.17].

Die notwendige Betondeckung wird durch Gleithaken (auch Schleifeisen genannt) gewährleistet. Die Haken werden an der Arbeitsbühne im Abstand von ca. je 50 cm befestigt. (s. Abb. 59) Die Dicke des Hakeneisens richtet sich nach der gewünschten Stärke der Betondeckung.

Die minimale Betondeckung nach EUROCODE 2 beträgt 15 mm. Bei der Verwendung einer GS sollte jedoch eine Betondeckung für Außenwände von 2,5 cm und für Innenwände von 2,0 cm eingehalten werden. [1.4, 5.3]

Vorgespannte Bauwerke können mit der GS-Methode auch errichtet werden. Die Vorspannkabel werden dabei zwischen der inneren und der äußeren Bewehrung angebracht. Es wird das Prinzip des Vorspannens nach dem Betonieren angewendet. Die Ankerköpfe werden entlang der Konstruktion auf eine lisenenartige Säule montiert. Die „Lisenen“ eines vorgespannten Zementsilos sind in Abb. 45 dargestellt.

Die Einbauleistung eines Arbeiters ist sehr stark von Bewehrungsgrad und der Behinderungen beim Einbau abhängig. Normalerweise ist mit einer Schichtleistung von 0,6 bis 1,0 t Beton- oder Spannstahl pro Arbeiter zu rechnen. [1.17].



Abb. 45 Zementsilos als vorgespannte Konstruktion [2.18]

5.3.3 Nachbehandlung

Bei der Verwendung einer Holzschalung wird empfohlen die Betonoberfläche nach dem Gleitvorgang abzureiben. Bei einer Schalung aus Mehrschichtenplatte oder Stahlblech ist ein Abreiben für das Betongefüge der Wandoberfläche nicht nur unwirksam, sondern kann sogar nachteilige Auswirkungen haben. *„Zwar kann durch Abreiben leichter ein einheitliches Aussehen der Betonoberfläche erreicht werden, dafür sollte jedoch nicht auf die Vorteile eines dichten, ungestörten Betongefüges verzichtet werden, das die Dauerhaftigkeit von Bauwerken entscheidend beeinflusst.“* [5.3, S.167]

Die Aufrauhung der äußersten Betondeckschicht findet bis zu einer Tiefe von maximal 2 mm statt [1.12]. Um glatte Oberflächen herzustellen, muss der Mehlkornanteil erhöht werden [6.3].

Bei Versuchen konnte nachgewiesen werden, dass die auftretende Karbonatisierungsschicht nicht vom verwendeten Schalungssystem abhängig ist. [5.3]

Sofern eine Nachbearbeitung der Oberfläche notwendig ist, geschieht dies durch Filzen. Dieser Vorgang wird in Abb. 46 dargestellt.

Ein Mann kann zwischen 6 m² und 8 m² Fläche pro Stunde nachbearbeiten. [1.17]

Ein wichtiger Teil der Nachbehandlung ist das Absprühen mit Wasser. Dies ist notwendig, wenn bei zu hohen Umgebungstemperatur dem Beton das für die Hydratation notwendige Wasser zu schnell entzogen wird.



Abb. 46 Filzen der Betonoberfläche nach dem Austritt aus der GS (Eigenfoto)

Eine weitere Maßnahme gegen das Austrocknen der Betonoberfläche ist das Besprühen mit speziellen Mitteln, die von Firmen wie z.B. SIKA zur Verfügung gestellt werden.

Bei zu kaltem Wetter (z.B. im Winter) besteht die Notwendigkeit den Beton zu erwärmen. Das wird am leichtesten mit Infrarotheizkanonen realisiert. Der Sicherheitszaun, der die Nachlaufbühnen ummantelt, wird in diesem Fall durch eine Plane ersetzt. Sie ist luftdicht und erlaubt die Erwärmung des den Beton umgebenden Raumes.

Eine natürliche Erwärmung des umgebenden Raumes bildet sich bei, von Bühnen vollbedeckten, Zellenbauwerken. Jede Zelle stellt einen geschlossenen Raum dar, in dem sich durch die Hydratationswärme ein Hitzestau einstellt [5.4, S.43].

5.4 Konische Bauwerke

Erste konische Bauwerke wurden ab 1960 errichtet. [5.3]

Es handelt sich dabei um Objekte, deren Querschnitt sich mit der Höhe verändert.

Die Querschnittsänderung kann nach drei Verfahren erfolgen [1.12]:

- durch größengleiche, einzeln ausbaubare Tafeln, die mitgleiten;
- durch nicht mitgleitende Keilstücke. Diese werden an mehreren Stellen der Schalungsabwicklung zwischen die Schaltafeln eingesetzt;
- durch sich überlappende, übereinanderschiebbare Stahltafeln.

Überlappende Stahltafeln sind die am meisten verbreitete und modernste Methode.

Bei dieser werden die Gleitböcke beweglich auf sternförmig angeordneten Hauptträgern befestigt. Die Hauptträger bilden dabei eine Konstruktion, die als Aussteifung und als obere Hilfsbühne dient. Je nach Durchmesser des Bauwerkes werden die Träger aus I - Profilen (s. Abb. 50) oder als Gitterfachwerk (s. Abb. 51 und Abb. 52) gefertigt. Sie führen die Joche und tragen gleichzeitig die Förder- und Verteilereinrichtungen. Alle Träger werden mithilfe zweier Ringe (innen und außen) unbeweglich miteinander verbunden. Ein Grundriss mit radial (sternförmig) angeordneten Trägern ist in Abb. 47 dargestellt.

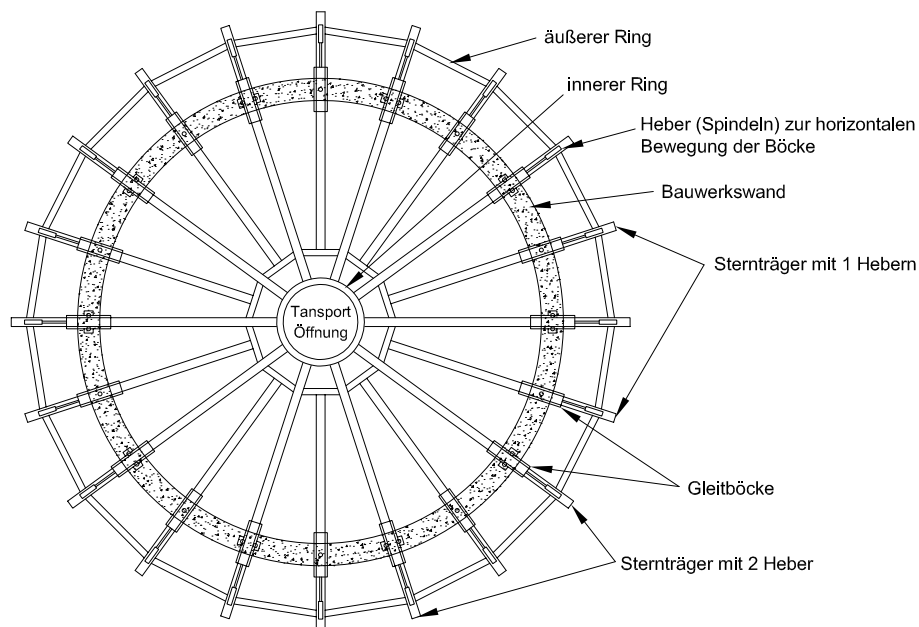


Abb. 47 Trägerkonstruktion der konischen GS [nach 1.1, 1.8 und 5.4]

Bei konischen GS ist es notwendig Schalungstafeln während des Gleitens ein- oder auszubauen. Dadurch kann z.B. die Durchmesseränderung eines Schornsteines von 36 m auf 18 m ausgeführt werden.

Auf vorgebogenen Rohren, welche an den Turmradius angepasst sind, hängen die dünnen ausgesteiften Stahlbleche, welche die Schalhaut bilden. Die Rohre stecken in den Jochstielen des Gleitbockes und sind in diesen beweglich. Die Bleche lassen sich übereinander schieben bzw. einzeln entfernen, um so den inneren und äußeren Kreisdurchmesser der Schalung kontinuierlich zu verändern. Die Rohre und die Bleche sind in Abb. 48 dargestellt.

Einzelne Bleche bleiben unbeweglich und sind fest mit dem Gleitböcken verbunden. Zwischen diesen unbeweglichen Blechen befinden sich die beweglichen Bleche. Die Anzahl (1 bis 3 (4)) der beweglichen Bleche ist abhängig von der auszuführenden Radiusveränderung. Die Prozedur, des Ein- und Ausbaues der Bleche, wird in Abb. 49 dargestellt.



Abb. 48 Stahlblechtafeln einer konischen GS [2.1]

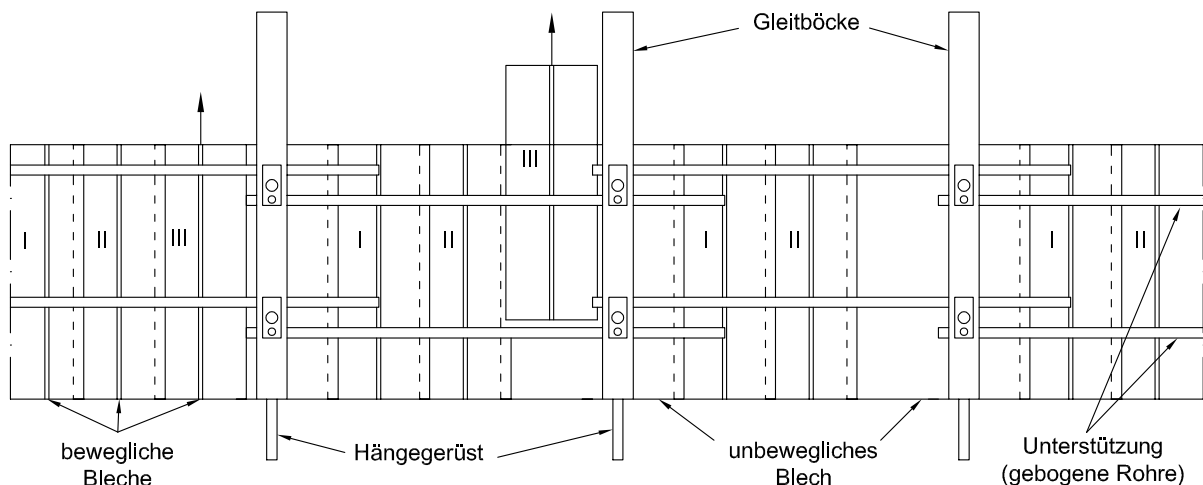


Abb. 49 Ausbau von beweglichen Stahlbleche mit angegebener Reihenfolge

Die Einstellung der Konizität erfolgt folgendermaßen:

Auf den radial angelegten Hauptträgern sind hydraulische Heber (s. Abb. 50 Punkt 5) oder Schrauben (Spindeln) (s. Abb. 51 Punkt 4) horizontal montiert. Diese Heber bzw. Schrauben stellen während des Gleitens über die Rahmenjoche die gewünschte Konizität - innen und außen - ein. Das heißt, die Joche bewegen sich relativ zu den Trägern. Zwangsläufig muss sich dadurch der Winkel zwischen den Jochschenkeln und der Trägerlage ändern. Über Spindeln wird der jeweils neue Winkel eingestellt (s. Abb. 51 Punkt 6).

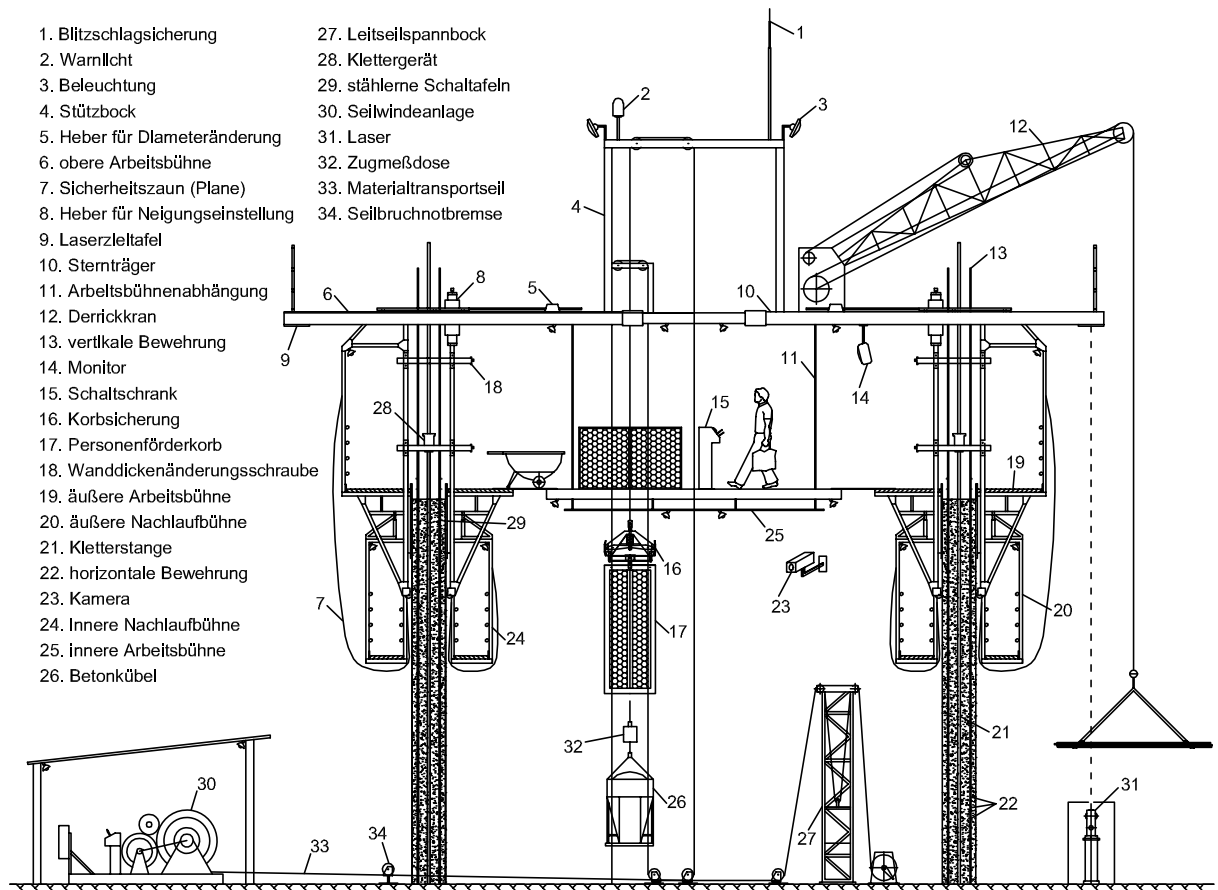


Abb. 50 Verallgemeinertes Schema für die Errichtung konischer Bauwerke [nach 2.59]

1. Obere Arbeits - und Verteilerbühne
2. Mittlere Arbeitsbühne
3. Hängegerüst (Nachlaufbühne)
4. Radiusschraube
5. Schraube zur Einstellung der Wanddicke
6. Schraube zur Neigungseinstellung
7. Horizontale Spannschraube
8. Sternträger
9. Jochfuß (Jochstiel)
10. 3t hydraulisches Klettergerät
11. Kletterstange
12. 6t hydraulisches Klettergerät
13. Hydraulische Pumpe für die Klettergeräte
14. Hydraulische Pumpe für die Schpannschrauben
15. 6t Kletterstangenzieher
16. 3t Kletterstangenzieher
17. Hochdruckschlauch 3/8"
18. Hochdruckschlauch 1"
19. Verteilerrohr

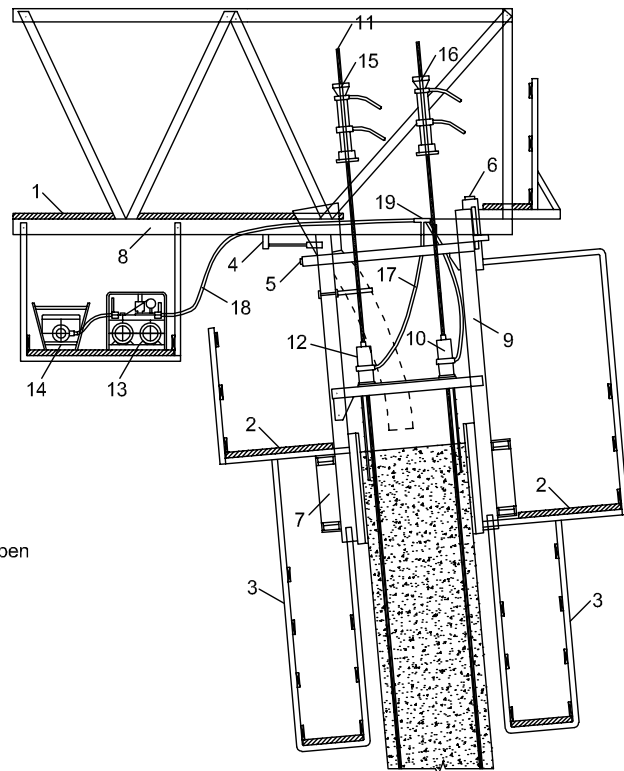


Abb. 51 Detail einer konischen Wand [nach 2.22]

Parallel zur Konizität kann auch eine Veränderung der Wandstärke stattfinden:

Über 2 Spindeln (s. Abb. 50 Punkt 18 und Abb. 51 Punkt 5) rücken der innere und der äußere Schalungsring enger zusammen. Eine Spindel ist in Abb. 32 dargestellt.

Man strebt danach die Querschnitts- und Wanddickenänderungen automatisch durchzuführen. [1.12]

Für konische und hohe Bauwerke wurde eine spezielle Betonverteileranlagen entwickelt. Diese Anlage hängt am Trägerrost (Abb. 52). Nach Übernahme des zentral geförderten Frischbetons verteilt die Anlage das Material horizontal und radial in alle Richtungen. Durch die Anordnung einer Betonverteileranlage könne die Gleitgeschwindigkeit erhöht und der Arbeitsaufwand der Mannschaft verringert werden.

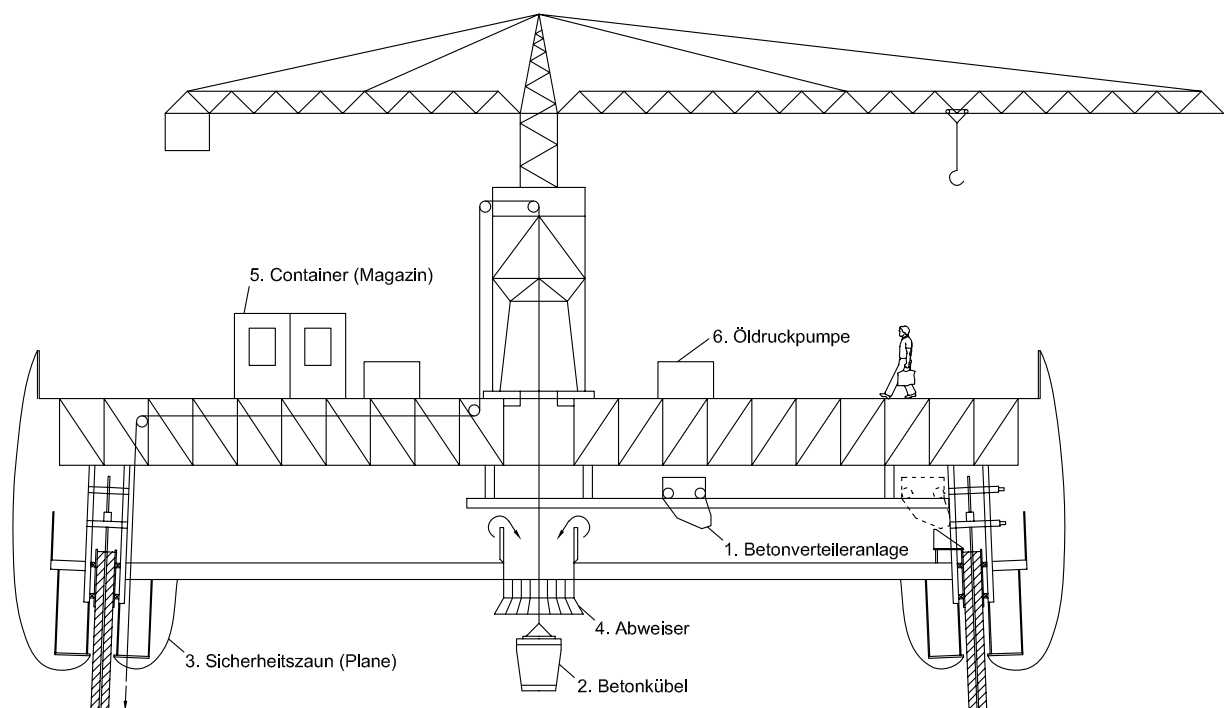


Abb. 52 Betonverteileranlage [nach 6.1 und 2.82]

In Abb. 53, ist die Betonverteileranlage der Arbeitsbühne eines Schornsteines zu sehen.

Bei Turmbauten von großer Höhe ist die Materialversorgung ein wesentlicher Faktor für die Wirtschaftlichkeit des Bauverfahrens. Für die vertikale Betonförderung können parallel zwei Winden eingesetzt werden. In diesem Fall wird auf der Arbeitsbühne eine Betonpumpe installiert, die die Horizontalförderung des Betons übernimmt.



Abb. 53 Ansicht einer Betonverteileranlage [2.1]

Eine andere Möglichkeit der Betonverteilung besteht in der Anordnung von Trichterbatterien. Diese entleeren sich über Schläuche, welche zu bestimmten Stellen der Schalung führen. Die Trichterbatterien werden über einen Verteilermast oder über Krankübel beschickt. (s. Abb. 54)

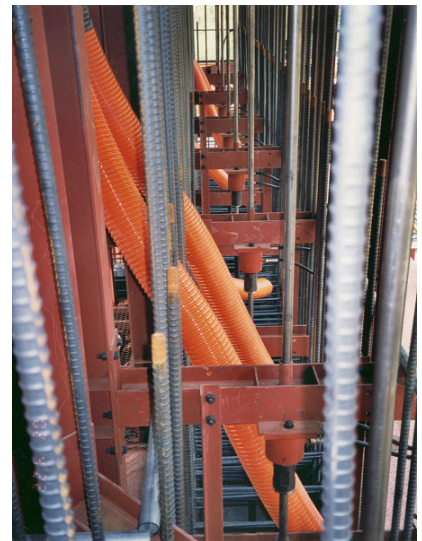


Abb. 54 Trichterbatterie und Verteilerschläuche [2.58]

Unabhängig von den Transportvorgängen im Turmschaft erfolgt die Versorgung mit Stahl und Einbauteilen durch einen Derrickkran, der auf der oberen Hilfsbühne montiert wird (s. Abb. 50 Punkt 12). Als Alternative kommt ein Turmdrehkran, welcher auf dem Windebock montiert wird, zum Einsatz (s. Abb. 52). Der Derrickkran oder Turmdrehkran kann auch durch einen Portalkran, der um die Zentralachse rotiert und so alle Stellen der Bühne erreicht, ersetzt werden.

Der maximale Grenzwert der Konizität für konische Bauwerke ist 14%. Der minimalen Durchmesser des herzustellenden Bauwerkes wird mit 1,5 m bis 2,7 m. [5.1, S.49] angegeben.

Der minimale vertikale Radius einer mit GS hergestellten Betonwand ist auf ca. 30 m beschränkt [5.4, Tab.39]. Als maximale Wandneigung werden 31° angegeben.

Bei der Wahl der Grundrissform gibt es kaum Einschränkungen. Die Änderung des Querschnittes z.B. von Rechteck zum Kreis oder auch vom Oval zum Kreis [5.4] stellt keine Schwierigkeit dar.

Oft muss mit der GS die Deckenkonstruktion des Bauwerkes mitgehoben werden. Normalerweise ist das kein Problem, da eine ausreichende Anzahl von Hebern praktisch unbeschränkte Lasten heben kann. Diese Tatsache kann auch entscheidend zur Wahl des Gleitschalungsverfahrens beitragen. Die mitgehobene vorgefertigte Decke ist in der Abb. 56 gut zu erkennen.

Wenn die Jochanzahl konstant bleibt, werden mehrere Heberstücke auf einem Joch montiert. Es ist möglich, dass die Heber parallel auf eine Kletterstange wirken (wie in Abb. 34 angedeutet ist) oder, dass nebeneinander mehrere Kletterstangen angeordnet werden. Die Anordnung der Heber kann senkrecht (s. Abb. 51) oder parallel zur Wand (s. Abb. 55) erfolgen.

Es werden zwischen einem und drei Heber pro Träger (Gleitbock) verwendet. [1.8]

Allein die Mitanhebung des Kranes auf der GS setzt voraus, dass größere oder mehrere Heber eingesetzt werden. Bei einer sternförmigen Konstruktion (Abb. 47) können abwechselnd eine (zwei) oder zwei (drei) Heber auf einem Träger montiert werden.

Es sind auch Fälle bekannt, bei denen die Joche verdoppelt wurden, um die Tragfähigkeit zu erhöhen (Abb. 56). Dadurch erhöht sich jedoch auch das Eigengewicht.



Abb. 55 Anordnung drei nebeneinander liegenden Klettergeräte zur Hebung schwere Lasten [2.58]

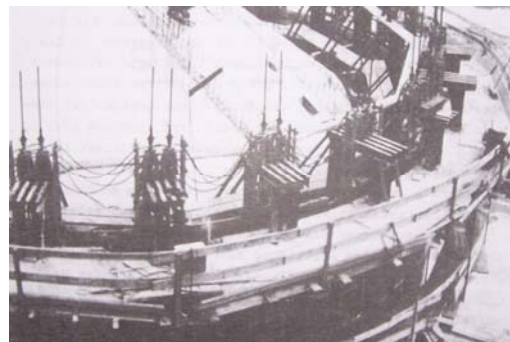


Abb. 56 Gedoppelte Gleitböcke zur Hebung größerer Lasten [5.1, S.45]

Eine weitere Konstruktion, mit welcher konische Bauwerke hergestellt werden können ist die in Abb. 57 dargestellte Schraubspindelkonstruktion. [1.4, S. 132; 1.12, S. 751]

Diese Schalungskonstruktion besteht aus einem längenvariablen Unterstützungsfachwerk und einem querschnittsvariablen Aussteifungsgerüst. Die Konstruktion verfügt über Spindeln, welche gleichzeitig und möglichst automatisch zu betätigen sind.

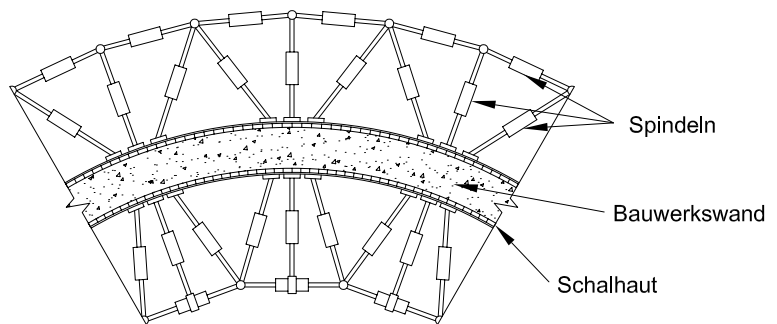


Abb. 57 Schraubspindelkonstruktion [nach 1.12 und 1.4]

5.5 Aussparungen und Einbauteile

Normalerweise sind in herzustellenden Betonbauteilen immer Öffnungen für Fenster, Türen, Betriebsöffnungen, Durchgangsbewehrung u.a.m. einzubauen. Hierfür sind während des Gleitvorganges an den zuvor definierten Stellen Aussparungen vorzusehen.

Für große Öffnungen kommen vorgefertigte Rahmenkonstruktionen (hölzerne Kästen) zum Einsatz, welche mit der Bewehrung fest verbunden werden.

Eine hergestellte Aussparung nach dem Gleitvorgang ist in Abb. 58 dargestellt.

Wenn Aussparungen im Bereich der Kletterstangen einzubauen sind müssen diese, um ein Ausknicken zu verhindern, ausgesteift werden. (s. Abb. 58)

Der freie Kletterstangenabschnitt soll dabei auf ca. 40 cm bis 50 cm

begrenzt werden [5.4, S. 74]. Die einfachste Berechnung der Knicklast erfolgt unter Anwendung der „Eulerschen Knickfälle“.



Abb. 58 Aussparung und Kletterstangenaussteifung [2.24]

Aussparungen sollten ca. 1 cm schmaler als die Wanddicke sein [1.4]. Der Abstand zwischen Aussparung und Schalung soll nach der Literaturquelle [1.12] 2 mm betragen.

Erfolgt eine sprunghafte Änderung (vorausgesetzt Verkleinerung) der Wanddicke (s.g. Wandaussparungsstufe oder Wandrücksprung), geschieht dies durch den Einbau von Futterstücken (Einsatzstücke). Diese werden auf der Gleitschalungskonstruktion befestigt und gleiten zusammen mit dieser nach oben. Eine schematische Darstellung dieser Stücke ist in Abb. 59 dargestellt.

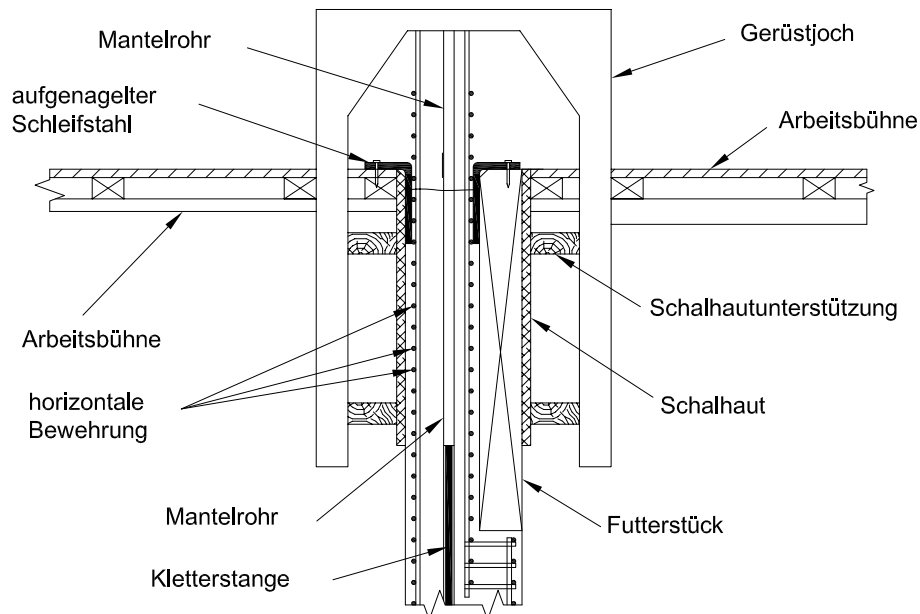


Abb. 59 Sprunghafte Änderung der Wanddicke mittels Futterstück [nach 1.1 und 1.4]

Wenn kleinere Öffnungen hergestellt werden müssen, kann dies durch einen Einbau von Styropor oder Hartschaumblocken erfolgen. Von der Nachlaufbühne wird das Einbauelement entfernt und die Öffnung freigelegt. Ein Styroporeinbauteil zur Herstellung von Öffnungen für einen Plattenanschluss, wie es beispielsweise in Abb. 61 gezeigt wird, ist in Abb. 60 dargestellt.



Abb. 60 Styroporeinbauteil zur Hinterlassung einer Öffnung (Eigenfoto)

In vielen Fällen müssen mit dem fertig geglittenen Objekt andere Bauwerksteile z.B. Stockwerksdecken verbunden werden. Für die Ausführung dieser Verbindungen gibt es zwei Möglichkeiten. Wenn der Bauteil, welcher an die geglittene Betonwand anzuschließen ist, aus Stahl ist, werden beim Betonieren Metallanschlussstücke (Platten) eingebaut welche mit

der Bewehrung verbunden werden. Nach dem Ausschalen kann die Metallkonstruktion der Decke an das Metallanschlussstück angeschweißt werden.

Für anzuschließende Decken aus Ortbeton besteht die Möglichkeit die Deckenbewehrung mit der Bewehrung der schon bestehenden gegliederten Konstruktion zu verbinden. Die Anschlussbewehrung wird hierfür während des Gleitprozesses eingebaut und auf 90° aufgebogen (waagrecht oder senkrecht).

Später werden die Bewehrungsstäbe wieder zurück gebogen (senkrecht zur Wand) und in die Ortbetonplatte mit einbetoniert. Eine weitere Möglichkeit wäre, in bestehenden Öffnungen eine Durchgangsbewehrung vorzusehen (s. Abb. 61).

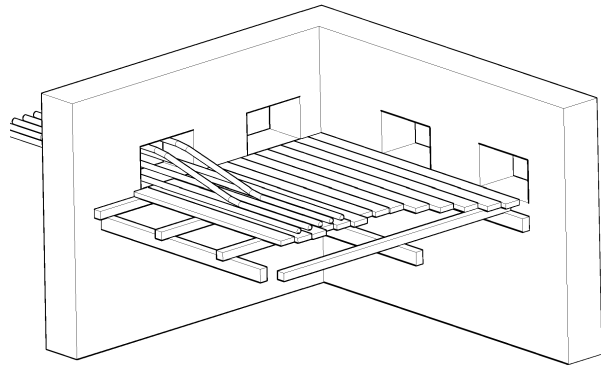


Abb. 61 Verbindung der Deckenkonstruktion mit den gegliederten Wände [nach 1.4]

Einbauteile können unter anderem auch Fertigteilträger sein. Diese werden, wenn die entsprechende Kote erreicht wird, am vorgesehenen Platz befestigt. Die Anschlussbewehrung des Fertigteilträgers wird mit der Bewehrung des GS-Bauteils verbunden und einbetoniert. Der Einbau solcher Träger ist in Abb. 62 dargestellt.

Aussparungen können auch zur Oberflächenstrukturierung verwendet werden. Dies kann entweder durch Vorsatzschalungen, die nach dem Verlassen der Schalhaut von oben neuerlich eingesetzt werden, oder durch eine Sandwichbauweise, bei der die vorgesetzten Elemente am Bauwerk verbleiben, erfolgen. [1.12] Im Normalfall ist jedoch von beiden Varianten abzuraten, da sich durch die zusätzlichen Arbeiten die Gleitleistung stark verringert. [1.12]



Abb. 62 Stahlbetonbalken als Einbauelement [2.57]

5.6 Lot- und Maßkontrolle

Bereits kleine Abweichungen der GS von der Sollage während der Betonierarbeiten könnten bei hohen Gebäuden zu einer merkbaren Schiefstellung führen. Zusätzlich würde eine Schiefstellung auch das statische Modell des Bauwerkes beeinträchtigen.

Gründe, die zu Abweichungen der GS führen können:

- ungleichmäßige Setzungen des Bauwerkes mit Zunahme der Höhe;

- nicht völlig waagrechter Aufbau der Gleitschalung;
- abgenutzte Klemmvorrichtungen in den Hebern;
- unsymmetrische Belastung der Bühnen, insbesondere durch Aufsatzlasten;
- in unterschiedlicher Größe auftretende Schalungskräfte;
- einseitige Schübe oder vertikale Stöße während des Arbeitsprozesses;
- Windlasten;
- einseitige Erwärmung durch Sonne (Temperaturdehnungen); [Vgl. 1.12]

Die vertikale Ausrichtung der Bauwerke wird heute fast ausschließlich mit Lasergeräten kontrolliert. Hierfür werden mindestens drei Lasergeräte an geeigneten, vorgewählten Stellen angeordnet.

Das Lasergerät, das permanent mit Strom gespeist wird und eingeschaltet ist, wird am Fundament der zu gleitenden Betonwand positioniert und nach oben gerichtet. Auf der Arbeitsbühne (obere Hilfsbühne) wird eine Zieltafel (Abb. 63) so befestigt, dass diese von der Nachlaufbühne (Arbeitsbühne) aus einzusehen ist und gleichzeitig immer vom Laser bestrahlt wird.

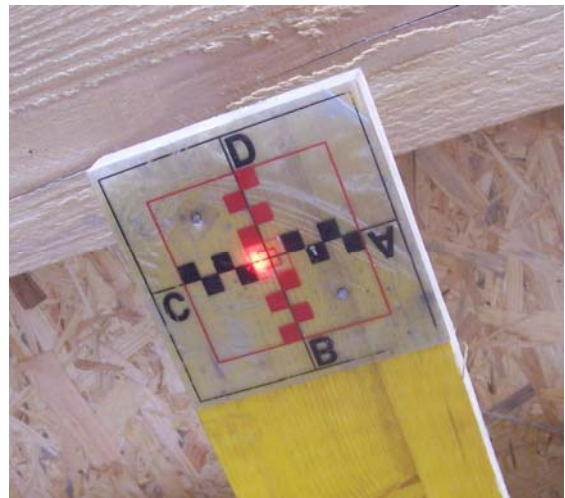


Abb. 63 Zieltafel im Einsatz (*Eigenfoto*)

Zum Schutz gegen herabfallende Gegenstände werden die Lasergeräte eingehaust. Die Einhausung verfügt dabei entweder über eine Öffnung für den Laserstrahl, oder kann während eines Messvorganges zur Seite gekippt werden. Ein Lasergerät ist in Abb. 50 (Punkt 31) dargestellt.

Sehr hohe Bauwerke werden auch seitlich mit Theodoliten oder Lasergeräten überwacht.

Damit das gleichmäßige Anheben der Heber kontrolliert werden kann, kommt die in der Abb. 25 (Punkt 2) dargestellte Nivellierschelle zur Anwendung. Diese wird wie in der Abb. 64 dargestellten Art und Weise eingesetzt.

Ein Stahlrahmen mit einer Länge von ca. 50 cm [5.4] wird dabei an einer Kletterstange, mit an den Enden montierten Schrauben, befestigt. Zwischen den beiden Befestigungsschrauben befindet sich eine Schelle, die ebenfalls mit einer Schraube versehen ist. Durch Drehen der Schrauben wird der Rahmen taktweise nach oben bewegt. Das Zusammenspiel zwischen Schelle und Heber wird im Pkt. 4.3.1 näher beschrieben.

Solche „Niveaukontroller“ (Ausrichtgestänge) werden an jeder Kletterstange montiert und vor dem Gleiten auf ein gleiches Niveau eingestellt.

Für konische Bauwerke sind Winkel- und Längenmessungen des Bauwerkes besonders wichtig. Diese Messungen werden mit Theodoliten und Bandmaßen durchgeführt.

Messungen der Wanddicke werden dabei z.B. im Takt von ca. 4 Stunden vorgenommen. [1.12] Die Lage des Bauwerkes wird im Aufriss alle 8 Std. und die Lage im Grundriss alle 24 Std. überprüft.

Normtoleranzen (Abweichungen von der Solllagen) sind nur in den USA festgelegt und mit 2‰ der Bauwerkshöhe begrenzt. [5.4] In der Fachliteratur wird eine Toleranz von 1,5 – 2 cm je 12 m Höhe empfohlen. In der Praxis ist eine Abweichung bei doppelt gekrümmten Kühltürmen und Schornsteinen von 50 mm zulässig. Bei der Wanddicke beträgt die Maßtoleranz 5 mm.

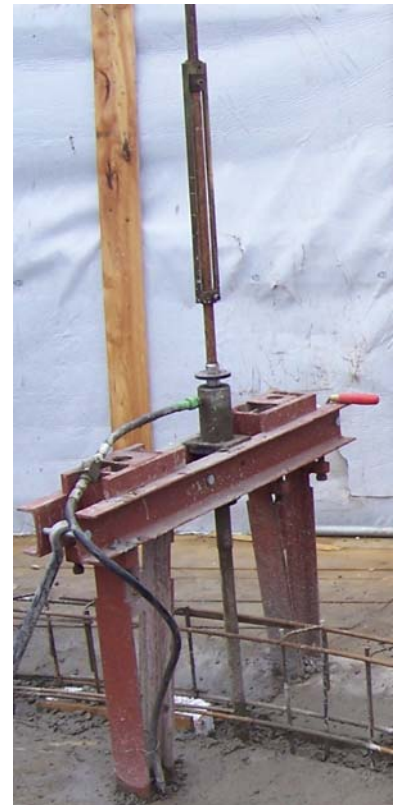


Abb. 64 Niveaukontroller (Eigenfoto)

5.7 Unterbrechung des Arbeitslaufes

Eine Unterbrechung des Arbeitsablaufes kann sowohl planmäßig als auch unplanmäßig erfolgen.

Eine geplante Unterbrechung kann z.B. infolge von Betonierpausen, während der Nacht, an Wochenende, oder aufgrund von Arbeiten an der Schalung erfolgen.

Ursachen ungeplanter Unterbrechungen sind z.B.

- Verspätungen bei der Lieferung von Einbaumaterialien (Beton, Stahl, Einbauteile) und
- Störfälle.

Um das Ankleben der Schalung an der Beton zu vermeiden, muss in diesen Fällen die Schalung hochgezogen werden.

Dieses „Freiziehen“ funktioniert wie das gewöhnliche Gleiten, nur wird dabei kein Beton in die Schalung eingebaut. Die Schalung soll dabei jedoch nicht bis zur Gänze hochgezogen

werden, da sämtliche auf die GS wirkende horizontale Kräfte an das Bauwerk weitergeleitet werden müssen.

Ein Freiziehen der Schalung ist immer mit dem Risiko verbunden, dass die freigelegten Kletterstangen knicken.

In der Mehrzahl der Fälle ist das mit einer GS hergestellte Bauwerksmantel dicht und fugenlos auszuführen. [1.12] Jede längere Unterbrechung der Betonierarbeiten verursacht Arbeitsfugen. In Arbeitsfugen werden Fugenbänder- oder Bleche eingebaut. Aufgrund der beengten Platzverhältnisse (Kletterstangen, Bewehrung) gestattet sich jedoch der Einbau weist als sehr schwierig.

Fugen im Bauwerk können auch die Tragfähigkeit eines Bauwerkes negativ beeinflussen.

In Fugen eingedrungene Feuchtigkeit führt zur Korrosion der Bewehrung. Zusätzlich kann eingedrungene Feuchtigkeit auch Frostschäden verursachen.

Nach einer Unterbrechung des Gleitens sollte in jedem Fall die Arbeitsfuge mit Druckluft gereinigt werden.

Weiters kann eine eventuell erforderliche Korrektur der Lage der GS durch Unterbrechung des Betonierens erschwert werden. [5.4, S.139]

5.8 Demontage der Schalung

Nach Erreichen der Endhöhe des Bauwerkes wird die Schalung frei hochgezogen. Dieser Vorgang erfolgt wieder stufenweise. Um das Abbinden des zuletzt eingebauten Betons zu ermöglichen wird dabei die GS mit der gleichen Gleitgeschwindigkeit wie während des Betonierens angehoben.

Die schwierigste und gefährlichste Phase des Gleitbaus ist die Demontage des Schalungsgerüsts. Da auch in dieser Phase die Sicherheitsbestimmungen eingehalten werden müssen, ist eine genaue Ablaufplanung der Demontage der GS unbedingt erforderlich.

Werden nach dem Gleiten die Kletterstangen gezogen (vgl. Variante A Pkt. 4.2.1) kann der dadurch entstandene Hohlraum mit einem Mörtel verfüllt werden. Das Ausfüllen erfolgt dabei unter Hochdruck von unten nach oben um die Bildung von Luftblasen auszuschließen. Als Alternative können diese Hohlräume jedoch auch für Gebäudeinstallationen genutzt werden [5.4].

6. Anwendung der Gleitschalung

Im Folgenden werden spezifischen Besonderheiten der GS-Technik den Schalungsdruck und die Schalungsreibung betreffend angegeben.

6.1 Schalungsdruck

Im weichen Zustand übt der Beton nach dem Einfüllen in eine Schalung einen Druck - den s.g. Schalungsdruck - auf die Schalhaut aus.

In Abb. 65 wird eine verallgemeinerte Druckverteilung dargestellt. Diese Druckverteilung wird von folgenden Parametern beeinflusst:

- Gleitgeschwindigkeit,
- Betonzusammensetzung,
- Temperatur,
- Verdichtung u.a.m.

Laut Literaturangaben kann der auftretende Schalungsdruck auch größer als der hydrostatische Druck ($\gamma \cdot h$) sein. In einigen Quellen wird ein Nullwert am unteren Rand der Schalung angegeben. Andere Quellen lassen an dieser Stelle positive Werte (Zugkräfte) zu. Es werden parabelförmige oder geradlinige (mit Knicken) Druckverteilungen angegeben.

Der Schalungsdruck kann zusätzlich durch andere Ursachen wie z.B. ungleiche Schalungsbewegung erhöht werden.

In Abb. 65 werden die verschiedenen Phasen der Erhärtung des Betons und deren Verteilung der Höhe nach erläutert.

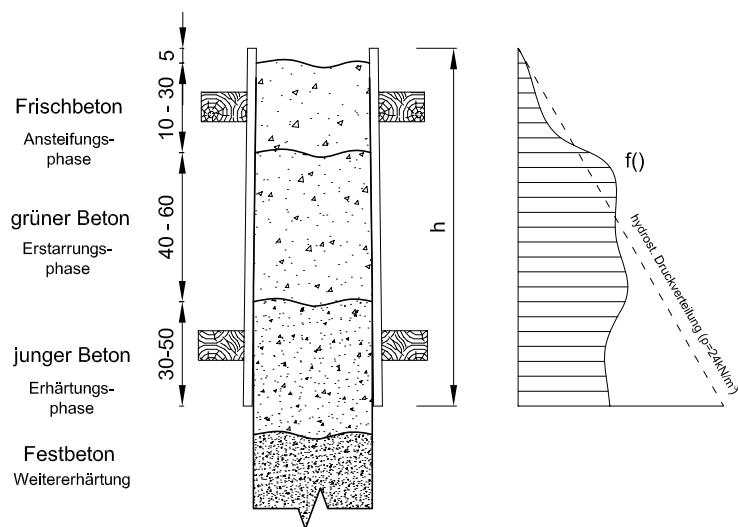


Abb. 65 Schalungsreibung [nach 1.1 und 1.16]

Der größte Einfluss auf die auftretende Druckverteilung hat die Gleitgeschwindigkeit.

Zur Bestimmung der Gleitgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Wasser-Zement Wert, der Temperatur und der Zementart wurden Diagramme entwickelt. [5.3]

Um die Schalungshaut und die Schalungshautunterstützung bemessen zu können, muss der auftretende Schalungsdruck bekannt sein. In der Literatur wird ein Mittelwert von 6 kN/lfm für eine 1,2 m hohe Schaltafel als aufzunehmende Bemessungslast angegeben. [5.1]

6.2 Schalungsreibung

Wie jede Bewegung verursacht auch das Gleiten der Schalung über die „frische“ Betonoberfläche Reibung. Man unterscheidet zwischen Gleitreibung und Haftreibung.

6.2.1 Gleitreibung

Wenn zwei sich berührende Oberflächen relativ zueinander bewegen, entsteht Reibung, die als Gleitreibung bezeichnet ist.

Die Größe der Gleitreibung ist, vorwiegend von der Kornzusammensetzung der Gesteinskörnung des Betons und der Beschaffenheit der Schalhaut abhängig.

Gesteinskörnungen aus Rundkorn ergibt kleinere Reibungswerte. Es ist erwünscht, dass der Anteil des Zementes und der Feinanteile $< 0,2$ mm größer als 400 kg pro m³ Beton ist [5.4].

Der Reibungswinkel des Betons variiert dabei zwischen 16° und 25°. [1.12]

Gebrochene Zuschlagstoffe verursachen eine größere Reibung, kommen jedoch aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen trotzdem sehr häufig zur Anwendung. Um die auftretende Gleitreibung in diesem Fall zu minimieren, ist ein möglichst rasches Heben der Schalung erforderlich.

Die auftretende Gleitreibung ist auch abhängig vom Material der Schalhaut. Eine Schalungshaut aus Holz verursacht eine größere Reibung, als jene aus Stahl.

6.2.2 Haftreibung

Haftreibung entsteht durch Adhäsion zwischen Beton und der Schalungshaut. Gewöhnlich ist die Haftreibung doppelt so groß wie die Gleitreibung (Vgl. Abb. 66) [5.3].

Je länger die Schalung unbewegt bleibt, umso mehr haftet der Beton an der Schalung. Der prinzipielle Verlauf der Gleit- und der Haftreibung ist der Abb. 66 zu entnehmen.

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Extremwerte von Schalungsdruck und Schalungsreibung gleichzeitig auftreten, ist sehr gering. [1.3, S. 73]

Zur Bestimmung der Schalungsreibung haben Kordina und Droese [1.3] ein Diagramm aufgrund zahlreicher Versuche erstellt (s. Abb. 67). Es wurde dabei für verschiedene Zementarten und verschiedene Schalungsmaterialien bei variierender Temperatur und variierendem Betonalter die Reibung gemessen.

Die Anwendung des Diagramms (Abb. 67) zur Bestimmung der Gleitreibung wird in folgendem Beispiel erläutert.

Die Schalung wurde 3,5 Stunden nicht angehoben.

Es kommt ein Zement PZ55 zur Anwendung und die Lufttemperatur beträgt 20°C. Eine Schalhaut aus Mehrschichtenplatten ergibt für die Schalungsreibung, für rundkörnige Betonzuschläge und Sieblinie C, 9 kN/m (Das Ableseschema ist im Diagramm mit Pfeilen gekennzeichnet.).

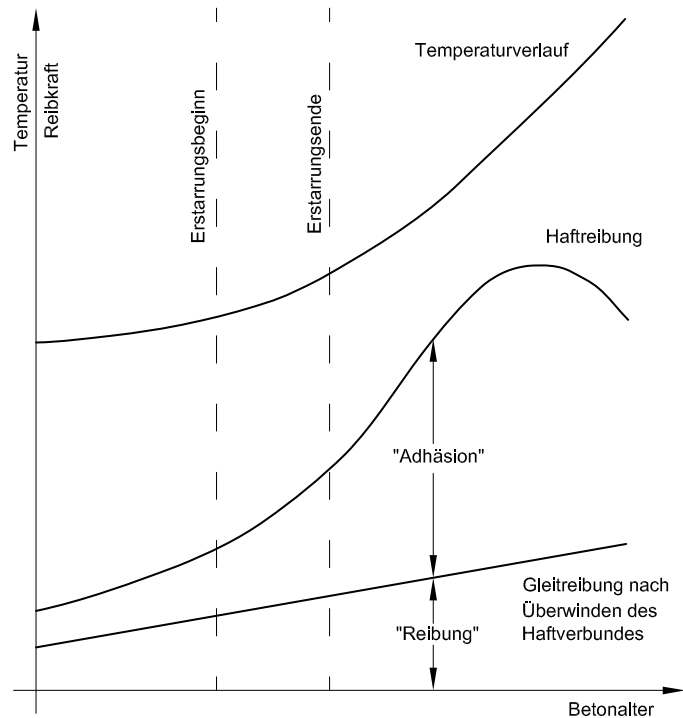


Abb. 66 Prinzipieller Verlauf der Reibung [1.3, S.48]

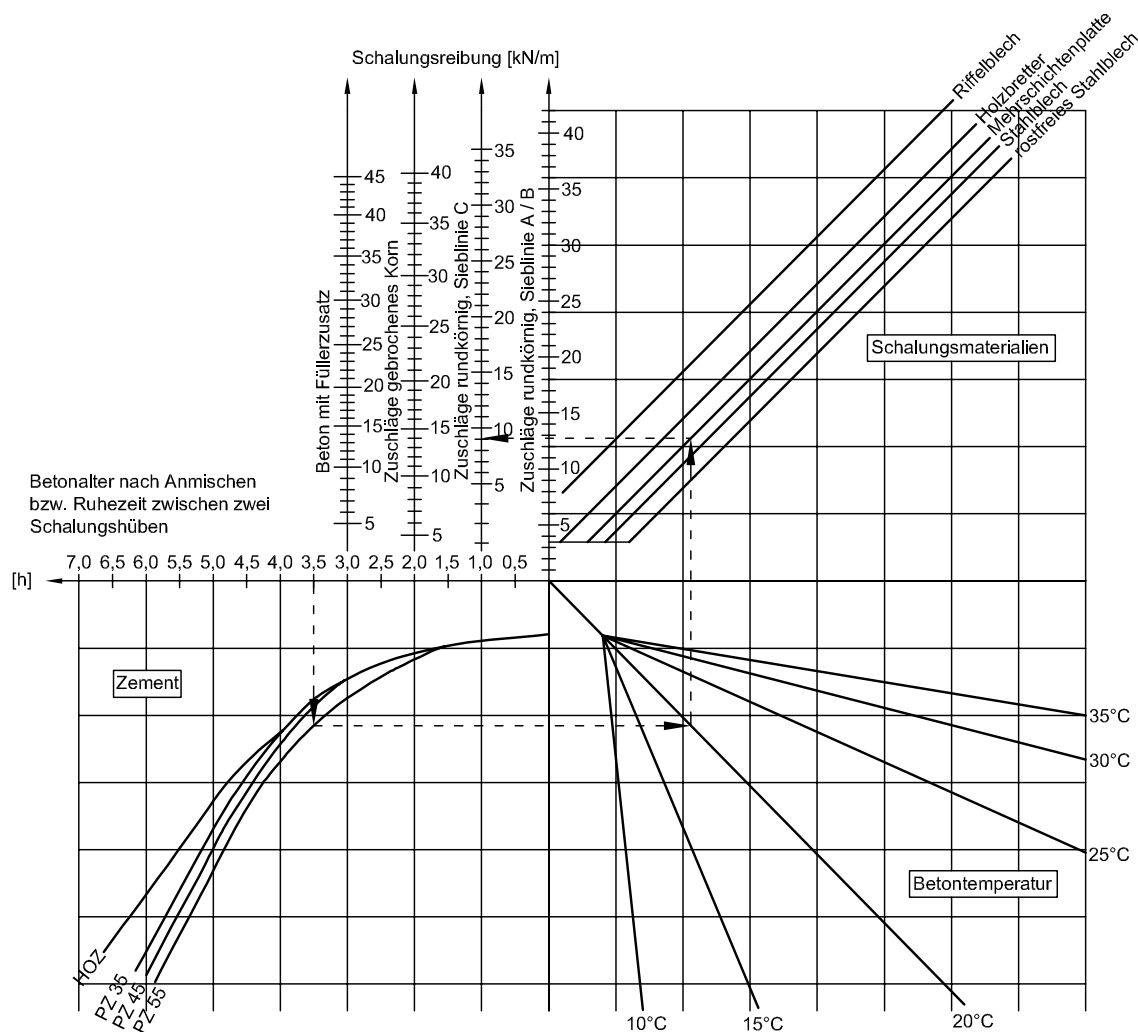


Abb. 67 Diagramm zur Bestimmung der Schalungsreibung [1.3, S.71]

7. Logistik bei GS

Es werden spezifische logistische Probleme der GS, wie der Materialtransport auf der Baustelle und der Personaleinsatz, erläutert.

7.1 Personal

Je nach Größe und Komplexität des auszuführenden Objekts muss die Zahl der Arbeitskräfte so abgestimmt werden, dass eine ordnungsgemäße Ausführung gewährleistet ist.

Folgendes Personal ist für die Anwendung der GS auf einer Baustelle erforderlich:

- Polier,
- Eisenflechter,
- Betonierer (bedienen des Kübels und des Innenrüttlers, schaufeln und kehren des Restbetons von der Arbeitsbühne) und
- Aufreiber der Betonoberfläche.

Eventuell sind noch Anstreicher auf einer zweiten Nachlaufbühne notwendig.

Für den Materialtransport ist ein Kranfahrer vorzusehen. Die Leitung der Baustelle wird durch ein Bauleiter übernommen.

Wegen des 24-stündigen Betriebs, muss im Schichtbetrieb gearbeitet werden. Hierfür bestehen die Möglichkeiten eines 3-Schichtbetrieb (3 x 8 Stunden) oder eines 2-Schichtbetriebs (2 x 12 Stunden). Heute werden GS-Baustellen meist in 2-Schichtbetrieb abgewickelt.

Ist die Nacharbeit gesetzlich nicht gestattet, so arbeitet man mit verlängerten Arbeitsschichten nur während des Tages.

Als Unterkunft für die meistens ortsfremden Arbeitskräfte werden Privatquartiere angemietet. Das Vorhalten von Wohn-Container ist aufgrund der meist kurzen Baudauer nicht wirtschaftlich. [1.17]

7.2 Materialtransport

Das auf die Gleitschalungsbühnen zu hebende Material besteht aus:

- Beton,
- Bewehrung,
- Einbau- und Aussparteile,
- Wasser (wenn keine Wasserleitung vorhanden ist),
- Geräte,
- Versorgung und Entsorgung verschiedener Gegenstände und Müll.

Wenn in großen Höhen gearbeitet wird muss auch das Personal transportiert werden.

7.2.1 Kran

Kleinere Anlagen können mit Mobilkränen bedient werden.

Bei höheren Bauwerken kommen Turmdrehkrane (mit Katzen- oder Nadelausleger) oder Derickkrane zur Anwendung. Der Turmdrehkran stützt sich am Boden ab und wird gleichzeitig mit dem Objekt verlängert. Für Objekte mit größerem Querschnitt kann er auch auf Schienen fahrbar ausgeführt werden. Mit Turmdrehkranen können auch sehr hohe Bauwerke hergestellt werden. So ist z.B. die norwegische Bohrplattform Troll A bis zu einer Höhe von ca. 300 m mit Turmdrehkranen erbaut worden (Abb. 7).

Der Kran muss nicht zwangsweise auf dem Boden stehen, sondern kann auch an der GS befestigt werden. Auf diese Weise wird er zusammen mit der GS durch die Heber nach oben gehoben. Ein solcher Fall ist in Abb. 68 dargestellt.

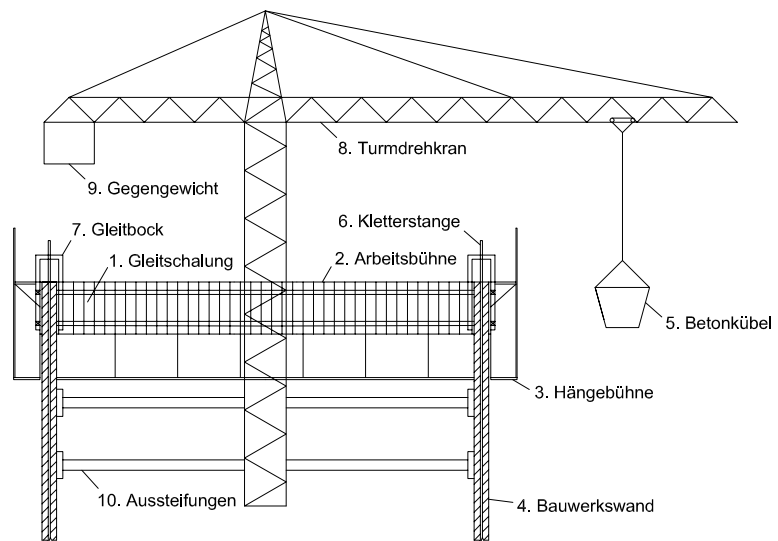


Abb. 68 Turmdrehkran mitgehoben mit der Gleitschalung [nach 1.1]

Der Beton wird mit dem Kran mittels eines Kübels angehoben. Die am häufigsten verwendeten Kübel haben ein Volumen von $0,75 \text{ m}^3$ und $1,0 \text{ m}^3$.

Aufgrund der Unhandlichkeit großer Betonkübel beim Arbeiten in großen Höhen sollten keine größeren Betonkübel verwendet werden [5.2, S.43].

7.2.2 Seilwinde

Eine Seilwinde kann auch als Hebegerät verwendet werden. Diese wird, wenn im Inneren des herzustellenden Bauwerkes gearbeitet werden muss, bevorzugt eingesetzt. Abb. 70 zeigt die mögliche Anordnung der Seilwinden.

Die Arbeiter werden mit einem Personenförderkorb transportiert. Abb. 68 zeigt das Innere eines Schornsteines während der Personenbeförderung.



Abb. 69 Mannschaftstransport mit Personenförderkorb [2.61]

Anzumerken ist, dass bei niedrigeren Bauwerken (bis etwa 60 m Höhe [1.12, S. 126]) für das Personal ein Treppengerüst (Aufstiegsturm), das zusammen mit dem Bauwerk verlängert wird, zur Anwendung kommt. (Abb. 71 und Abb. 35).

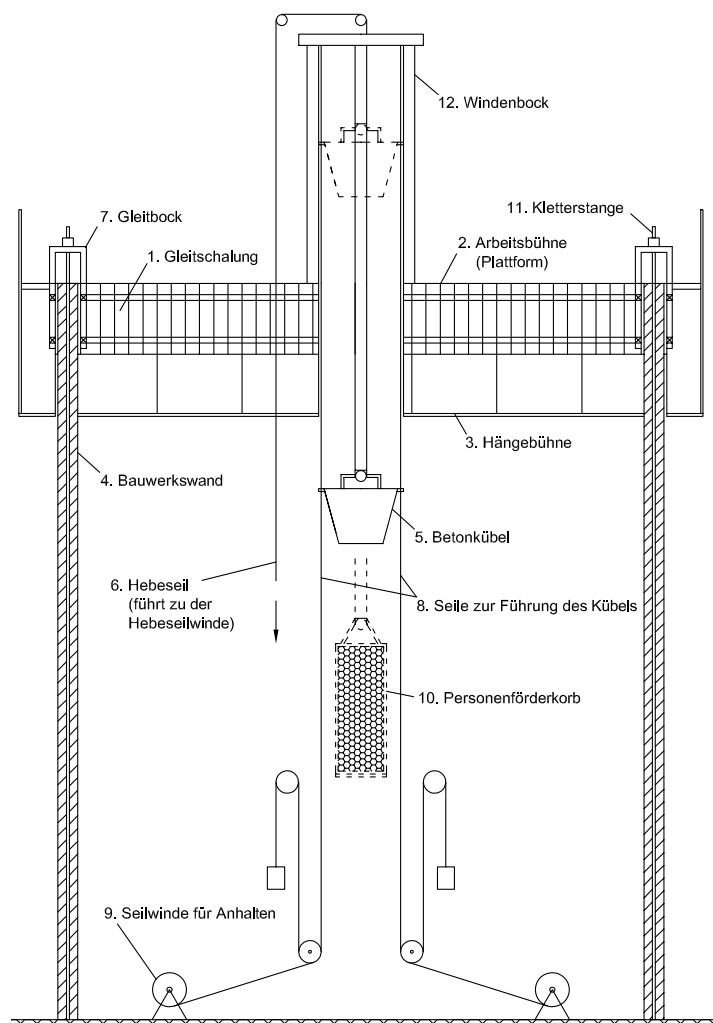


Abb. 70 Materialtransport mittels eine Seilwindeanlage [nach 1.1 und 2.59]



Abb. 71 Treppengerüst [2.18]

Bei großen Höhen kommen Transportbühnen in Form von Aufzügen zur Anwendung. Ein Beispiel einer Bühne, welche die Form des Bauobjektes annimmt, ist in Abb. 72 dargestellt.

Eine Kombination aus Seilwinde für den Betontransport und mitgeführtem Kran für den Transport den restlichen Materialien ist ebenfalls möglich (Abb. 52).



Abb. 72 Aufzug an dem Telekom Turm in Tasmanien. Die Höhe beträgt 90 m [2.22]

7.2.3 Pumpe

Für die Betonförderung bei Bauwerken mit großem Betonquerschnitt (d.h. bei großer erforderlichen Betonmenge pro Laufmeter Gleithöhe) verwendet man Betonpumpen. Gewöhnlich weisen solche Bauwerke auch geringere Höhen auf. In diesem Fall kann der Beton direkt mit einer Autobetonpumpe befördert werden. Für größere Höhen wird eine Rohrleitung verlegt und mit gewöhnlichen Betonpumpen gearbeitet. Eine Betonrohrleitung ist in Abb. 73 dargestellt.

Laut Literaturangaben kann bis in eine Höhe von 295 m problemlos ohne jegliche Zwischenstationen hoch gepumpt werden. [5.4, S. 102]

Das häufigste Problem beim Pumpbetrieb ist die Verstopfungsgefahr.

Voraussetzung für die Verwendung einer Pumpe ist die konstante Gleitgeschwindigkeit der Schalung. [5.4]

Weitere spezifische Transportsysteme werden im Kapitel 5.4 angegeben.



Abb. 73 Rohrleitung für Pumpbeton [2.41] (110 m hochgepumpt, Diamantmühle, Hamburg)

7.3 Versorgung

Die Versorgung mit Beton ist der Schlüsselfaktor einer GS Baustelle.

Da die pro Schicht erforderliche Betonmenge zu klein für das Vorhalten einer mobilen Betonanlage ist wird Transportbeton verwendet. [5.2]

Die Bereitstellung von Beton in der Nacht ist mit dem Betonwerk speziell zu vereinbaren. Für den Fall, dass das vorgesehene Betonwerk ausfällt, ist ein Ersatzbetonwerk in die Ausführungsplanung miteinzubeziehen.

Die Versorgung mit Bewehrung, Beton und anderen Baustoffen muss rechtzeitig erfolgen. Bei Platzmangel am Baustellengelände können diese erst kurz vor ihren Einbau (just in time) auf die Baustelle geliefert werden.

7.4 Energie

Energie ist für den Betrieb der Elektromotoren des Kranes (eventuell auch Seilwindenmotoren), der Ölpumpen, der Kleingeräte (z.B. Betonrüttler) und der Beleuchtung während der Nachtarbeiten notwendig.

Hierfür wird ein Stromkabel von der Arbeitsbühne, während dem Gleiten, mitgezogen. Dieses kann dabei auch an der hergestellten Betonwand laufend befestigt werden.

Die Baustelle sollte stets mit zwei getrennten Stromkreisen versorgt werden, um im Falle eines Stromausfalles die unbedingt notwendigen Arbeiten, wie das Freiziehen der GS und den Personaltransport, durchführen zu können. Hierfür empfiehlt sich auch die Installation und Bereitstellung eines Notstromaggregates. [1.17]

7.5 Witterung

Einer der Vorteile der Gleitschalung gegenüber anderen Schalungssystemen besteht darin, dass die Schalung während des Betonierens der einzelnen Schichten nicht vom Bauwerk gelöst werden muss. Aus diesem Grund ist die GS auch relativ unempfindlich gegenüber Windangriffen.

Für den praktischen Bauablauf sind mehrere Windgeschwindigkeiten von Bedeutung:

- Starkwindereignis (Sturm, Hurrikane, etc.): Der statischen Auslegung der Schalung zugrunde liegende maximale Windlast.
- Grenzwindgeschwindigkeit – Maximale Geschwindigkeit für den Betrieb der Schalung.

Zu beachten sind auch jene Windgeschwindigkeiten, bis zu denen erreichen Hebezeuge (Krane, etc.) eingesetzt werden können. [2.4]

7.6 Arbeitsschutz

Es gelten bei der Verwendung einer GS alle Sicherheitsbestimmungen und Arbeitsschutzgesetze einer gewöhnlichen Hochbaubaustelle.

Ergänzend ist um das Bauwerk eine Sperrezone (exclusion zone) als Schutz von herabfallenden Gegenständen festzulegen. In dieser Zone herrscht ein Verweilverbot.

Die Breite der Sicherheitszone um das Bauwerk ist von der Höhe des Bauobjektes ab und ist in Normen festgelegt. In der

Tab. 4 werden erforderlichen Radien von Sicherheitszonen abhängig von der Bauteilhöhe angegeben.

Für die im Gleitschalungsbau eingesetzte Lasertechnik (Kontrolle der Vertikalität) gelten strenge Vorschriften. Lasereinrichtungen müssen so abgeschirmt werden, dass eine Gesundheitsgefährdung durch den Laserstrahl ausgeschlossen ist. [1.4]

Jeweilige Höhe h der baulichen Anlage [m]	Erforderlicher Radius, abhängig von h	Erforderlicher Mindestradius [m]
$h < 100$	$h/5$	12,50
$100 < h < 150$	$h/6$	20,00
$150 < h < 200$	$h/5$	25,00
$h > 200$	$h/8$	30,00

Tab. 4 Werte der Ausgrenzungszone bei dem Bau hohen Bauwerken [1.16, S. 501]

Beim Bau hoher Bauwerke, bei denen das Personal nur mit Personenkörben befördert wird, besteht auch die Möglichkeit eine innere Notfalltreppe zu montieren. In bestimmten Ländern ist diese unbedingt erforderlich.

Im Fall eines Bruches von Klettergeräten oder Kletterstangen stützt sich die GS aufgrund ihrer Konizität am bereits festen Beton ab. Durch die statische Bemessung der Gleitböcke besteht keine Absturzgefahr der GS.

8. Wirtschaftlichkeit der GS

Ob es wirtschaftlich ist ein Objekt mit einer GS herzustellen, ist sehr stark von den Projektstrandbedingungen abhängig. Allgemeine Empfehlungen zu geben ist sehr schwierig. Für jedes konkrete Objekt, das vollständig projektiert ist und dessen Abmessungen festgelegt sind, müssen Berechnungen und Vergleiche unterschiedliche Schalungssysteme angestellt werden.

Bei der GS gilt, dass je höher ein Objekt ist, desto wirtschaftlicher auch ihr Einsatz ist. Die Ursache hierfür ist, die mit der Bauwerkshöhe linear zunehmende gleitbare Fläche.

Als unrentabel wirkt sich eine große Anzahl von Aussparungen im herzustellenden Betonbauwerk aus. Durch den Einbau von Aussparungen wird die Gleitgeschwindigkeit stark verringert. Aus diesem Grund ist der Einsatz der GS bei Silobauten, bei welchen kaum Aussparungen vorzusehen sind, am wirtschaftlichsten.

Die folgenden Empfehlungen sind im Allgemeinen gültig. Die Abwicklungsfläche des Grundrisses eines Objektes sollte größer als 12 m und die Höhe mindestens 6 - 10 m betragen. [6.3, 2.24] Als Daumenregel wird eine zu gleitende Betonfläche von mindestens 1000 m² empfohlen.

Tab. 5 enthält einen Vergleich verschiedener Schalungssysteme für die Herstellung einer Betonwand mit den Abmessungen 120 m Länge, 32 m Höhe und 1,6 m Wanddicke. Die Gesamtschalfläche beträgt 7700 m². Die Wand wird in 6 Abschnitten, von je 20 m Länge hergestellt.

Nº	Schalungsart	Schalungsfläche	Einsatzzahl	Schalungszeitaufwand	Manstunden	Schalungszeit	länger im Vergleich mit GS
-	-	m ²	-	Std./m ²	Std./Tag	Tage	%
1	Holzschalung	320	8	1.7	128	102	142
2	Tafelschalung	320	20	1.4	128	84	118
3	Großflächenschlung	320	20	1	128	60	90
4	Kletterschalung	128	60	0.8	128	48	56
5	Gleitschalung	50	77				0

Tab. 5 Vergleich von Schalungssystemen [1.12]

Als Gleitgeschwindigkeit wurden 5,5 m/Tag angenommen, wodurch sich eine Gesamtdauer von 73 Tagen bei Anwendung einer GS ergibt. Verglichen mit anderen Schalungssystemen ergibt sich somit eine Einsparung der Bauzeit von 56% - 142% [1.12].

Die KS braucht ca. 50 % mehr Zeit als die GS.

Die gegenwärtigen Kosten der Gleit- und Kletterarbeiten wurden in einem Artikel gegenübergestellt. [2.98] Die in der

Tab. 6 angeführten Kosten können jedoch nur für eine grobe Kostenermittlung herangezogen werden. Für Angebotskalkulationen sind daher diese Werte an die gegebenen Randbedingungen eines Bauwerkes anzupassen.

Nr	Position	Einheit	Gleiten	Klettern
1	Bühnen + Schalung (+Anker L für KS)	€/m ²	10 - 30	10 - 20
2	Rückbiegeanschlüsse E	€/m	20	7
3	Ankerschienen E	€/m	20	7
4	Stahleinbauteile E	€/kg	4	2
5	Aussteifungen	€/kg	1 - 4	
6	10% Mehrmenge Bewehrung	€/t	900	
7	Einbauaufpreis Bewehrung	€/t	170	
8	Aussparung L + E	€/m ²	160	40
9	Abreiben der Betonoberfläche	€/m ²	4	
10	Treppenturm L + E	€/m	150	100
11	Bühneneinhausung	€	1000 - 10000	0 - 5000
12	Beton - Zuschläge Lieferwerk	€/m ³	2 - 15	
13	Beton einbauen	€/m ³	30	
14	Bühnen - Beleuchtung	€	1000 - 10000	0 - 1000
15	Baufeld - Beleuchtung	€	2000	
16	Polier Nacht + WE	€/ 7 Tage - Wo.	3000	
17	Kranfahrer Nacht + WE	€/ 7 Tage - Wo.	2000	
18	Zugangstunnel zum Aufgang	€/m	500	
19	Stillstandsmiete	€/ Mo. + Personal	2000 - 10000	2000 - 10000
20	Ein- und Ausschalen	h/m ²		0.1 - 1
21	Montage	h/m ²		0.8 - 2.5
22	Demontage	h/m ²		0.7 - 1.5

E - Einbau L - Lieferung

Tab. 6 Gegenüberstellung der Kosten für Gleit- und Kletterschalungsarbeiten [2.98]

Im Folgenden werden die einzelnen Zeilen der

Tab. 6 einer genauen Betrachtung unterzogen.

Zeile 1. Der höhere Preis der Gleitbühnen bei der Gleitschalung ergibt sich daraus, dass die GS üblicherweise nur für eine Baustelle verwendet werden kann und deshalb zur Gänze kalkulatorisch abgeschrieben werden muss.

Zeile 2. Der Anschluss von horizontalen Bauteilen wie z.B. Deckenplatten, Treppen u.a.m. an die gegleitene Betonwand muss konstruktiv mit einer Bewehrung erfolgen. Die einbetonierte Verbindungsbewehrung ist vorgebogen. Der erforderliche Arbeitsaufwand für den Einbau und das spätere Rückbiegen dieser Bewehrungsanschlüsse sind der Grund für den relativ hohen Preis.

Zeile 3. [-]

Zeile 4. Der Einbau von Stahleinbauteilen ist bei der GS zeitaufwändiger als bei der KS. Die bei der KS verwendeten Bewehrungskörbe, an denen die Stahleinbauteile angebracht werden können, erlauben einen schnelleren und daher auch billigeren Einbau.

- Zeile 5. Die GS-Konstruktion muss bei bestimmten Bauwerksgrundrissen ausgesteift werden.
- Zeile 6. Wegen den begrenzten Stahlschusslängen im Gleitschalungsbau müssen mehrere kürzere Bewehrungseisen verwendet werden. Die notwendige Überlappung des Bewehrungseisens führt zur Erhöhung der gesamten Stahlmenge.
- Zeile 7. Der Einbau der Bewehrung bei Verwendung der GS ist erschwert. Jedes Eisen muss einzeln geflochten werden. Aus diesem Grund ist der Einbaupreis wesentlich höher als jener bei der Anwendung einer KS.
- Zeile 8. Die Lieferung der Aussparungen für die beiden Methoden sollte eigentlich gleich sein. Der Einbau ist aufgrund der begrenzten Platzverhältnisse bei der GS erschwert. Daher kommt es zu deutlich höheren Kosten.
- Zeile 9. Die Anwendung von Holz Schalungshaut bei der GS-Methode führt zur Notwendigkeit einer Nachbehandlung der Betonoberfläche. Dies ist mit mehr Kosten verbunden. Dies gilt jedoch nicht für andere Schalungshautmaterialien wie Stahl oder Kunststoff. (s. Pkt. 5.3.3)
- Zeile 10. Ein Treppenturm ist für beide Schalmethoden notwendig. Der Preis sollte gleich sein.
- Zeile 11. Die Bühneneinhausung ist im Fall von schlechten Wetterbedingungen bei beiden Schalmethoden notwendig. Die angegebenen Preise sind verhältnismäßig gleich. Die gleichzeitige Bewegung der Bühne und Einhausung bei der GS nach oben erlaubt eine Beheizung des eingebauten Betons. Diese Möglichkeit ist bei der KS selten gegeben.
- Zeile 12. Die Anwendung von GS verlangt ein kontinuierlicher Betoneinbau. Die Betonanlieferung in der Nachtstunden ist mit einem Preiszuschlag verbunden.
- Zeile 13. Der Einbau des Betons bei der GS-Methode erfolgt lagenweise mit einer Schichtdicke von 10 cm bis 30 cm. Diese Vorgehensweise verlangt eine oftmalige Wiederholung des Betonierprozesses, was wiederum eine gewisse Preissteigerung nach sich zieht. Bei der KS-Methode erfolgt das Betonieren in wesentlich größeren Betonierabschnitten.
- Zeile 14. Die Nachtarbeit bei der GS-Methode verlangt die Beleuchtung der Arbeitsbühnen. Die verbrauchte Energie ist als sehr gering anzusehen.
- Zeile 15. Analog zu den Arbeitsbühnen soll auch das Baufeld beleuchtet werden.
- Zeile 16. Die Anwesenheit eines Poliers ist obligatorisch. Folglich muss auch für einen Polier ein Nachtschichtzuschlag berücksichtigt werden.
- Zeile 17. Analog wie für die Poliere ist auch das Gehalt für den Kranführer höher.

Zeile 18. Aus Sicherheitsgründen ist ein Zugangstunnel im Bereich der Sicherheitszone erforderlich (s. Pkt. 7.6). Dieser sollte sowohl bei GS als auch bei KS ausgeführt werden.

Zeile 19. Die Stillstandmieten liegen für beide Schalungssysteme aufgrund der ähnlichen erforderlichen Materialmengen, im gleichen Bereich.

Zeile 20. Das Ein- und Ausschalen ist spezifisch für die KS-Methode. Bei der GS-Methode erfolgt das Ausschalen erst nach der Fertigstellung der gesamten Konstruktion.

Zeile 21. und 22. Auch eine Montage und Demontage der Schalung in der einzelnen Betonierebene ist nur bei KS erforderlich.

Eine Schalhaut aus Holz ist aufgrund der Abnutzung während der Betonierarbeiten in der Kalkulation völlig abzuschreiben. Gleiches gilt auch für die Bodenbeläge der Arbeitsbühnen, welche auch gewöhnlich aus Holz hergestellt werden.

Zur Kalkulation der Kosten einer GS können die folgenden Werte aus der ÖBGL verwendet werden [5.4]:

- 1,5% monatlicher Satz für Reparatur aus Neuwert (1% für KS)
- 2,5% für Abschreibung
- 3,5% für Verzinsung

Aus Kostengründen wird versucht bei Auslandsbaustellen das gewerbliche Personal vor Ort einzustellen. Bauleiter und Poliere stammen hingegen meistens aus dem Stammpersonal. Dadurch entstehende Mehrkosten sind in der Kalkulation zu berücksichtigen.

In der Kalkulation der Personalkosten ist gegebenenfalls auch ein Höhenzuschlag zu berücksichtigen. Es ist gesetzlich geregelt, dass wenn in einer bestimmten Höhe gearbeitet wird, der Lohn über einen Zuschlag entsprechend erhöht werden muss.

Zur Erleichterung der Bestimmung der Wirtschaftlichkeit des GS-Systems für unterschiedliche Bauvorhaben werden in der Folge Auswertungen von ausgeführten Bauprojekten angegeben. Die Ergebnisse werden in Tabellen (s. Anhang) bzw. in Diagrammen dargestellt. Die einzelnen Literaturquellen werden in einer separaten Spalte der Tabelle im Anhang angegeben.

Zusätzlich werden Literaturangaben die Wirtschaftlichkeit der GS betreffend angegeben.

8.1 Niedriger Hochbau

Normalerweise wird im Hochbau nur der Kern eines Gebäudes mit GS hergestellt. Weiters wird empfohlen dieses Schalungssystem aus wirtschaftlichen Überlegungen erst bei Gebäuden mit mindestens 4 Stockwerken zu verwenden. In Ausnahmefällen konnte jedoch in der Vergangenheit auch bei geringerer Gebäudehöhe die Wirtschaftlichkeit der GS nachgewiesen werden. [2.22]

Für den Bau von niedrigen Gebäuden kommen in der Regel herkömmliche Schalmethoden und eventuell auch die KS zur Anwendung.

8.2 Hochhaus

In Ausnahmefällen können nicht nur Hochhauskerne sondern auch vollständige Hochhäuser mit Gleitschalung hergestellt werden. Diese Baumethode wurde in ehemaligen Ostblock für den Bau von Wohnblöcken herangezogen.

Voraussetzung für die Anwendung der GS war jedoch eine gleich bleibende Raumaufteilung in den einzelnen Stockwerken. [1.1]

Wirtschaftlich war z.B. der Einsatz der GS erst bei Wohnblöcken mit mindestens 7 Stockwerken und mind. 7 identisch zu bauende Objekten. [1.1]

Im Zuge der Literaturrecherche wurden jedoch nur 3 diesbezügliche Beispiele gefunden. Heute ist der Einsatz der GS beim Bau eines ganzen Wohnblockes unwirtschaftlich.

Ursachen hierfür sind die große Anzahl von Öffnungen und der schwierig herzustellende Anschluss der Geschoßdecken. Im Gegensatz zu ganzen Hochhäusern, werden jedoch auch heute noch Hochhauskerne ab einer Höhe von 40 m mittels GS hergestellt.

In der Abb. 74 werden die unterschiedlichen Höhen der mit GS hergestellten Hochhauskerne dargestellt. Die Angaben stammen aus Literaturangaben und werden im Anhang genauer beschrieben. Insgesamt wurden 42 Hochhauskerne ausgewertet.

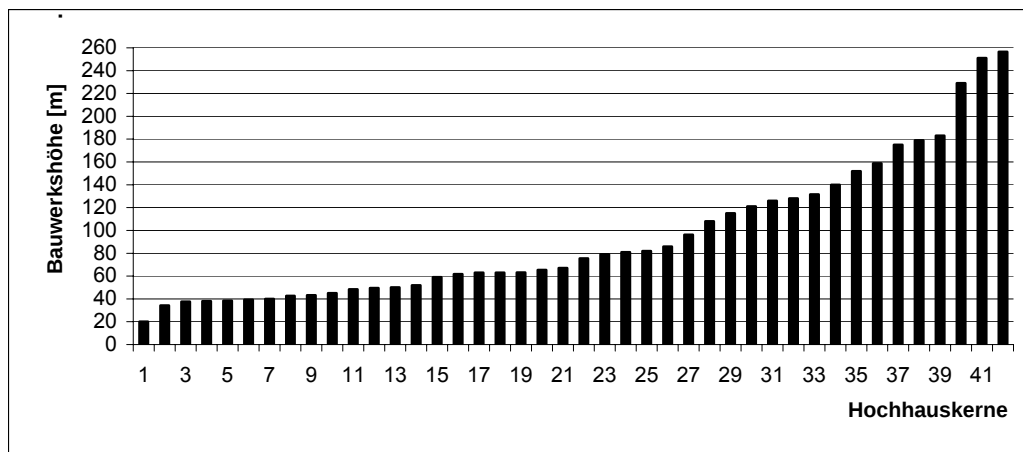


Abb. 74 Höhen erbauter Hochhauskerne

In einer Untersuchung zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit der GS wurden anhand angenommener Leistungswerte (4,2 m/d Gleitgeschwindigkeit, 625 Lohnstunden für Montage und Demontage, 12 Tage für Gleiten) und Material- und Personal (hier nicht angegeben – gültig für Jahr 1987) die Kosten für den Bau eines Hochhauskernes pro m² (mit einer Grundrissfläche von 99,5 m² und einer Höhe von 50 m - gesamte gegleitene Fläche 4975 m²) berechnet [1.4 – Simons, Klaus]. Dabei wurde eine Schalauhöhe von 1,25 m angenommen. Als Gesamtkosten für die Herstellung von 1,0 m² GS-Fläche wurden dabei 11,52 DM/m² ermittelt.

Diese sind jedoch heute, aufgrund des Alters der durchgeführten Untersuchung, kaum mehr anwendbar.

8.3 Bohrplattform

Die Offshore Bohrplattformen dienen zur Öl- und Gasgewinnung auf offener See. Bei diesen Bauwerken sind keine Fugen zulässig. Aus diesem Grund werden Plattformen, sofern sie als Betonbauwerke hergestellt werden, ausschließlich mit GS ausgeführt. Es existieren jedoch auch viele Plattformen, die nur aus Stahl gefertigt wurden.

Die aus Beton hergestellten Bohrplattformen bestehen gewöhnlich aus Stehern und einer Basis, wobei beide Teile gegliedert werden. Die Höhe der Basis, welche üblicherweise über einen konstanten Querschnitt verfügt, variiert zwischen 15 m und 70 m. Die Höhe der Steher (veränderlicher Querschnitt) reicht von 50 m bis 300 m.

8.4 Schornstein

Schornsteine (Kamine) werden gewöhnlich mit veränderlichem Querschnitt ausgeführt. Beim Bau dieser Anlagen kommen daher konische Gleitschalungen zur Anwendung.

Aufgrund der durchgehend geschlossenen Oberfläche ist die Herstellung mittels GS besonders wirtschaftlich.

Aufgrund der erhöhten Materialkosten einer GS für Bauwerke mit veränderlichem Querschnitt ist die Herstellung mittels GS erst ab einer Schornsteinhöhe von ca. 80 m wirtschaftlich. [1.11, 1.14]

In der Abb. 75 werden die unterschiedlichen Höhen der mit GS hergestellten Schornsteine dargestellt. Die Angaben stammen aus einer Literaturrecherche (s. Anhang). Insgesamt wurden 60 Schornsteine ausgewertet.

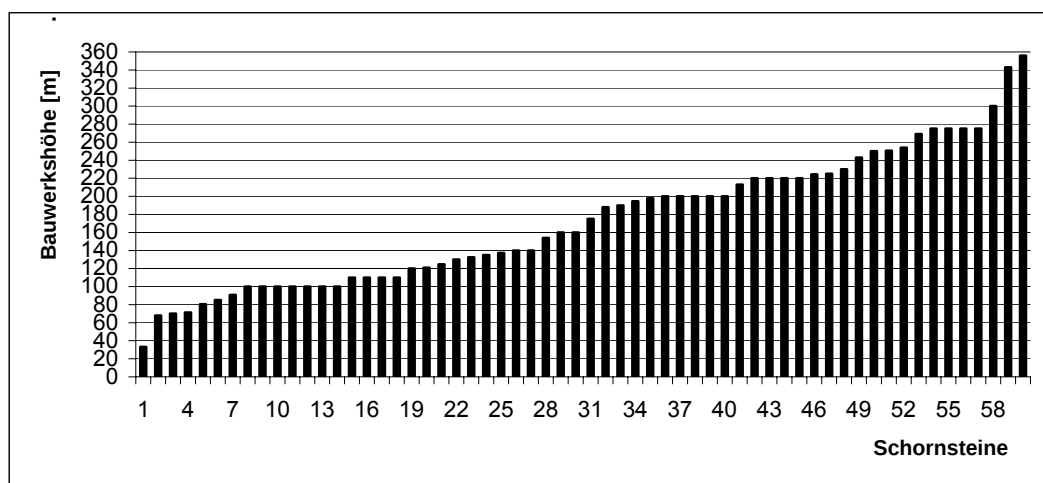


Abb. 75 Höhen erbauter Schornsteine

Abb. 76 zeigt die, von der indischen Firma Macro Marvel gebauten Schornsteine. Eine Höhe von 40 m ist die Grenze ab der die GS-Methode zur Anwendung kommt. Die in der Literaturrecherche ausgewerteten Bauwerke mit einer Höhe von 40 m haben einen Durchmesser von ca. 3 m (s. Anhang).

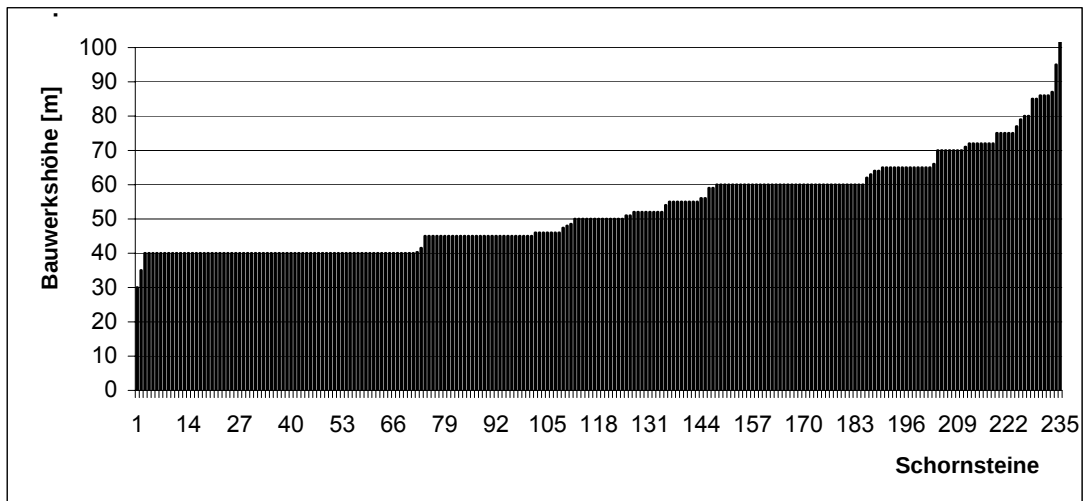


Abb. 76 Höhen erbauter Schornsteine der Firma Macro Marvel (Indien)

Die Anwendung einer KS für den Bau runder Bauwerke mit kleinem Radius und eventuell einer Krümmung der Höhe nach ist vermutlich mit technologischen Schwierigkeiten verbunden. Vor allem das Ausschalen der Innenlaibung der Schornsteinwand stellt sich als schwierig dar.

8.5 Kühlturm

Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für den Bau von Naturzugkühltürmen mit GS oder KS wurden in der Dissertation von Klaus Dietrich durchgeführt. [5.2] Es wurde dabei die GS mit der kranabhängigen KS für den Bau von Kühltürmen in Deutschland verglichen. Insgesamt wurden 16 Kombinationen untersucht. 4 verschiedene Kühlturmhöhen – 100 m, 120 m, 140 m und 160 m – werden mit 4 verfahrensspezifischen Leistungsparametern kombinieren.

Leistungsparameter für die GS:

- o eine Gleithöhe von 3 m/d (Meter pro Tag)
- o eine Gleithöhe von 4 m/d

Leistungsparameter für die KS:

- o 1 m/Tag einschalen, betonieren und ausschalen; Schalungshöhe = 1 m
- o Tagesleistung 1,5 m/Tag, Schalungshöhe = 1,5 m.

Die durchgeführte Untersuchung berücksichtigt den Stand der Technik und die Wirtschaftssituation der Jahre 1965 bis 1990.

Wenn die Bauzeit freiwählbar ist, zeigen die Berechnungen, dass das Kletterverfahren mit 10% bis 15% kostengünstiger als das Gleitverfahren ist. Der Bau des Kühlturmes liegt

normalerweise für den Bau eines Kraftwerkes nicht auf dem kritischen Weg. Ausnahmefälle, bei denen die Bauzeit begrenzt ist, treten z.B. beim Ersetzen alter Kühltürme durch neue oder bei Erweiterungen bestehender Kraftwerke auf.

In einer weiteren Literaturquelle wird eine minimale Höhe, von mittels GS hergestellten Kühltürmen, von 50 m angegeben. [1.14]

Weiters ergab die Literaturrecherche, dass bis heute noch kein einziger Kühlturm mit GS gebaut wurde.

8.6 Silo

Siloplanzen werden gewöhnlich mit GS errichtet. Die meisten Güter die in Silos gelagert werden verlangen ein dichtes Bauwerk. Silobauwerke besitzen auch kaum Öffnungen und eignen sich daher sehr für die Anwendung der GS-Methode. Meist werden Silos mit gleich bleibendem Querschnitt hergestellt.

Vor allem bei Silos mit rechteckigem Querschnitt können Silos alternativ zur GS auch mit KS hergestellt werden.

In der Abb. 77 werden die unterschiedlichen Höhen von mit GS ausgeführten Silos angegeben. Anhand einer Literaturstudie wurden 199 ausgeführte Silos ausgewertet (s. Anhang).

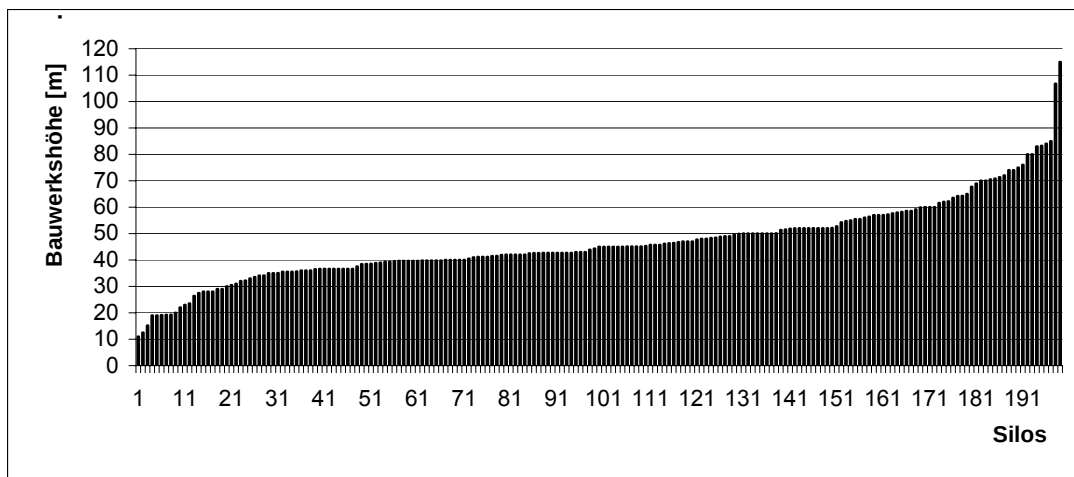


Abb. 77 Höhen erbauter Silos

8.7 Behälter (Tanks)

Prinzipiell ähneln Behälter den Siloplanzen. Behälter verfügen jedoch über einen wesentlich größeren Durchmesser als Silos.

Die empfohlene Mindesthöhe liegt für Reservoirs bei 50 m. [1.14]. Ausgehend von einer Literaturrecherche werden ausgeführte Behälter abhängig von der Höhe (s. Abb. 78) dargestellt.

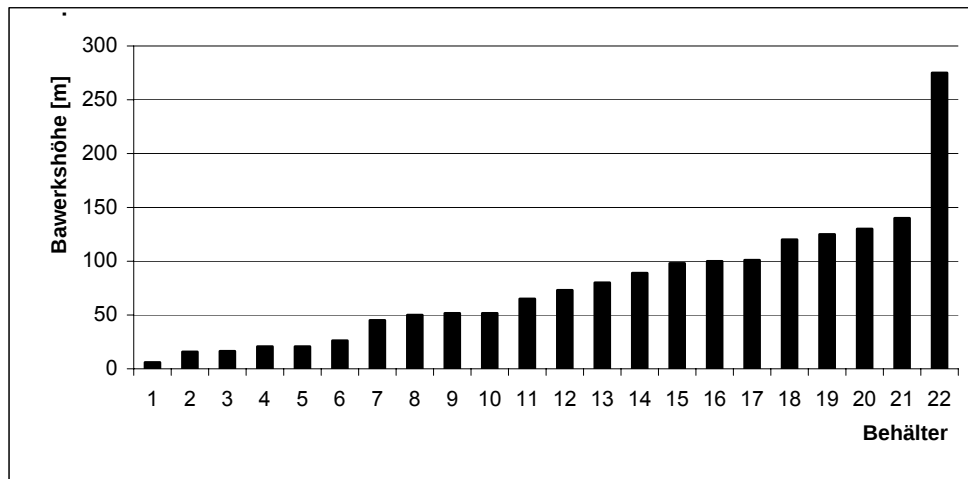


Abb. 78 Höhen erbauter Behälter (Tanks)

Die Höheangaben von mit GS hergestellten Tanks wurden durch eine Literaturrecherche ermittelt. (s. Abb. 78)

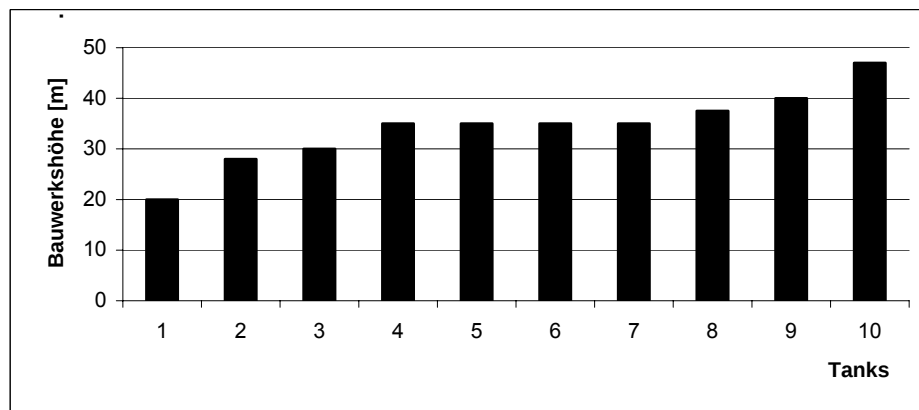


Abb. 79 Höhen erbauter LNG Tanks

8.8 Faulbehälter

Die Faulbehälter für Kläranlagen sind in ihrer Form einzigartige Konstruktionen. Die modernsten Formen weisen einen Eiprofil auf. (s. Tab. 7, Zeile 8) Die dabei auftretenden großen Neigungen der Betonwände lassen sich nur mit großen Aufwand mit einer GS herstellen.

Ein Problem zur Anwendung der GS ist, dass die Tangente der zu erzeugenden Manteloberfläche schon im untersten Querschnitt geneigt ist.

Der Bau der Faulbehälter erfolgt üblicherweise mit Hilfe der Kletterschalung.

8.9 Fernsehturm

Fernsehtürme besitzen gewöhnlich einen veränderlichen Querschnitt, haben keine Öffnungen und stellen große Anforderungen an die Dichtheit aufgrund der empfindlichen elektrischen Apparatur im Inneren.

Abb. 80 zeigt eine Auswertung mittels GS hergestellte Fernseh­türme. Weitere Angaben über die einzelnen Projekte sind im Anhang enthalten.

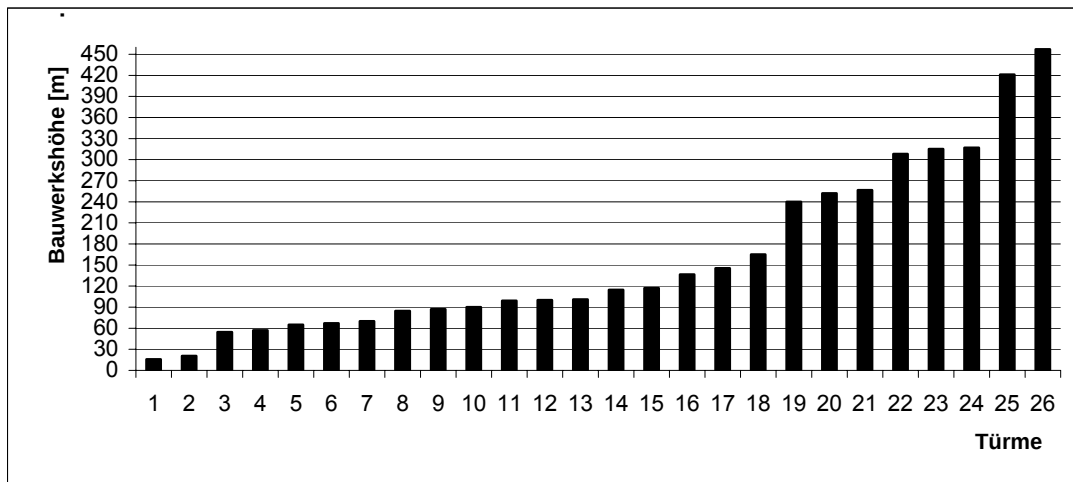


Abb. 80 Höhen erbauter Fernseh­türme

Wie in [1.7 (Stand 1993)] ersichtlich, werden in Deutschland keine Fernmeldetürme mehr mit GS hergestellt. Maßgebliche Planer und Konstrukteure haben ihre Vorbehalte der GS gegenüber geäußert. Hauptargument gegen die Verwendung der GS ist eine nicht ausreichende Betondeckung geglied­erter Bauwerke. Dieses Problem sollte jedoch nach heutigem Stand der Technik nicht mehr auftreten.

8.10 Windkraftturm

Gewöhnlich werden Windkrafttürme mit veränderlichem Querschnitt ausgeführt. Aus diesem Grund ist für den wirtschaftlichen Einsatz einer GS eine Turmhöhe von ca. 80 m erforderlich [1.11].

Die in Abb. 81 angegebenen Bauhöhen wurden mittels Literaturrecherche ermittelt. Nähere Angaben zu den einzelnen Projekten sind im Anhang angegeben.

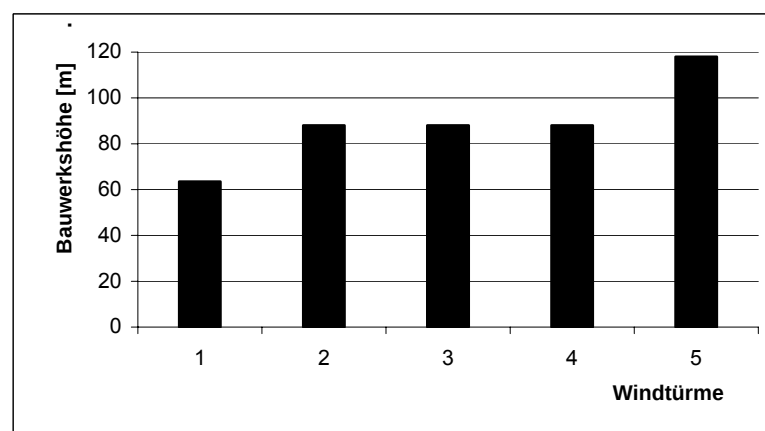


Abb. 81 Höhen erbauter Windtürme

8.11 Talsperre

Talsperren werden ausschließlich mit der Hilfe von KS hergestellt. Durch die großen Querschnittsabmessungen ist die GS-Methode hierfür nicht geeignet.

In Ausnahmefällen kommt jedoch die GS, bei der Errichtung wasserseitiger Dichtwände von Talsperren, zur Anwendung.

8.12 Brückenpfeiler

In der Dissertation von Robert Siegel [5.4] wurden wirtschaftliche Berechnungen für den Bau von Brückenpfeiler mit GS und mit kranabhängiger KS durchgeführt. Dabei wurden zwei verschiedene Pfeilerarten untersucht:

Pfeiler 1: Der Pfeiler besteht aus zwei Scheiben mit gleich bleibendem Querschnitt der Höhe nach, die mit Querriegel verbunden sind. Zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit wurden die Grundrissabmessungen und die Pfeilerhöhen (20 m, 35 m, 50 m und 65 m) variiert.

Pfeiler 2: Hohl Pfeiler mit vier unterschiedlichen Grundrissabmessungen mit veränderlichem (konischem) Querschnitt; Höhen 60 m, 90 m, 120 m und 150 m.

Insgesamt wurden somit 16 Varianten für jede Schalmethode untersucht. Die Gleitgeschwindigkeit wurde mit 4 m/d und der Klettertakt mit 4 m alle 2 Tage angenommen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Herstellung mittels GS um ca. 7% günstiger ist. Dieser Kostenvorteil verkleinert sich mit der Zunahme der Bauwerkshöhe. Ursache hierfür sind die Transport- und die Montagekosten.

Abb. 82 zeigt die Höhen ausgeführter Brückenpfeiler mittels GS-Technik. Durchschnittlich wurden Brückenpfeiler mit einer Höhe von 70 m hergestellt. Nähere Angaben zu den einzelnen Projekten sind den Anhang zu entnehmen.

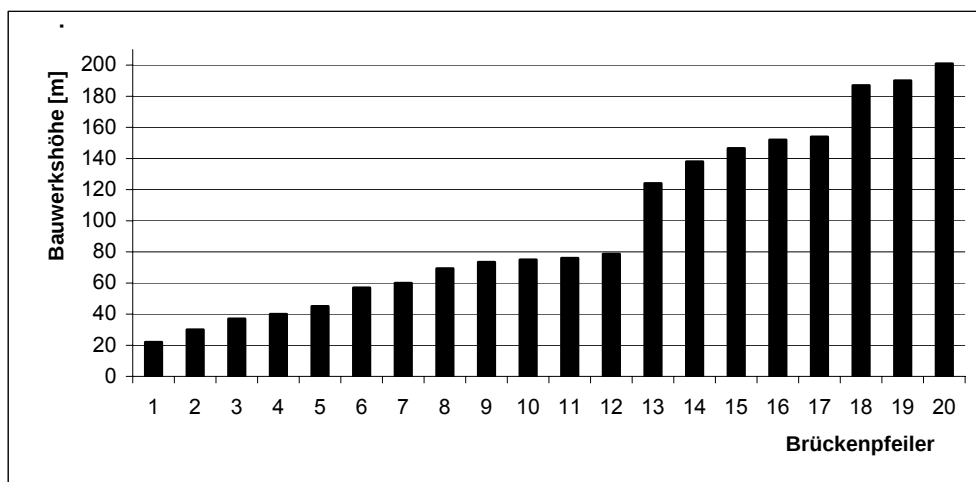


Abb. 82 Höhen erbauter Brückenpfeiler

8.13 Tunnel

Die Tunnelinnenschale wird weder mit GS noch mit KS hergestellt. Für die Innenschale wurden spezielle Tunnelschalungen entwickelt mit deren Hilfe die Betonauskleidung blockweise ausgeführt wird. (vgl. Pkt. 3.4)

8.14 Schachtverkleidung

Auch die Verkleidung von Schächten ist mit GS möglich. Durch die Anwendung von GS können dichte Betonwände, welche vor allem in Wasserbau gefordert sind, hergestellt werden. Neigungen bis 43° wurden bis jetzt problemlos ausgeführt.

In Abb. 83 dargestellten Höhen ausgeführter Schachtverkleidungen bewegen sich zwischen 16 m und 600 m. (s. Anhang)

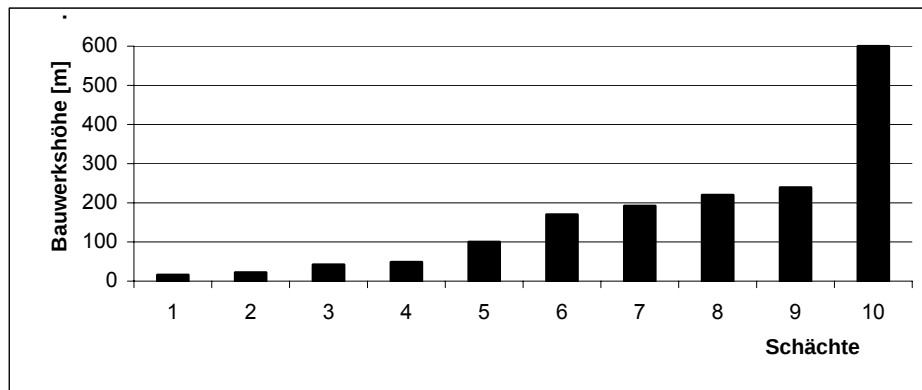


Abb. 83 Höhen erbauter Schächte

8.15 Caisson

Die in diesem Punkt betrachteten Caissons kommen vor allem in Hafenbau zur Anwendung. Ein wirtschaftlicher Einsatz der GS ist aufgrund der meistens großen Anzahl der herzustellenden Caissons bereits bei kleinen Bauwerkshöhen gegeben. Weitere Anwendungsgebiete sind Fundamente für Brücken und sonstige Anlagen.

Die Anwendung der KS ist für vielzelligen Bauwerke, wegen der sich ergebenden großen Ein- und Ausschallfläche nicht geeignet.

In Abb. 84 wird die Höhenverteilung ausgeführter Caissons dargestellt. (s. Anhang)

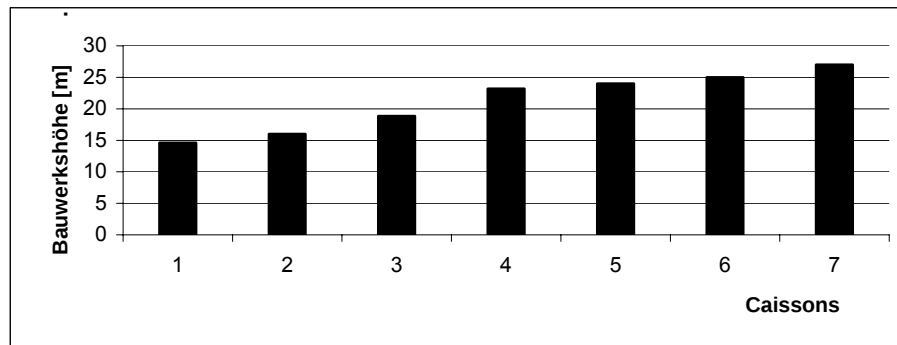


Abb. 84 Höhen erbauter Caissons

8.16 Wasserbehälter (Türme)

Es ist zweckmäßig Wassertürme mit GS ab einer Höhe von 50 m zu bauen. [1.14] Dieser Wert stimmt mit dem Mittelwert der ausgeführten Wassertürme (s. Abb. 85) untersuchten überein. (s. Anhang)

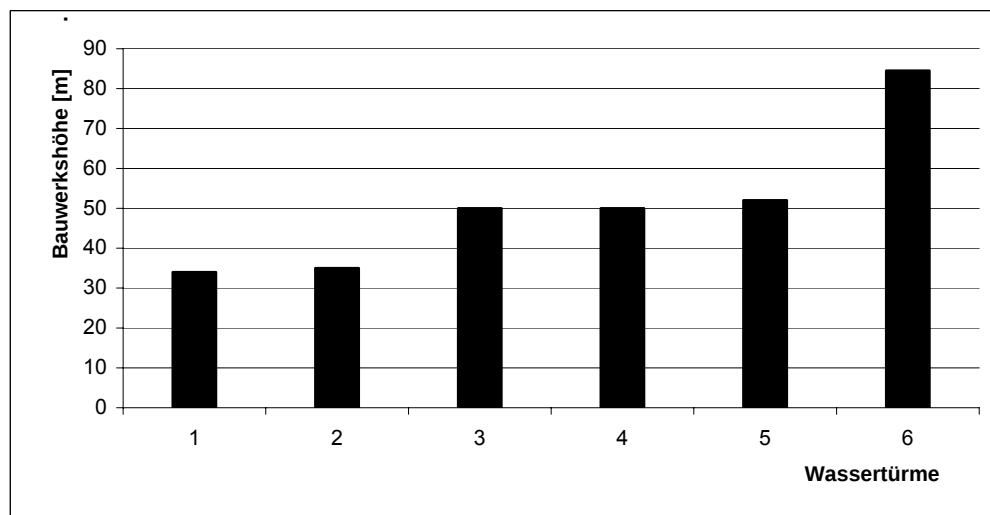


Abb. 85 Höhen erbauter Wasserbehälter (Wassertürme)

8.17 Industriebauten

Unter Industriebauten sind verschiedene Anlagen zu verstehen. Dies sind z.B. Wände, Türme bestimmter Industriezweige, Bunker, Wärmetäuscher, Stützen u.a.m. Dazu sind noch Anlagen wie Theater, Fußballplätze, Hallen u.a.m. zu nennen.

Die Starthöhe liegt etwa bei 30 m. (s. Abb. 86).

Es gibt Ausnahmefälle, bei denen z.B. nur 5 m hohe Bauwerke unter Anwendung einer GS gebaut wurden [1.4].

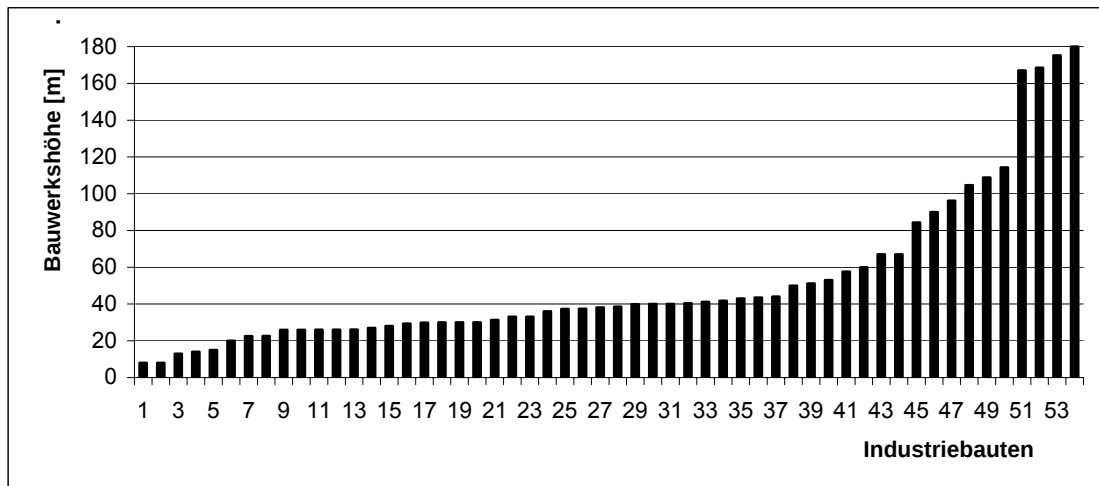


Abb. 86 Höhen erbauter Industriebauten

8.18 Zusammenfassung

Die angegebenen Werte einer Einsatzhöhe für die GS in der Tab. 7 basieren auf einer durchgeführten Auswertung bereits erbauter Anlagen und sollen als Anhaltspunkt für die Wahl eines wirtschaftlichen Schalungssystems dienen.

Die erstellte Tabelle führt zur folgenden Schlussfolgerungen.

Die untersuchten Bauwerke lassen sich in 4 Gruppen unterteilen.

- **Gruppe 1.** Bauwerke mit runder Grundrissform: Schornsteine, Fernseh- und Fernmeldetürme und die Windkrafttürme. Die minimale Höhe dieser Objekte für die wirtschaftliche Anwendung der GS liegt bei ca. 80 m.

Diese Bauwerke verfügen meist über einen nach oben abnehmenden Querschnitt. Für die Herstellung kommen konische GS-Systeme zur Anwendung. Durch die hohen Anschaffungskosten für dieses GS-Systems erhöht sich für den wirtschaftlichen Einsatz der GS die erforderliche Bauwerkshöhe.

- **Gruppe 2.** Diese Gruppe beinhaltet Hochhauskerne (Aufzugsschächte) und Brückenpfeiler. Der Querschnitt dieser Bauwerke ist in den meisten Fällen rechteckig. Die rentable minimale Höhe beträgt 40 m.

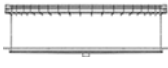
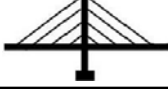
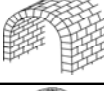
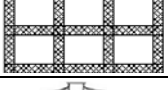
Obwohl Hochhauskerne viele Öffnungen besitzen, ist es wirtschaftlich diese im Gegensatz zu den Bauwerken der Gruppe 1 schon ab geringerer Bauwerkshöhe mittels GS herzustellen. Mögliche Erklärungen dafür sind:

- Es wird eine Schalung für einen nicht veränderlichen Querschnitt verwendet. Generell liegt die wirtschaftliche Bauwerkshöhe für den Einsatz einer GS für prismatische Bauwerke niedriger als für konische Bauwerke.
- Man strebt nach einem vorläufigen Ausbau der Kerne um den Anschluss des Geschossausbaus zu ermöglichen.

Dieser Gruppe könnten auch die Wasserbehälter zugeordnet werden. Die tragende Konstruktion der Behälter ist turmartig und prismatisch.

- **Gruppe 3.** Bauwerke für welche ein fugenloser Betonkörper erforderlich ist, bilden eine separate Gruppe. Dies gilt vor allem für Silobauwerke, Behälter (Tanks) und Bohrplattformen. Durch die Forderung nach einer fugenlosen Ausführung wird die Anwendung einer GS schon ab 20 m rentabel.
- **Gruppe 4.** In dieser Gruppe werden die übrigen in dieser Arbeit betrachteten Bauwerke wie Caissons und Industriebauten zusammengefasst. Meist handelt es sich hier um spezielle Lösungen bei der ein wirtschaftlicher Einsatz der GS schon ab Bauteilhöhen von 15 möglich ist.

Unklassifiziert bleiben die Schachtverkleidungen. Eine Anwendung der GS schon ab einer Höhe von 15 m ist denkbar.

Nr	Bauvorhaben	Schalmethode		Gruppe
		Einsatzhöhen für die GS [m]	Kletterschalung (Anwendungsmöglichkeit)	
1	 Haus	ab 4 Stockwerke	möglich	-
2	 Hochhaus Wolkenkratzer	20 - 257	ja	2
3	 Ölbohrplattform	ja	-	3
4	 Schornstein	33 - 356	möglich	1
5	 Kühlturm	unwirtschaftlich	ja	-
6	 Silo	11 - 115	möglich	3
7	 Behälter	6 - 275	möglich	3
8	 Faulbehälter	unwirtschaftlich	ja	-
9	 Fernseh- und Fernmeldeturm	16 - 457	möglich	1
10	 Windkrafttürme	64 - 118	möglich	1
11	 Talsperre	-	ja	-
12	 Brückenpfeiler (Pylone)	22 - 201	möglich	2
13	 Tunnel	-	-	-
14	 Schacht	möglich	?	-
15	 Caisson	15 - 27	möglich	4
16	 Wasserbehälter	34 - 85	möglich	2
17	 Industriebauten	8 - 180	möglich	4

Tab. 7 Leitfaden zur Wahl wirtschaftlichster Schalmethode

9. Zusammenfassung und Ausblick

Fugenlos herzustellende Betonbauwerke können nur mit dem GS-System wirtschaftlich errichtet werden. In anderen Bauwerken erhielt die Gleitschalungstechnik in jüngster Vergangenheit immer mehr Konkurrenz durch die KS-Methode. Vor allem architektonisch bedingte, aufwendige Formgebungen von Betonbauwerken erschweren den Einsatz der GS. Ein wesentlicher Vorteil des GS-Systems gegenüber anderen Schalungssystemen liegt in der großen Betonierleistung. Dies ist in vielen Fällen vor allem für Bauteile welche am zeitkritischen Weg einer Baustelle liegen das Hauptargument für die Wahl des GS-Systems.

Die wirtschaftliche Bauwerkshöhe für den Einsatz einer GS ist abhängig vom Anlagentyp und der Randbedingungen.

Bauwerke mit einer in der Höhe nach veränderlichem Querschnitt lassen sich mit der GS erst ab einer Höhe von ca. 80 m wirtschaftlich erstellen.

Für die Bauwerke mit konstantem Querschnitt beginnt abhängig von Anlagentyp der wirtschaftliche GS-Einsatz ab einer Höhe von ca. 20 m – 40 m.

Die große Anzahl von Firmen die im Bereich der GS-Bau tätig sind zeigt, dass die Methode der GS auch heute noch dem Stand der Technik entspricht und so in vielen Fällen in Anwendung kommt. Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit unterliegt das GS-System einer fortlaufenden Weiterentwicklung.

Quellenverzeichnis

1. Monographien und Bücher

- 1.1. ДИНЕСКУ, Тудор (DINESKU, Tudor); ШАНДРУ, Андрей (Schandru, Andrei); РЪДУЛЕСКУ, Константин (RADULESKU, Konstantin): *Изпълнение на строителни обекти с пълзящ кофраж (Ausführung von Bauobjekten mit Gleitschalung)*, 1 Aufl. – Sofia: Technika, 1963.
- 1.2. *Gleitschalungen und Kletterschalungen*, IRB-Literaturauslese Nr.164, IRB Verlag, 1983.
- 1.3. KORDINA, Karl; DROESE, Siegfried: *Versuche zur Ermittlung von Schalungsdruck und Schalungsreibung im Gleitbau*, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 414, Berlin Köln: Beuth Verlag GmbH, 1990.
- 1.4. SIMONS, Klaus; KOLBE, Peter: *Verfahrenstechnik im Ortbetonbau*. 1 Aufl. – Stuttgart: B.G. Teubner, 1987.
- 1.5. BECKER, Horst: *HÜTTE Taschenbücher der Technik*. Band III, 29 Aufl. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1977.
- 1.6. HOFFMAN, Friedrich: *Arbeitsplanung im Betonbau*. 1 Aufl. - Wiesbaden und Berlin: Bauverlag GmbH, 1973.
- 1.7. HOFFMANN, Friedrich H.: *Schalungstechnik mit System*. 1 Aufl. - Wiesbaden und Berlin: Bauverlag GmbH, 1993.
- 1.8. HOFSTADLER, Christian: *Schalarbeiten*. 1 Aufl. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2008.
- 1.9. KOWALSKI, Rolf – Dieter: *Schaltechnik im Betonbau*. 1 Aufl, - Düsseldorf: Werner Verlag, 1977.
- 1.10. SCHMIDT, Roland: *Die Schalungstechnik*. 1 Aufl. – Berlin: Ernst & Sohn, 2001.
- 1.11. SCHMITT, Oskar: *Schaltechnik im Ortbetonbau*. 2 Aufl. – Düsseldorf: Werner Verlag 1993.
- 1.12. LABUTIN, Nikolai: *Schalung und Rüstung*. 5 Aufl. – Berlin, München, Düsseldorf: Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, 1975.
- 1.13. ВЪЛЕВ, Вълю и др. (WALEV, Walju et al.) *Наръчник по технология на строителното производство, Том I (Handbuch zur Technologie der Bausführung, Band I)*. 1 Aufl. – Sofia: Technika, 1978.
- 1.14. ВЪЛЕВ, Вълю и др. (WALEV, Walju et al.) *Наръчник по технология на строителното производство, Том II (Handbuch zur Technologie der Bausführung, Band II)*. 1 Aufl. – Sofia: Technika, 1979.
- 1.15. ВЪЛЕВ, Вълю и др. (WALEV, Walju et al.) *Наръчник по технология на строителното производство, Том III (Handbuch zur Technologie der Bausführung, Band III)*. 1 Aufl. – Sofia: Technika, 1980.

- 1.16. BERGMEISTER, Konrad; WÖRNER, Johan – Dietrich: *Beton - Kalender 2006*. 100 Aufl. - Berlin: Ernst & Sohn, 2006.
- 1.17. MARTENS, Peter: *Silo – Handbuch*. 1 Aufl. – Berlin: Ernst & Sohn, 1988.
- 1.18. McKELVEY, K. K., BROOKE, Maxey: *The industrial cooling tower*. 1 Aufl. – Amsterdam, London, New York, Princeton: Elsevier Publishing Company, 1959.
- 1.19. ХАМПЕ, Ерхард (HAMPE, Erhard): *Комини в промишленото строителство (Industrieschornsteine)*. 1 Aufl. – Sofia: Technika, 1976 (Verlag für Bauwesen: Berlin, 1970). (Übersetzung auf Bulgarisch).
- 1.20. ПЕТКОВ, Йордан (PETKOV, Jordan): *Технология на строителните процеси (Technologie des Bauprozesses)*. 1 Aufl. – Sofia: Technika, 1978.

2. Internetseiten

Zur Erstellung der Diplomarbeit wurden Inhalte der folgenden Internetseiten im Zeitraum von Januar bis Oktober 2009 herangezogen.

- 2.1. www.bauforum24.biz
- 2.2. www.metall-technik.de
- 2.3. <http://archzai.com/projekte/silos/silobau.html>
- 2.4. www.gleitbau.com
- 2.5. www.gleitschalung.at
- 2.6. www.pittel.at
- 2.7. www.max-boegl.de
- 2.8. www.ooms-ittner-hof.de
- 2.9. www.bierrum.co.uk
- 2.10. www.schaefer-bauten.de
- 2.11. www.mariettasilos.com
- 2.12. www.scanada.com
- 2.13. www.comdynam.com
- 2.14. www.borton.biz
- 2.15. www.san-con.com
- 2.16. www.hamoncustodis.com
- 2.17. www.pcharrington.com
- 2.18. www.slipform-int.com
- 2.19. www.slipform.ae
- 2.20. www.bygging-uddemann.se
- 2.21. www.kenaidan.com
- 2.22. www.structuralsystems.com.au
- 2.23. www.tako.cz
- 2.24. www.interform.as

- 2.25. www.macromarvel.com
- 2.26. HUSZAR, Zsolt: *Comparison of the self climbing formwork and the sliding formwork.*
<http://og.grad.hr/dmdocuments/sesta/Huszar.pdf>
- 2.27. SMITH, A.W.: *Development of slip-form construction.*
<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/ir/ir131/ir131.pdf>
- 2.28. MUCKENFUß, Jörg U.: *Gleitschalung im Einsatz.* www.baumaschine.de
- 2.29. WANNINGER, R.: *Bauverfahrenstechnik.*
http://www.ibb.tu-bs.de/downloads/skripte/bvt_ss2005_bsp.pdf
- 2.30. BOSTENARU, Maria: *Block of flats with 11 floors out of cast-in-situ concrete, gliding frameworks.* <http://www.world-housing.net/whereport1view.php?id=100095>
- 2.31. ROTHENBACHER, Werner: *Getreidespeicher der Superlative.*
http://www.betonshop.de/files/139/landbau_1_2007.pdf
- 2.32. MISCHKEK, Ronald: *Bauverfahren – Gegenwart und Zukunft.*
http://www.fgw.at/publikationen/pdf/04/2004-04_mischkek.pdf
- 2.33. www.chimneysandrefractoriesinternational.com
- 2.34. www.freepatentsonline.com
- 2.35. GALEHR, Erich: *Gleitschalungsbeton in einem Schacht mit 49° - Steigung.*
http://www.zement.at/Service/literatur/fileupl/01_08gleitschalungsbeton.pdf
- 2.36. www.ghconstruction.cn
- 2.37. www.slipformitalia.it
- 2.38. www.be-con.com
- 2.39. www.sekiarch.co.kr/silomain.htm
- 2.40. http://www.flickr.com/photos/x_chuan9321/page9/
- 2.41. http://www.heidelbergcement.com/de/de/country/presse/archiv/pi2005/20050817_1.htm
- 2.42. www.meva.de
- 2.43. http://www.everitts.co.nz/kleenkote_kleencrete.html
- 2.44. www.laminaex.com
- 2.45. www.wikipedia.org
- 2.46. <http://www.elkem.no/dav/9c4dea6f8c.pdf>
- 2.47. <http://d2911908.hosted121.pinklamsadmin.net/album/thumbnails.php?album=8>
- 2.48. <http://www.deutsches-architektur-forum.de/forum/showthread.php?t=1470&page=3>
- 2.49. <http://www.laufnachrichten.de/bericht.php?id=637>
- 2.50. [ftp://img.s.ebuild.com/woc/C830125.pdf](http://img.s.ebuild.com/woc/C830125.pdf)
- 2.51. http://z.about.com/d/gocanada/1/0/4/-/-/-/CN_Tower_and_Rogers_Centre_1.jpg
- 2.52. <http://civileng7.tistory.com/135>
- 2.53. <http://en.structurae.de/structures/data/index.cfm?id=s0000614>

- 2.54. <http://www.jamsusa.co.kr/noname75.htm>
- 2.55. <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=499055>
- 2.56. <http://www.urbanity.es/foro/rascacielos-y-highrises/12419-andorra-teruel-central-termica-343m.html>
- 2.57. http://www.icba.bc.ca/news_media/publications_resources/openline/fall2004/concrete.htm
- 2.58. www.sunghyunform.co.kr
- 2.59. www.altac.net
- 2.60. www.amfah.co.in
- 2.61. www.byggqinginter.com
- 2.62. www.chschwertner.com
- 2.63. www.constrosystems.com
- 2.64. www.continentalconst.com
- 2.65. www.cozumsan.com
- 2.66. www.dcl-fcl.com
- 2.67. www.europack.lv
- 2.68. www.fpsarco.cz
- 2.69. www.fabquip.com.au
- 2.70. www.schoorsteenbouw.be
- 2.71. www.fwsgroup.com
- 2.72. www.hoffmanninc.com
- 2.73. www.jscint.com
- 2.74. www.karrena.co.za
- 2.75. www.kayarkalip.com
- 2.76. www.nbccindia.com
- 2.77. www.pbl-thailand.com
- 2.78. www.cmas.co.id
- 2.79. www.scanada.com
- 2.80. www.seth.pt
- 2.81. www.srsenviro.com
- 2.82. www.hydraulicopalubka.ru
- 2.83. www.ibberson.com
- 2.84. www.termostav.sk
- 2.85. www.tingtai.com
- 2.86. www.vinaconex-9.vn
- 2.87. www.vslin.com
- 2.88. www.younglove-const.com

- 2.89. www.rmdkwikform.com
- 2.90. www.streif-baulogistik.de
- 2.91. www.wf-ingbau.de
- 2.92. <http://www.vdz-online.de/415.html>
- 2.93. www.dietmar-strauss.de – *mit Erlaubnis*
- 2.94. www.google.com
- 2.95. SCHUON, Helmut; LEITZBACH, Olaf: *Frischbetondruck – quo vadis?*.
www.baumaschine.de
- 2.96. http://www.jacobsen.no/anders/blog/archives/2003/09/05/norwegian_contractors_hinna.html
- 2.97. MISCHEK, Ronald: *Bauverfahren – Gegenwart und Zukunft*.
http://www.fgw.at/publikationen/pdf/04/2004-04_mischek.pdf
- 2.98. MAIER, Elias: *Kletterschalung, Selbstkletterschalung oder Gleitschalung für hohe Wände*. www.meva.de [2.42]
- 2.99. www.cscec-baili.com
- 2.100. www.doka.com
- 2.101. www.faresinbuilding.it
- 2.102. www.farinaformworks.com
- 2.103. www.huennebeck.de
- 2.104. www.kofragna-bg.com
- 2.105. www.mevaformwork.com
- 2.106. www.noe.de
- 2.107. www.paschal.de
- 2.108. www.peri.de
- 2.109. www.rsb.info
- 2.110. www.sanbo.com.cn
- 2.111. ROTHENBACHER, Werner: *Getreidespeicher der Superlative*
http://www.betonshop.de/files/139/landbau_1_2007.pdf
- 2.112. <http://www.basf-cc.at/de/referenzen/Documents/Flatz3.pdf>
- 2.113. *Concrete Quarterly* 129. 1981.
http://www.concretecentre.com/PDF/cq_129.PDF
- 2.114. <http://www.niagarafrontier.com/towers.html>
- 2.115. AHLBRICHT, Thomas: *Abteufen des Schachts Konradsberg mit Einsatz des Nonel-Zündsystems*.
http://www.dh-shaftsinking.com/de/referenzprojekte/Fachartikel_Konradsberg.pdf

- 2.116. ENSER, Klaus; ROUBIN Markus: *Flughafentower Wien Flugsicherungsstelle mit Kontrollturm*.

http://www.zement.at/Service/literatur/fileupl/Flughafentower_Wien_03_04.pdf

- 2.117. www.alkus.de

- 2.118. <http://www.thurner-franz.at/transportbeton/downloads/betonfibel.pdf>

3. Skripten

- 3.1. PAUSER, Alfred: *Ausführungsmethoden des Brückenbaues*, TU Wien
3.2. BURKHARDT, G.: *Betriebstechnik Betonbau*. Studentenwerk München.
3.3. JODL, Hans Georg; SCHLOSSER, Wolfgang: *Bauverfahrenstechnik*, TU Wien, 2003
3.4. WANNINGER, Rainer: *Bauverfahrenstechnik*, TU Braunschweig 2005

4. Diplomarbeiten

- 4.1. ANTONITSCH, Gerald: *Schalung und Rüstung im Kraftwerksbau*. IBB, TU Wien, 1982.

5. Dissertationen

- 5.1. HERMANN, Manfred: *Untersuchungen zur Gleitbauweise im Stahlbetonbau*, Berlin, Fachgebiet Baubetrieb und Baumaschinen, Mitteilungen, Heft 7: TU Berlin, 1984.
5.2. DIETRICH, Klaus: *Dynamisch - kalkulatorischer Vergleich zweier Ortbetonbauverfahren für Naturzugkühlerschalen*, TU Carolo – Wilhelmina, Braunschweig, 1981.
5.3. DROESE, Siegfried: *Untersuchungen zur Technologie des Gleitschalungsbaus*, TU Carolo – Wilhelmina, Braunschweig: Druck + Verlag, 1984.
5.4. SIEGL, Robert: *Analyse und vergleichende Untersuchung von Gleit – und Kletterschalungen nach technischen und wirtschaftlichen Kriterien*, Wien, TU Wien, 1986.
5.5. ЦАНКОВ, Й. И. (TSANKOV, I. I.) *Технико- икономическа оценка и перспективи за развитие на методите "пакетно повдигани плочи" и "пълзящ кофраж" в жилищното строителство (Technisch- wirtschaftliche Bewertung und Entwicklungsperspektiven der Baumethoden „Paket gehobene Platten“ und „Gleitschalung“ im Gebäudebau)*. Sofia, 1974.

6. Prospekte

- 6.1. Gleitbau Salzburg. *Outstanding solutions in formwork engineering*. POLAK und friends GmbH, Werbeagentur: Salzburg.
6.2. Gleitbau Salzburg. *Outstanding solutions in formwork engineering. References*.
6.3. Bitschnau. Gleit- und Schalungstechnik. *Schalungstechnik in neuer Dimension*. Kresser Werbung, 2004.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Schornstein des Kohlenkraftwerkes „Ponte“ [2.56]	1
Abb. 2 Ansicht des Messeturmes in Frankfurt [2.49]	2
Abb. 3 Der Messeturm in Frankfurt. Gleichzeitige Anwendung von GS und KS. [2.48]	2
Abb. 4 Seo Hae Brücke, Südkorea [2.54]	2
Abb. 5 Schema der Seo Hae Brücke [2.52]	3
Abb. 6 Bohrplattforminsel Troll A [2.47]	3
Abb. 7 Bauetappe und Schema der Gasbohrplattform Troll A [2.45, 2.46]	4
Abb. 8 Siloanlage in Jebel Ali, VAE (Vereinigte Arabische Emirate) [2.19]	4
Abb. 9 Flüssigerdgasbehälter mit Durchmesser 90 m [2.24]	5
Abb. 10 Der LNG Tank kurz vor Beendigung der Bauarbeiten [2.24]	5
Abb. 11 Der Fernsehturm in Toronto [2.51, 2.50]	6
Abb. 12 Manuell betätigte schraubspindelbetriebene GS und Gleitbock aus Holz [1.18]	11
Abb. 13 Gleitschalungsfertiger SP 1600 der Firma WIRTGEN [2.1]	13
Abb. 14 Leitwandfertiger [2.43]	14
Abb. 15 Allgemeines Schema einer Gleitschalung für vertikale Wände	14
Abb. 16 Untertage Schachtverkleidung mit Neigung 49° [2.35]	15
Abb. 17 Schalhaut der um 49° geneigte Schalungsplattform [2.35]	15
Abb. 18 Einhäuptige GS während einem Felsstützwandbau [1.12]	16
Abb. 19 Etappen der Umsetzung der kranunabhängigen Kletterschalung [2.103]	18
Abb. 20 Hölzerne Schalhaut [2.24]	21
Abb. 21 Schalhaut aus Stahl [2.37]	22
Abb. 22 Kunststoffplatte als Schalhaut mit einer Dicke von 20 mm (<i>Eigenfoto</i>)	23
Abb. 23 Zwei Arten zur Verbindung von Kletterstangen der Variante A – I [nach 1.1] und II	24
Abb. 24 Hydraulischer Heber, Typ "Interconsult" [nach 1.1]	25
Abb. 25 Hydraulischer Heber, Typ "Hochtief" [nach 5.1 und 5.4]	27
Abb. 26 Heber mit gezahnten Keilbacken [nach 5.2]	27
Abb. 27 Gezahnte Keilbacken eines zerlegten Hebers (<i>Eigenfoto</i>)	28
Abb. 28 Gleitbock mit gedoppeltem Jochträger aus U-Profile [2.39]	29
Abb. 29 Gleitbockvariante [2.37]	29
Abb. 30 Dreirichtungsjoch [2.71]	30
Abb. 31 Gleitbock mit lochgerasterter Jochträger [2.37]	30
Abb. 32 Gleitbock mit beweglichen Rahmenstielen zur Wanddickeänderung [2.40]	31
Abb. 33 Gleitschalungsausrüstung mit 2 Nachlaufbühnen [2.4]	32
Abb. 34 Obere, Arbeits- und Hängebühnen; gedoppelte Heber pro Kletterstange [2.18]	33
Abb. 35 Aussteifungsspeichen [2.93]	34
Abb. 36 Ringaussteifung	34

Abb. 37 Kletterstangenziehgerät (<i>Eigenfoto</i>)	36
Abb. 38 Blitzdrahtrolle (<i>Eigenfoto</i>)	36
Abb. 39 Neigung der Schalhaut [nach 1.1]	37
Abb. 40 Arten zur Erzielung der Schalhautneigung (maßstäblich stark verzerrt) [nach 1.1] .	38
Abb. 41 Verbindung nebeneinander liegender Bauwerke[2.58]	39
Abb. 42 Beginn von bis jetzt nicht vorhandenen Zellenwänden in der Höhe [2.59].....	41
Abb. 43 Zwei Kletterstangen pro Gleitbock im Fall von zu dicken Wänden [2.59]	41
Abb. 44 Der Schiefe Turm in Stavanger [2.96]	42
Abb. 45 Zementsilos als vorgespannte Konstruktion [2.18].....	44
Abb. 46 Filzen der Betonoberfläche nach dem Austritt aus der GS	45
Abb. 47 Trägerkonstruktion der konischen GS [nach 1.1, 1.8 und 5.4]	46
Abb. 48 Stahlblechtafeln einer konischen GS [2.1]	47
Abb. 49 Ausbau von beweglichen Stahlbleche mit angegebener Reihenfolge	47
Abb. 50 Verallgemeinertes Schema für die Errichtung konischer Bauwerke [nach 2.59].....	48
Abb. 51 Detail einer konischer Wand [nach 2.22].....	48
Abb. 52 Betonverteileranlage [nach 6.1 und 2.82].....	49
Abb. 53 Ansicht einer Betonverteileranlage [2.1].....	50
Abb. 54 Trichterbatterie und Verteilerschläuche [2.58].....	50
Abb. 55 Anordnung drei nebeneinander liegenden Klettergeräte zur Hebung schwere Lasten [2.58].....	51
Abb. 56 Gedoppelte Gleitböcke zur Hebung größerer Lasten [5.1, S.45]	51
Abb. 57 Schraubspindelkonstruktion [nach 1.12 und 1.4]	52
Abb. 58 Aussparung und Kletterstangenaussteifung [2.24].....	52
Abb. 59 Sprunghafte Änderung der Wanddicke mittels Futterstück [nach 1.1 und 1.4]	53
Abb. 60 Styroporeinbauteil zur Hinterlassung einer Öffnung (<i>Eigenfoto</i>)	53
Abb. 61 Verbindung der Deckenkonstruktion mit den gegliederten Wände [nach 1.4].....	54
Abb. 62 Stahlbetonbalken als Einbauelement [2.57]	54
Abb. 63 Zieltafel im Einsatz (<i>Eigenfoto</i>).....	55
Abb. 64 Niveaueukontroller (<i>Eigenfoto</i>).....	56
Abb. 65 Schalungsreibung [nach 1.1 und 1.16].....	58
Abb. 66 Prinzipieller Verlauf der Reibung [1.3, S.48]	60
Abb. 67 Diagramm zur Bestimmung der Schalungsreibung [1.3, S.71]	60
Abb. 68 Turmdrehkran mitgehoben mit der Gleitschalung [nach 1.1]	62
Abb. 69 Mannschaftstransport mit Personenförderkorb [2.61]	63
Abb. 70 Materialtransport mittels eine Seilwindeanlage [nach 1.1 und 2.59]	63
Abb. 71 Treppengerüst [2.18].....	64
Abb. 72 Aufzug an dem Telekom Turm in Tasmanien. Die Höhe beträgt 90 m. [2.22]	64

Abb. 73 Rohrleitung für Pumpbeton. [2.41] (110 m hochgepumpt, Diamantmühle, Hamburg)	64
Abb. 74 Höhen erbauter Hochhauskerne	71
Abb. 75 Höhen erbauter Schornsteine	72
Abb. 76 Höhen erbauter Schornsteine der Firma Macro Marvel (Indien)	73
Abb. 77 Höhen erbauter Silos	74
Abb. 78 Höhen erbauter Behälter (Tanks)	75
Abb. 79 Höhen erbauter LNG Tanks	75
Abb. 80 Höhen erbauter Fernsehtürme	76
Abb. 81 Höhen erbauter Windtürme	76
Abb. 82 Höhen erbauter Brückenpfeiler	77
Abb. 83 Höhen erbauter Schächte	78
Abb. 84 Höhen erbauter Caissons	79
Abb. 85 Höhen erbauter Wasserbehälter (Wassertürme)	79
Abb. 86 Höhen erbauter Industriebauten	80

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Liste weltweit tätiger Firmen im Bereich des Gleitbaus	7
Tab. 2 Chronologische Entwicklung der GS-Methode	11
Tab. 4 Werte der Ausgrenzungszone bei dem Bau hohen Bauwerken [1.16, S. 501]	66
Tab. 5 Vergleich von Schalungssystemen [1.12]	67
Tab. 6 Gegenüberstellung der Kosten für Gleit- und Kletterschalungsarbeiten [2.98]	68
Tab. 7 Leitfaden zur Wahl wirtschaftlichster Schalmethode	82

Anhang

Tabellen ausgewerteter erbauten Anlagen	i
Schalungswörterbuch	xiv
Lebenslauf	xv

Tabellen ausgewerteter, erbauten Anlagen

Hochhauskerne					
Informationsquelle	Nr	Name	Höhe m	Stockwerke	Anzahl
Gleitbau Salzburg	1	Atlantik Haus	80.85		
	2	Inholland Rotterdam	65.3		
	3	Mahler 4 - UN Studio	81.95		
	4	Manchester	38.4		
	5	Telekom-Center München	49.45		
	6	Arthur Street	39.22	12	
	7	Arthur Street	42.7	12	
	8	Canary Wharf, HQ1	79.03		
	9	Canary Wharf DS1	85.85	19	
	10	Delbrück	63		
	11	Gerling	115		
	12	IZD Tower	140	45	
	13	Vienna Twin Tower	151.9		
	14	Hanoi	63.1		
	15	National Netherlands	158.8		
	16	National Netherlands	96.2		
	17	AUVA Wien	61.72		8 Stk
	18	Uno Gebäude, Wien	121		
Bitschnau	19	Silos für W. Grüninger AG. in Flum	34.15		
	20	Brennstoffbunker für MKK Bremen	51.95		
	21	Treppentürme für KW Datteln	131.5		2 Stk
	22	Treppenturm für EBS KW	48.4		
	23	KW 2010 in Salzgitter	43.15		4 Stk
	24	Basell Plyolefine	37.63		
	25	Treppenhaus Delfzijl, Holland	37.98		
Scanda	26	Tower Palace I Core A	251	73	
	27	Tower Palace I Core B	229	66	
Slipform	28	BP1 CANARY WHARF, London, UK	175		
	29	Barrow Street, Ireland	75.5		
	30	Balfour Beatty Scotland	59		
[2.113]	31	National Westminster Tower, London	183	52	
[2.28]	32	World Trade Center - Dresden	45		
[2]	33	Pearlbank, Singapore	128	38	
	34	Viktoria Haus, Duesseldorf	108	29	
[2.94]	35	Marina City	179		2 Stk
[2.48]	36	Messturm Frnkfurt	256.5		
Vinaconex 9	37	Cores buildings in Ha Noi	63	17	
	38	Cores buildings in Ha Noi	67	18	
	39	Cores buildings in Ha Noi	126	34	
Interform	40	Lift shafts and stairwells, Bergen, Norway	40	11	
	41	Lift shafts and stairwells, Bergen, Norway	50	14	
	42	Lørenskog, Norway	20 - 40		

Schornsteine								
Informationsquelle	№	Name	Höhe	Durchmesser _u	Durchmesser _o	Wanddicke _u	Wanddicke _o	Anzahl
			m	m	m	m	m	
Gleitbau Salzburg	1	Callide	225	19.6	13.6	0.37	0.27	
	2	Kalorisches Kraftwerk Salzburg Nord	68					rechteck
	3	Kamin Cartagena	124.65	17.76				
	4	Kamin Hera Modena	80.6	8.6		0.3		
	5	Kamin Springfield	137.3	10.7				
	6	Kamin Tae An	154			0.9	0.3	
	7	Kamin VW - Werk Kaluga	71.3			0.3		rechteck
	8	Konischer Kamin STEAG Voerde	224.4	27	20.7	0.5	0.25	
	9	Detmarovice	269	23.2	15.6			
	10	Opatovice	135	13.74	10.84			
	11	Paradise, Kentucky	254					
	12	Paradise, Kentucky	250.5					
	13	Porto Tolle	243	27	23.96			
	14	Kraftwerk Riedersbach	188					
	15	Kraftwerk Simmering	198	21.25	13.2			
	16	Sabiya	194.6			0.6	0.3	2 Stk
	17	Silbey, Missouri	213	18.21	6.14			
	18	Konische Kamine West Burton	190	19.1	15.5	0.33	0.27	
	19	Chimney Goole, Yorkshire, UK	85.15	5.8		0.35	0.205	
Bitschnau	20	Zellstoffwerk Pulp Mill	132.5					
	21	Abluftschornstein in VW Hannover	90.8					
Bierrum	22	Callide, Queensland	230					
	23	West Burton Power Station	200					
Commonwealth	24	Kogan Creek Power Station	175					
	25	Concrete Stacks in Thailand	100					2 Stk
NBCC	26	Vindhyanchal Madhya Pradesh, India	275					
	27	Bakreshwar, West Bengal	220					2 Stk
	28	Kahalgaoon, Bihar	220					
	29	Birsingpur Madhya Pradesh	220					
	30	Talcher, Orissa	275					2 Stk
	31	Bhatinda, Punjab	220					
Structural Systems	32	Simadhari, Andhra Pradesh	275					
	33	Colire power station, Australia	160					
[1.16]	34	Mount Piper power station	275					
	35	Schornstein Buschhaus	300					
[1.1]	36	Rumania	70	6.4	4.2			
	37	Romania, Kraiova	160	16.16	10	0.7	0.2	
	38	Hungary	200	10.18	9.48	0.59	0.24	
[2]	39	Turuel power station, Andora	343					
	40	La Coruna, Spain - Power station Ponte	356					
[2.56]	41	Chimney	120	12.5	8			
	42	Chimney	100					
Vinaconex 9	43	Bim Son Cement Plant - Thanh Hoa	110					
	44	But Son Cement Plant – Ha Nam	110					
	45	Ninh Binh Thermal Power Plant	130					
	46	Nghi Son Cement Plant - Thanh Hoa	110					
	47	Pha Lai Thermal Power Plant	200					
	48	Hoang Mai Cement Plant - Nghe An	110					
BEC	49	Power Plant at Tunjung Bin, Johor	200	23	22.5			
	50	Shell's Pulau Bukom Refinery	100	6.3	6			
	51	Pulau Bukom, Singapore	100					
	52	Pulau Ular, Singapore	100					
	53	Map Ta Phut, Thailand, Ethane Separation Plant	140					
	54	Map Ta Phut, Thailand, Gas Separation Plant	140					
	55	Toledo, Cebu, Philippines	100					
	56	Panay, Iloilo, Philippines	100					
Ting Tai Construction	57	Zelan Construction, Tanjong Bin Power Plant	200	7.5				3 Stk
	58	TPC's Taichung Fossil Power Station	250					2 Stk
Altac	59	Sant Just Desvern (Barcelona)	33.2	6.5				
	60	Hemeroteca Ilamada Imágenes	121					

Schornsteine von Macro Marvel (Indien)			
No	Name	Höhe m	Durchmesser m
1	M/s. Cehngalryan Co-op. Sugar Mills, Tamilnadu	40	3.15
2	M/s. National Co.op Sugar Mills Ltd., Tamilnadu	40	3.2
3	M/s. Dharani Sugars And Chemical Ltd. Tamilnadu	40	3.15
4	M/s. Sakthi Sugars Ltd., Tamilnadu	40	3.15
5	M/s. Vellore Co.op Sugar Mills Ltd., Tamilnadu	40	3.2
6	M/s.Rajashree Sugars & Chemicals Ltd., Tamilnadu	40	3.15
7	M/s. Thiru Arooran Sugars Ltd., Tamilnadu	40	3.15
8	M/s. South India Sugars Ltd., Tamilnadu	40	3
9	M/s. Jaibhavani SSK Ltd., Maharashtra	40	2.9
10	M/s. Ambahagai SSK Ltd., Maharashtra	40	2.9
11	M/s.Vasant SSK Ltd., Maharashtra	40	2.83
12	M/s. Chodavaram Co.op Sugar Mills Ltd., A.P.	40	2
13	M/s. K.C.P. Ltd., Lakshmipuram, A.P.	40	3.15
14	M/s. Shree Kailas Sugar & Chemicals Ltd., A.P.	40	3
15	M/s. Ugar Sugar Works Ltd., Karnataka	41.5	3
16	M/s. Hindusthan Organic Chemicals Ltd., Maharashtra	66	3.5
17	M/s. Shree Mahuvas.K.U. Mandali Ltd., Gujarat	40	2.2
18	M/s. Meham Co.op Sugar Mills Ltd., Haryana	40	3
19	M/s. Kaithal Co.op Sugar Mills Ltd., Haryana	40	3
20	M/s. Samrath SSK Ltd., Maharashtra	40	3
21	M/s. Samrath SSK Ltd., Maharashtra	40	3
22	M/s. Godavari Mannar SSK Ltd., Maharashtra	40	2.4
23	M/s. The Jeypore Sugar Company Ltd., A.P.	40	3
24	M/s. Empee Sugars & Chemicals Ltd., A.P.	40	3.5
25	M/s. Shree Vaani Sugar Industries Ltd., A.P.	40	3
26	M/s. Sakthi Sugars Ltd., Tamilnadu	40	3.43
27	M/s. Bidar SSK Ltd., Karnataka	52	2.9
28	M/s.Bannari Amman Sugars Ltd., Karnataka	40	3.43
29	M/s. Shree Rewakhand S.K.U.M. Ltd., Gujarat	46	3
30	M/s. Triveni Engineering Works Ltd., Punjab	40	3
31	M/s. Bidar SSK Ltd., Karnataka	46	2.9
32	Southern Petro Chemicals Industries Corporation, Tuticorin	60	4
33	M/s. Nizam Sugar Ltd., A.P.	40	3
34	M/s. Shrisant Damaji SSK Ltd., Maharashtra	40	3
35	M/s. Chopda SSK Ltd., Maharashtra	40	3
36	M/s. Jaikissan SSK Ltd., Maharashtra	40	3
37	M/s. Deogiri SSK Ltd., Maharashtra	40	3
38	M/s. Majalgaon SSL Ltd., Maharashtra	40	3
39	M/s.Shindkhedataluka SSK Ltd., Maharashtra	40	3
40	M/s. Shrishankar SSK Ltd., Maharashtra	40	3
41	M/s. Dhampur Sugar Mills Ltd., U.P.	60	3.5
42	M/s. Venus Sugars Ltd., U.P.	40	3
43	M/s. Tamilnadu Ne3wsprint & Papers Ltd.,	86	4
44	M/s. Tamilnadu Ne3wsprint & Papers Ltd.,	86	3.5
45	M/s. South India Viscose Ltd., Tamilnadu	85	8.31
46	M/s. Adinath SSK Ltd., Maharashtra	40	3
47	M/s. Rag Met Engineers, Maharashtra	70	8.85
48	M/s. Kallakuruchi Co.op Sugar Mills Ltd., Tamilnadu	40	3
49	M/s.Southern Petro Chemical Industries Corporation	40	3
50	M/s. N.P.K.R.R. Co.op Sugar Mills Ltd., Tamilnadu	40	3
51	M/s. Maduranthagam Co.op Sugar Mills Ltd., Tamilnadu	40	3
52	M/s. Amarvathi Co.op Sugar Mills Ltd., Tamilnadu	40	2
53	M/s. Bannariamman Sugars Ltd., Tamilnadu	51	3.43
54	Sirpur Paper Mills Ltd for M/s. Ingfluid Boilers Ltd., A.P.	70	3.43
55	M/s. Sri Chamundeswari Sugars Ltd., Karnataka	60	4.01
56	M/s. Piccadily Sugars & Allied Industries Ltd., Punjab	40	3
57	M/s. Naraingarh Sugar Mills Ltd., Haryana	40	2.9
58	M/s. Viradeshwar SSK Ltd., Maharashtra	45	2.7
59	M/s. Balaji Distilleries Ltd., Tamilnadu	40	2
60	M/s. Pearl Distilleries Ltd., Tamilnadu	45	1.65

Schornsteine von Macro Marvel (Indien)			
№	Name	Höhe	Durchmesser
		m	m
61	M/s. Thiruarooran Sugars Ltd., Tamilnadu	80	2.93
62	M/s. New Harizon Sugar Mills Ltd., Pondicherry	40	3.75
63	M/s. The K.C.P. Ltd., Lakshmipuram, A.P.	40	3.15
64	M/s. Andhra Pradesh Paper Mills Ltd., A.P.	60	3.2
65	M/s. Vivek Ganna Ltd., West Bengal	40	3.6
66	M/s. Shree Doodha Gangakrishna SSK Ltd., Karnataka	52	3.43
67	M/s. Ramgarh Chinni Mills Ltd., U.P.	40	3.6
68	M/s.K.M.Sugar Mills Ltd., U.P.	40	3
69	M/s. Mansurpur Mills Ltd., U.P.	40	2.5
70	M/s. Khalilabad Sugar Mills Ltd., U.P.	45	2.4
71	M/s. Narmada Sugar Mills Ltd., M P	45	3
72	M/s. The Shahabad Co.op Sugar Mills Ltd., Haryana	45	3
73	M/s. Narain Gargh Sugars Ltd., Punjab	40	2.9
74	M/s. Modi Industries Ltd., U.P.	40	3
75	M/s. Monnet Industries Ltd., U.P.	45	3.9
76	M/s. S.B.E.C. Sugars Limited., U.P.	50	4.63
77	M/s. Indo Gulf Industries Ltd., U.P.	40	3.5
78	M/s. Global Sugar Ltd., U.P.	40	3.2
79	M/s. Dhampur Sugar Mills Ltd., U.P.	60	3.5
80	M/s. Basti Sugar Mills Ltd., U.P.	45	2.93
81	M/s. Govind Nagar Sugar Mills Co. Ltd., U.P.	45	2.93
82	M/s. Oswal Foods Ltd., U.P.	45	3.15
83	M/s. Simbhaoli Sugars Mills Ltd., U.P.	52	2.4
84	M/s. Simbhaoli Sugars Mills Ltd., U.P.	52	4.2
85	M/s. Shree Khedut Skum Ltd., Maharashtra	46	3.43
86	M/s. Dharani Sugars And Chemical Ltd., Tamilnadu	77	4.5
87	M/s. S.V.Sugars Ltd., Tamilnadu	40	3
88	M/s. Navabharat Ferro Alloys Ltd., Navabharat, A.P.	75	4.5
89	M/s. E.I.D.Parry (India) Ltd., Tamilnadu	47.4	1.57
90	M/s. Shree Doodha Ganga Krishna SSK Ltd., Karnataka	52	4.2
91	M/s. Shree Bhagyalakshmi SSK Ltd., Karnataka	45	3.7
92	M/s. Bhisamask Ltd., Maharashtra	40	3.43
93	Sivasakthi Adivasi Magaswargiya SSK Ltd., Maharashtra	45	3
94	M/s. Pushpadanteshwar SSK Ltd., Maharashtra	45	3.43
95	M/s. Narasinhassk Ltd., Maharashtra	45	3.43
96	M/s. Pushpadanteshwar SSK Ltd., Maharashtra	45	3.43
97	Khedut Sahakarikhand Udyog Mandali Ltd., Maharashtra	46	3.43
98	M/s. Walchand Nagar Industries Ltd., Maharashtra	40.3	3.43
99	M/s. Triveni Sheet Glass Ltd., A.P.	70	4.2
100	M/s.J.K. Corporation Ltd (Paper Division) Orissa	95	3.7
101	M/s.Bhaurao Chavan SSK Ltd., Maharashtra	45	3.43
102	M/s. Akolazilla SSK Ltd., Maharashtra	40	3.43
103	M/s. Shrisant Tukaram SSK Ltd., Maharashtra	50	3.83
104	M/s. Ambadevi SSK Ltd., Maharashtra	60	4
105	M/s. Shrikamrej V.S.K.U.M. Ltd., Maharashtra	46	3.43
106	M/s. Jamner SSK Ltd., Maharashtra	50	3.83
107	M/s.Bapuraoji Deshmukh SSK Ltd., Maharashtra	50	3.83
108	M/s.Rana Sugars Ltd., Punjab	50	3.5
109	M/s.Ugar Surag Ltd., Karnataka	60	5.03
110	M/s. J.K.Corporation Ltd., (Paper Division) Orissa	79	4.13
111	M/s. Engineers & Erectors for M/s. Mohan Breweries Ltd.,	52	3.43
112	M/s.Gayathri Sugar Complex Ltd., A.P.	40	3.13
113	M/s.Ganapathi Sugar Industries Ltd., A.P.	40	3.5
114	M/s.K.C.P.Mayura Sugars Ltd., (Sudalagunta Sugars) A.P.	45	3.43
115	M/s.Durgapur Steel Plant Ltd., West Bengal	60	3.43
116	M/s. Balaji Hindustan Ltd., U.P.	45	3.63
117	M/s.Ghaghara Sugar Ltd., U.P.	55	4.25
118	M/s.Dhampur Sugar Mills Ltd., U.P.	60	3.5
119	M/s.Oswal Overseas Ltd., U.P.	55	3.93
120	M/s.DSM Sugar (Kashipur) Ltd., U.P.	60	3.5

Schornsteine von Macro Marvel (Indien)			
No	Name	Höhe m	Durchmesser m
121	M/s.Rajashree Sugars & Chemicals Ltd., A.P.	55	3.43
122	M/s.Balaji Distilleries Ltd., Tamilnadu	55	2.93
123	M/s.Tamilnadu Newsprint & Papers Ltd Kallakuruchi	85	3.28
124	M/s.Pandavapura SSK Ltd., Karnataka	60	4
125	M/s. Jamkhandi Sugars Ltd., Karnataka	55	3.43
126	M/s. Shri Panduranga SSK Ltd., Maharashtra	50	2
127	M/s. Ram Ganesh Gatkary SSK Ltd, Maharashtra	50	3.83
128	M/s.Shivajirao Patil Nilangekar SSK Ltd, Maharashtra	60	3.83
129	M/s.Kandeshwar SSK Ltd., Maharashtra	60	3.27
130	M/s.Shrisant Muktabaissk Ltd., U.P.	52	3.5
131	M/s.Vighnagar SSK Ltd., Maharashtra	60	3.15
132	M/s. Chandrabag SSK Ltd., Maharashtra	60	3.57
133	M/s.Manjurashetkari SSK Ltd., Maharashtra	65	3.4
134	M/s.Sahakarikhanda Udyog Mandali Ltd, Gujarat	55	3.43
135	M/s.Shree Renuka Sugar Ltd., Karnataka	60	3.43
136	M/s.TCP Ltd., Gummidipoondi	105	3.5
137	M/s.Hutat Majalwant Rao Patel SSK Ltd., Maharashtra	50	3.2
138	M/s.Jeypore Sugar Company Ltd., A.P.	45	3
139	M/s.Raibhadur Narain Singh Sugar Mills Ltd., U.P.	40	2.5
140	M/s. United Provinces Sugar Company Ltd., U.P.	45	3.2
141	M/s.Vaidyanath SSK Ltd., Maharashtra	60	3.08
142	M/s. Bhima SSK Ltd., Maharashtra	60	4
143	M/s.Bharashiv Hanumman SSK Ltd., Maharashtra	60	3.5
144	M/s.Shri Prabhulingeshwar Sugar Works Ltd., Karnataka	51	2.35
145	M/s. Davangere Sugar Company Ltd., Karnataka	71	3.43
146	M/s.Haranyakeshi SSK , Karnataka	54	3
147	M/s. KCP Sugar Industries Corporation Ltd., A.P.	62	3.94
148	M/s. Jeypore Sugar Company Ltd., A.P.	60	4
149	M/s. Tamilnadu New Print & Papers Ltd Kagithapuram	86	3.28
150	M/s.Indira Gandhi Centre for Atomic Energy Tamilnadu	70	5
151	M/s.Triveni Sheet Glass Work Ltd., A.P.	50	3.9
152	M/s.Navabharat Ferro Alloys Ltd., Navabharat, A.P.	75	4.8
153	M/s. Vishnu Sugar Mills Ltd., West Bengal	45	3.5
154	M/s. Sanhira SSK Ltd., Maharashtra	52	3.5
155	M/s. Natural Sugar & Allied Industries Ltd., Maharashtra	60	3.23
156	M/s.Indapur SSK Ltd., Maharashtra	60	3.5
157	M/s.Indira SSK Ltd., Maharashtra	60	3.85
158	M/s.The Shri Gonda SSK Ltd., Maharashtra	60	3.43
159	Sree Valsad Sahakar Khand Udyog Mandal Ltd., Gujarat	46	3.43
160	S.V.Enterprises, Sardar Co-operative Industries Ltd., Gujarat	46	3
161	M/s. The Seksaria Biswan Sugar Factory Ltd	50	3.15
162	M/s.Mothilal PadampatUdyog Ltd., Bihar	40	2.5
163	M/s.New Swadeshi Sugar Mills, West Bengal	40	0.8
164	M/s. Mothilal Padampat Udyog Ltd., Bihar	45	3.43
165	M/s. Ballarpur Industries Ltd., Khanpur, A.P.	30	4.94
166	Walchand Nagar Indl Ltd., For M/s. Gayathri Agro Power Ltd.,	40	1.8
167	M/s.Arunachalam Sugar Mills Ltd., Tamilnadu	48	4.55
168	M/s.Ambur Co-operative Sugar Mills Ltd, Tamilnadu	40	3.43
169	M/s.Ganapathy Sugar Industries Ltd., A.P.	75	2.25
170	M/s. Ind Bharat Bio Energy, Maharashtra	45	1.8
171	M/s. Gayathri Agro Power Ltd., A.P.	45	1.8
172	M/s. Vamshipower Ltd., A.P.	45	2.3
173	M/s.Jocil Ltd., A.P.	45	2.6
174	M/s.Gowtham Bio Energy Ltd., A.P.	55	2.34
175	M/s. Circar Textiles Ltd., A.P.	45	2.34
176	M/s. Gangammai Sugar Ltd., Maharashtra	60	4.25
177	M/s.Jawahar SSK Ltd., Maharashtra	70	4
178	M/s.Chatrapathi SSK Ltd., Maharashtra	60	4.25
179	M/s.Lok Mangal Agro Industries Ltd, Maharashtra	60	4.25
180	M/s.Sangamner Bhog SSK Ltd., Maharashtra	60	4.43

Schornsteine von Macro Marvel (Indien)			
№	Name	Höhe	Durchmesser
		m	m
181	M/s.Balaji Hindusthan Ltd., U.P.	60	3.43
182	M/s.Uttam Sugars Ltd., U.P.	60	3.43
183	M/s.Jayashree Chemicals & Fertilizers Ltd., U.P.	40	3.5
184	M/s.Chatishgarh Electricity Company Ltd., U.P.	70	3.43
185	M/s. Ind Sahar Sugars, Nepal	60	3.43
186	M/s. SBEC Sugars Ltd., Modi Group U.P.	40	3.43
187	M/s.Maroli Sugars, Gujarat	40	3.43
188	M/s. Orchid Chemicals & Pharmaceuticals, Tamilnadu	63	2.7
189	M/s. Makai Sugars, Maharashtra	65	3.43
190	M/s. Bihar Sponge Iron Ltd., Jarkhand	59	3.43
191	M/s. Orchid Chemicals & Pharmaceuticals, Tamilnadu	72	4.05
192	M/s.Saraswathi Sugar Mills Ltd., Haryana	40	2.38
193	M/s.K.M.Sugar Mills Private Ltd., U.P	50	2.75
194	M/s.Euro Ceramics Ltd., Gujarat	48.5	2.43
195	M/s.S.K.Saraswagi & Co (P) Ltd., Chattisgarh	55	3.1
196	M/s.Parle Products Ltd., U.P.	60	3
197	M/s.Akbarpur Chini Mills, U.P.	65	3.5
198	M/s. Bhagawati Power & Steel P. Ltd., Chattisgarh	45	3
199	M/s. Bihar Sponge Iron Ltd., Jharkhand	40	2.67
200	M/s. Dwarikesh Sugar Industries Ltd., U.P.	60	4.2
201	M/s. Trimula Industries Private Ltd., M.P.	75	4.16
202	M/s. Mankapur Chini Mills, U.P.	72	3.3
203	M/s.Triveni Engineering & Industries Ltd., U.P.	60	3.5
204	M/s.Crest Steel & Power Private Ltd., Chattisgarh	75	4.16
205	M/s. Jai Mangala Sponge Iron (P) Ltd., Jharkhand	35	1.8
206	M/s. Shree Sidhbhaoli Ispat Ltd., Maharashtra	45	2
207	M/s.S.K.S. Ispat Ltd., Chattisgarh	80	3.68
208	M/s. Grace Industries Ltd,m Maharashtra	50	2.4
209	M/s.Daurala Sugar Works U.P.	50	2.8
210	M/s.Pratappur Sugar & Industries Ltd	65	3
211	M/s. Mahendra Sponge & Power P Ltd., Chattisgarh	56	2
212	M/s. RathiUdyog Ltd., Orissa	70	3.43
213	M/s. Shivalik Power & Steel Private Ltd.Chattisgarh	59	2.07
214	M/s. Ramnagar Chini Mills Ltd., (Nigohi) U.P.	65	3.63
215	M/ s. Ramnagar Chini Mills Ltd., (Nigohi) U.P.	65	3.63
216	M/s. Ramgarh Chini Mills Mills, U.P.	64	3.73
217	M/s. Rathi Udyog Ltd., Orissa	64	2.18
218	M/s. Basti Sugar Mills Co. Ltd., Dist Basti, U.P.	65	3
219	M/s. Gulariachini Mills, Kheri, U.P.	72	4.3
220	M/s. Kumbhi Chini Mills, Lakhimpur, U.P.	72	4.3
221	M/s. The Simbhaoli Sugar Mills Ltd. Brinapur, U.P.	60	4
222	M/s. Triveni Engineering & Industries Ltd., (Safithgarh). U.P.	60	4.13
223	M/s. Triveni Engineering & Industries Ltd., (Safithgarh). U.P.	60	3.5
224	M/s. Triveni Engineering & Industries Ltd., (Safithgarh). U.P.	60	3.5
225	M/s., Dwarikesh Sugar Industries Ltd. Berelly, U.P.	72	4.63
226	M/s. Ranasugars Ltd., Tehsil, Shahabad, U.P.	72	4.73
227	M/s. Ranasugars Ltd., Tehsil, Shahabad, U.P.	72	4.73
228	Bajaj Hindusthan Sugar & Ind., Village Raduli Dist. Basti	65	2.16
229	Bajaj Hindusthan Sugar & Ind., Village Kundarki Dist. Gonda	65	3.5
230	Bajaj Hindusthan Sugar & Ind., Village Kundarki, Dist. Gonda	65	3.5
231	Bajaj Hindusthan Sugar & Ind., Maqsoodpur, Sahajahanpur	65	4.5
232	Bajaj Hindusthan Sugar & Ind., Village Raduli Dist. Basti	65	4.5
233	Bajaj Hindusthan Sugar & Ind., Village Raduli Dist. Basti	65	5
234	RCC Multiflue Chimney South India Viscos, TN	87	8
235	Chimney Mahendra Sponge & Power Pvt. Ltd. Siltara, (C.G)	56	2.93

Silo						
Informationsquelle	№	Name	Höhe	Durchmesser	Wanddicke	Anzahl
			m	m	m	
Gleitbau Salzburg	1	K.C.C. 1.8 MPTY Kiln	74	25		
	2	K.C.C. 1.8 MPTY Kiln	47	36		
	3	2 Silos King George V Dock, Glasgow	36.5	15		2 Stk
	4	Zement- und Klinkersilos Libyen	41			2 Stk
	5	Zement- und Klinkersilos Libyen	56			2 Stk
	6	Zement- und Klinkersilos Libyen	84			2 Stk
	7	Silos Medina	39	13		
	8	Zementsilos Rassina	58.2	18	0.8/0.3	
	9	Klinkersilo Ewekoro	12.5	16	0.35	
	10	Mehlsilo MOLSA	35			
	11	Mehlsilo Manchester	45			
	12	Getreidesilo Manchester	50			
	13	Mehlsilos Aden	28			
	14	Getreidesilos Abu Dhabi	74			
	15	Malzsilo in Straßburg	70.81			
	16	Mischfutterwerk Biblis	19			190 Zellen
	17	Mischfutterwerk Biblis	40			
	18	Rieper Mühle Vintl	42.6			
	19	Silo Aschach/Donau	39.75			
	20	Silo Bettenfeld	32.2			
	21	Silo Bouskoura (Polysius)	42.6	12.6	0.7/0.3	
	22	Silo Eemshaven	39.5			
	23	Silo Haver & Boecker / Lafarge	57.2	18	0.7/0.35	
	24	Silo Meknes	40	14.8	0.5/0.4	
	25	Silo Pottendorf	62.2			
	26	Silos Eggborough	43	12.6	0.6/0.4	
	27	Silos Eggborough	33	12.6		
	28	Silo Singapur	70.5	27	0.8	
	29	Silo Singapur	49	1.9	0.35	
	30	Silo Weickelsdorf	50.08			
	31	Silos Beinheim	38.8	16		3 Stk
	32	Zementwerk Tetouan	41.5			
	33	Zementwerk Tetouan	49.9		0.5/0.35	
	34	Zementwerk Tetouan	41.9		0.4/0.35	
	35	Silos FES - Ras El Ma	42.5	16.7	0.35	
	36	Silos Noblejas	42	17		
	37	Schlackensilo II Scunthorpe	38.54	15.6	0.6/0.3	
	38	Zuckersilo Leopoldsdorf	46.15			
	39	Silo Campulung, Romania	54.75	36.8		
	40	Flour Mill Project - San Salvador	35			
Bitschnau	41	Getreidesilo für Schapfen-Mühle GmbH	106.72			
	42	Verladesilo für Ultra-Brag Basel	83.2			
	43	Tierfuttersiloblock für Egli-Mühlen AG	52.15			
	44	Schottersiloblock für MeisterBau AG.	45.3			
	45	Silos für W. Grüninger AG. in Flum	34.15			
	46	Rohwarenlagersilos für RWZ Rhein-Main	44.3			
	47	Brennstoffbunker für MKK Bremen	51.95			
	48	Malzsilo und Luftturm für GTH Mälzerei	83			
	49	Siloblock für Diamant Mühle	26.35			
	50	Müllbunker für EBS KW	48.4			
	51	Rohkohlesilos für HKM PCI Anlage	46.4			4 Stk
	52	Klinkersilo für Irish Zement Limited	34.05			
	53	Zementsilos in Alsen AG Werk Höver	48.3			2 Stk
	54	Fermenter für Biogasanlage Gundorf	15.15			
	55	Zementwerk Schwenk	63.5			
	56	Mehrkammersilo in ZW. Siggenthal	64.25			
	57	Siloblock in Flechtorfer Mühle	19			
Beijing GouHe Construction	58	Dalian Port Bulk Grain Terminal	45	12		15 Stk
	59	Shang Hai WaigaoQiao Grain Reserve Storage	42	12		60 Stk
	60	Hebei Tangshan Steel Sijiajing Iron-ore	20	8.1		25 Stk
	61	Yingkou Harbor, Grain Transfer Storage	49.5	15		30 Stk
	62	Beijing Grain Centre Storage	40.5	8		24 Stk

Silo						
Informationsquelle	Nº	Name	Höhe m	Durchmesser m	Wanddicke m	Anzahl
Marietta Silos	63	Fly Ash Silo	38.4	12.8		
Borton	64	Devil's Slide, Utah	39.73	27.48		1 Stk
	65	Devil's Slide, Utah	47.7	15.97		1 Stk
	66	Devil's Slide, Utah	19.28	6.98		1 Stk
	67	Ft. Lauderdale, Florida	41.15	15.24		2 Stk
	68	Rinker Materials Corporation	52.73	11.58		2 Stk
	69	Fort Pierce, Florida	54.25	15.25		2 Stk
	70	Florida Rock Industries	67.67	14.02		1 Stk
	71	Florida Rock Industries	57.61	22.56		2 Stk
	72	Florida Rock Industries	56.39	14.02		4 Stk
	73	Capitol Cement	55.47	15.24		1 Stk
	74	Capitol Cement	55.47	10.36		2 Stk
	75	Georgia Kaolin Terminals, Inc.	48.78	10.97		6 Stk
	76	Antelope Coal Company	71.32	22.56		1 Stk
	77	AFG Industries, Inc., Kentucky	39.62	7.32		1 Stk
	78	AFG Industries, Inc., Kentucky	39.62	14.12		1 Stk
	79	AFG Industries, Inc., Kansas	39.32	7.32		1 Stk
	80	AFG Industries, Inc., Kansas	39.32	14.33		1 Stk
	81	Simmons Industries, Inc.	30.48			
	82	Archer Daniels Midland Milling Company	36.58	7.32		12 Stk
	83	Dillwyn Grain & Storage	39.64	12.19		4 Stk
	84	Siemer Milling Company, Inc.	42.67	5.79		8 Stk
	85	Siemer Milling Company, Inc.	42.67	12.19		6 Stk
	86	American Rice, Inc., Texas	41.15			27 Stk
	87	American Rice, Inc., Texas	28.96			48 Stk
	88	American Rice, Inc., Texas	19.2			8 Stk
	89	American Rice, Inc., Texas	27.43			9 Stk
Younglove	90	Cargill Milton, Wisconsin	57.91			
	91	Cargill Byhalia, Mississippi	51.36			
	92	ADM Beech Grove, Indiana	36.58			
	93	ADM Camp Hill, Pennsylvania	36.58			
	94	AIPC Excelsior Springs, Missouri	35.05			
	95	American Italian Pasta Company Columbia	33.53	6.71		12 Stk
	96	ADM Columbus, Nebraska	41.15	19.81		
	97	Ag Partners Grain Terminal, Alton	42.67			
	98	Amazing Energy Corn Storage Silos	36.58	18.28	0.25	2 Stk
	99	Bay State Grain Storage Annex	42.68	10.67		9 Stk
	100	Cargill Grain Storage Annex	39.62	11.58	0.2	3 Stk
	101	Consolidated Grain Barge Loading Terminal	35.66	9.75		8 Stk
	102	Dakota Valley Grain Unit Train Loadout Facility	36.58	15.25	0.2	2 Stk
	103	Farmers Cooperative Grain Storage	42.67	18.29	0.2	3 Stk
	104	First United Ethanol Plant	45.72	22.56		5 Stk
	105	Louis Dreyfus Grain Storage	45.72	22.56		2 Stk
	106	Louis Dreyfus Grain Storage	45.72	10.67		1 Stk
	107	ADM Decatur, Illinois	43.89	11.58		2 Stk
	108	ADM Decatur, Illinois	39.62	11.58		2 Stk
	109	ADM Cedar Rapids, Iowa	45.11	16.46	0.28	2 Stk
	110	ADM Clinton, Iowa	45.11	16.46	0.28	1 Stk
	111	ADM Clinton, Iowa	45.11	12.8	0.28	1 Stk
	112	ADM Clinton, Iowa	36.58	9.14	0.23	2 Stk
	113	Falcon Cement Terminal, Texas	51.82	15.24	0.3	6 Stk
	114	Glenbrook Nickel Dry Ore Storage Silo	36.58	15.24	0.56	1 Stk
	115	Independent Cement Clinker Silo, Maryland	45.11	29.87	0.41	1 Stk
	116	UNC New Coal Silos and Plant Renovations	42.67	18.29		2 Stk
Hoffmann	117	Coal Silo, Wyoming	59.13	9.74		1 Stk
	118	Grain Silo, Minnesota	36.58	15.24		2 Stk
	119	Ohio	58.52	11.58		6 Stk
	120	Indiana	41.45	27.43		
	121	Alabama	58.52	22.56		
	122	West Virginia	68.88	17.07		
Ibberson	123	Coal Facility, Utah	61.57	21.34		
	124	Cement Facility, Maryland	46.94	10.06		
	125	Cement Facility, Maryland	51.51	45.72		
	126	Flour Mill Facility, Wisconsin	37.49			
	127	Single Specie Feed Mill, Alabama	46.33			
	128	Grain Storage Facility, Canada	42.67			
	129	Grain Storage Facility, China	59.9	32		20 Stk

Silo						
Informationsquelle	Nº	Name	Höhe m	Durchmesser m	Wanddicke m	Anzahl
Slipform	130	FUJAIRAH CEMENT SILOS	85	20		
	131	AL AIN CEMENT SILOS	45	14		2 Stk
	132	Buxton Cement Works	50	16		3 Stk
	133	Buxton Cement Works	47	16		
	134	Buxton Cement Works	43	25		2 Stk
	135	Buxton Cement Works	36	12		
	136	CF Silo FUJAIRAH CEMENT SILOS	80			
FWS Agri-Tec	137	INLAND GRAIN TERMINAL - LACOMBE	39.78			6 Stk
	138	INLAND GRAIN TERMINAL - CLAVET	39.78	10.36		4 Stk
	139	INLAND GRAIN TERMINAL - CLAVET	39.78	8.53		4 Stk
Kenaidan	140	St. Marys Cement Inc. Silos	65	23		3 Stk
Constrosystems	141	Jaypee Bela Cement Plant (Bela Reva M.P.)	52	25.1		
	142	Chittagong Cement Factory at Bangladesh	60	16		
	143	Narmada Cement at Ratnagiri Factory	28	10.1		
	144	Electric supply company, Budge Budge, Calcutta	22	15		3 Stk
	145	Narmada Cement at Jaffrabad Gujrat	28	14.5		
Macromarvel	146	Dalmia Cements (Bharat) Ltd., Dalmiapuram	52	9		2 Stk
	147	Orissa Cements Limited	23	8.5		5 Stk
	148	Straw Products Limited., Sirahi	60	14		
	149	Birla Jute & Industries Ltd., Satna	36	14		2 Stk
	150	Straw Products Limited, Rajasthan	36	14		
	151	Chettinad Cement Corporation Limited, Puliur	40	15		
	152	Chettinad Cement Corporation Limited, Puliur	57	15		2 Stk
	153	Chettinad Cement Corporation Limited, Puliur	49	25		
	154	Rajashree Cements, Karnataka	62	18		
	155	Rajashree Cements, Karnataka	72	22		
	156	Penna Cements Limited., Andhrapradesh	42	14		
	157	Dalmia Cements (Bharat) Limited., Dalmiapuram	50	18		
	158	Straw Products Limited, Rajasthan	45	30		
	159	Straw Products Limited, Rajasthan	80	22		
	160	Straw Products Limited, Rajasthan	48	14		2 Stk
	161	Straw Products Limited, Rajasthan	52	6		1 Stk
	162	Rajapalyam Cements Limited., Tamilnadu	23.5	5.5		2 Stk
	163	Rajapalyam Cements Limited., Tamilnadu	19.1	5.5		1 Stk
	164	Jaypee Bele Cements, Rewa,	52	16		3 Stk
	165	Narmada Cement Co. Limited., Gujarat	50	18		
	166	Chettinad Cement Corporation Limited., Puliur,	60	30		
	167	TNEB ABB, North Madras, Tuticorin & Mettur Tamilnadu	52	6.5		10 Stk
	168	Madras Cements Limited., R.R.Nagar, Vidudhunagar	43	18		
	169	Construction of Blending Silo - prestressed	70	22		
	170	Chettinadu Cement Corporation Limited., Gujiliampara	45	35.5		
	171	Chettinadu Cement Corporation Limited., Gujiliampara	75	20		
	172	Chettinadu Cement Corporation Limited., Gujiliampara	50	16		2 Stk
	173	Jayaprakash Associates Limited., Rewa	52	24		
	174	Jaiprakash Associates Limited., Tanda, U.P	52	16		
	175	Chettinad Cement Corp. Ltd., Karaikkali	50	16		2 Stk
	176	Lakshmi Cement, Rajastan	70	22.4		
	177	Chettinad Cement Corporation, Near Karur	35.5			
	178	Lakshmi Cements, Rajastan	35.5			
Fabquip	179	Allied Mills - Picton, NSW	40	8.36		18 Stk
Structural Systems	180	Melbourne Cement Facility Silo	57	30	0.9/0.45	
[2.111]	181	Getreidespeicher, Ulm	115			
[2.57]	182	Rogers Foods Ltd. Chilliwack flour mill	28.95	6.1		8 Stk
[2.10]	183	Mejlsilo in Bielefeld	45			
PT. Ciptamega Ariefsejati	184	Silo	40	18		
	185	Group silos	50			
	186	Group silos	55	30		
BEC	187	Tanjung Bin Power Station, Johor, Malaysia	42			2 Stk
	188	Leighton Asia Contractors, Pan United	76	26		1 Stk
Tako	189	Cement silo - Horné Smie, Slovakia	64.2	14		
DCL FCL	190	Chittagong Clinker Grinding Factory	38.5	30		2 Stk
	191	Jetty, Silo Scan Cement Factory	31	16		
	192	Chittagong Clinker Grinding Factory	42	14		2 Stk
	193	Dhaka Grinding Plant Project	32	36		
	194	Shah Cement Industries	57	25		
Interform	195	Conical silo built in Japan 1984	11			
Termostav	196	Sibamac, Slovalco Žiar	48	16		
F.P.S. Arco	197	ABB Power Systems Brno	30			2 Stk
Altac	198	Buñol (Valencia)	35.5	34		
	199	Cementos Elite, el Puerto de Castellón	46.7	18.2		2 Stk

Tank						
Informationsquelle	Nr	Name	Höhe m	Durchmesser m	Wanddicke m	Anzahl
Gleitbau Salzburg	1	Wasseraufbereitungstanks Damaskus	16.3			8 Stk
	2	West Tuna GBS	51.6	15.65		3 Stk
	3	West Tuna GBS	20.7	15.65		
	4	Bream B GBS	51.6	12		
	5	Bream B GBS	20.7	12		3 Stk
	6	Stahltankummantelung Abu Dhabi	6	33	0.3	
Bitschnau	7	Gärreaktoren für ABZ	26.16			3 Stk
	8	BP Dormagen, Erneuerung Ringraummantel	15.74			
Amfah Infrastructures	9	Chapa Bilaspur, Clint – Tharmex	89			
	10	Pandro Bhuj Gujarat For GMDC	125			
	11	Jodhpur, Rajasthan	130			
	12	SISCOL Salem T.N. Clint – GDC Ltd.	120			
	13	SISCOL Salem T.N. Clint – GDC Ltd.	80			
	14	Kinoni Meerut, Client, Bajaj Hindustan Sugar mill	65			
	15	Veer Singhpur M.P.	275			
	16	Raipur Chattisghar, Godawari Power & Ispat	73			
Termostav	17	Nimbara Rajasthan in J K Cement for Thermax	98			
	18	Tepláreň Slovnaft	100			
F.P.S. Arco	19	heating plant Praha 4 - Krč	50			
	20	Heating Plant Praha - Ruzyně	45			
	21	Heating Plant Brno - Špitálka	101			
	22	ABB Power Systems Brno	140			

LNG Tank						
Informationsquelle	Nr	Name	Höhe m	Durchmesser m	Wanddicke	Anzahl
Gleitbau Salzburg	1	Adriatic LNG / Mooring Dolphin Structure	30	7.5	veränderlich	
	2	Adriatic LNG Terminal	47			
	3	LNG - Tanks Canaport	40	80		
	4	LNG Tank Isle of Grain	37.5	90.8		
	5	South Hook LNG Tanks	28	94		5 Stk
Interform	6	Stavanger	20	49		
	7	Isle of Grain	35	50		
	8	Melkøya, Hammerfest, Norway	35	50		
	9	Melkøya, Hammerfest, Norway	35	60		
	10	Melkøya, Hammerfest, Norway	35	72		

Turm						
Informationsquelle	Nº	Name	Höhe m	Durchmesser _u m	Durchmesser _o m	Wanddicke _u m
Gleitbau Salzburg	1	Flughafenkontrollturm Salzburg	20.4			
	2	Antennenturm Hohe Linie, Regensburg	100	10.8	3	
	3	Arsenal Turm Wien	136.5			
	4	Fantasyland	65			
	5	Islamisches Zentrum in Wien	15.74			
	6	Fernsehturm Macau	256.6	16	12	0.5
	7	Radarturm Flughafen Roissy CDG - Paris	84.58	9.5		0.6
	8	Sport City Tower Doha	240	18	13	2
	9	Telekommunikationsturm Kuwait	308			
	10	Thermo Solarturm PS-10	114.55			
	11	TV Turm Kuala Lumpur	317	24.5	13.6	
	12	Church tower Abidjan, Ivory Coast, Africa	54.5			
Scanda	13	Toronto Tower	457			
Ibberson	14	Water Intake Shaft, Virginia	67.06			
Kenaidan	15	New Air Traffic Control Tower - Lester B.	70			
Macromarvel	16	Micro Wave TV Tower Doordharshan, Chennai	57	5		
NBCC	17	Pitampura New Delhi, India	165			
Structural Systems	18	Telecom Tower, Tasmania	90			
[2.114]	19	Miniolta (Panasonic, Seagram) Tower, Niagara	99			
[2.57]	20	Skylon Tower, Niagara Falls	145.4			
[1.16]	21	Kuala Lumpur, Malaysia	421			
[2.116]	22	Flughafenturm Wien	101			0.45
[2]	23	Donauturm, Wien	252			
	24	Henninger Turm, Frankfurt	117			
Bygging Uddemann	25	Milad Tower	315			
Interform	26	Gardermoen, Norway	87			

Windkraftturm				
Informationsquelle	Nº	Name	Höhe m	Durchmesser _u m
Gleitbau Salzburg	1	Windpark Egeln - 4,5 MW	118	12
	2	Windpark Gräfenberg - 1,5 MW	88	
	3	Windpark Heidenheim - 1,5 MW	88	
	4	Windpark Schöppingen - 2,0 MW	88	
	5	Windpark Zurndorf	63.5	

Brückenpfeiler					
Informationsquelle	Nº	Name	Höhe m	Gesamthöhe m	Anzahl
Gleitbau Salzburg	1	Salerno	57	1400	
	2	Evripos	73.4		
	3	Evripos	69.3		
	4	Helgeland	138	276	
	5	Seo Hae	187	372	
	6	Skarnsundet	152	304	
	7	Suezkanalbrücke	154	308	
	8	Tempisque	76		
	9	Tsing Ma	190	380	
	10	Talbrücke Schottwein	78.72		
Constrosystems	11	Afcons Ltd. (Mumbai)	22	660	30 Stk
	12	Konkan Railway Corporation Ltd. at Ratnagiri	30		
[1.16]	13	Moseltalbrücke	124		
	14	Talbrücke Rottweil-Neckarburg	60		
	15	Ting-Kau Schrägkelbrücke, Hong Kong	201		
[1.1]	16	Europa Brücke	146.5		
PT. Ciptamega Ariefsejati	17	Bridge pier / Pylon	75		
Amfah Infrastructures	18	Bridge 26, Village Bhagta Katra	40		
	19	NHAI at Katraj Ghat Pune	45		
	20	Aqueduct Cum Bridge, River Sheer Jabalpur	37		

Schacht					
Informationsquelle	№	Name	Länge	Durchmesser	Neigung
			m	m	°
Gleitbau Salzburg	1	Schrägschacht Diegten	600		12
	2	Plabutschunnel Nordportal	239		
	3	Schächte Afourer	42	7	
	4	Schächte Afourer	22	12	
	5	Schächte Afourer	16	16.4	
Ibberson	6	Pump Station, Georgia	48.77	21.95	90
[2.35]	7	Pumpspeicherkraftwerk Kops II, A	192	5.1	49
[2.115]	8	Konradsberschacht	170	6	90
Interform	9	Mountain shaft 1959	100		43
	10	Aufzugsschacht Erthan dam	220		90

Caissons				
Informationsquelle	№	Name	Höhe	Anzahl
			m	
Gleitbau Salzburg	1	Caissons Costa Azul	24	
	2	Caissons Malampaya	14.6	
	3	Caissons El Salvador	16	41 Stk
	4	Caissons Port de Tanger	23.2	45 Stk
	5	Caissons Snorre	18.85	4 Stk
	6	RoRo Caissons Port de Tanger	27	
PT. Ciptamega Ariefsejati	7	Caisson	25	

Wasserturm						
Informationsquelle	№	Name	Höhe	Durchmesser _u	Durchmesser _o	Wanddicke _u
			m	m	m	Wanddicke _o
Gleitbau Salzburg	1	Wasserturm Quatif II	35			
	2	Wasserturm Dammam	84.5	11.3		0.6
[1.16]		Wasserturm Berlin-Mariendorf	50			
[1.1]	3	Orebro, Sweden	34			
	4	Hungary	52			
	5	Rumania, Hungary	50			

Industriebauten					
Informationsquelle	Nr	Name	Höhe	Treppenhöhe	Anzahl
			m	m	
Gleitbau Salzburg	1	Bunker Raba Suhl	38.6	45.25	
	2	Braunkohlebunker Kraftwerk Lippendorf	40.5		
	3	Müllverbrennungsanlage Allington	41.77	35.33	
	4	EVE Heringen	37.3	48.5	
	5	Wärmetauscher Lengerich	108.8		
	6	K.C.C. 1.8 MPTY Kiln	96.15		
	7	Kraftwerk Lippendorf	167		
	8	Kraftwerk Niederaußem	175.24		
	9	Kraftwerk Kantal	90		
	10	Kraftwerk Neurath	180		
	11	Müllverbrennungsanlage Pirmasens	168.5		
	12	Müllverbrennungsanlage Perpignan	28		
	13	Musicaltheater Oberhausen	31.36		
	14	ORB Festivalhalle	26		2 Stk
	15	Cement plant Lamali, Argentina	104.6		
	16	Indaver Antwerpen, Belgium	43.5		
	17	Alba Calcinar Plant, Bahrain - walls	22.6		5 Stk
Bitschnau	18	Abfallverwertungsanlage Sita Zorbau	44		
	19	Destillationsgebäude für Prokon Nord	33.1		
	20	Ausblastürme für LINDE Gas	33.1		
	21	Müllbunker mit Schaltanlage für MHKW	53		
	22	Brandschutzwand für Warenverteilzentrum	29.85		
	23	Maschinenhaus für Bayer Schering Pharma	25.95		
	24	Brennstoffbunker für Prokon Nord	39.9		
	25	Bunkergebäude für Biostoomzentrale	43		
	26	Giebelwand für DOMO Caproleuna gmbH	26.14		
	27	Brandschutzwand in Herbrechtingen	29.37		
	28	Müllbunker TREA Leuna	37.45		
	29	16 Stützen für Verladesiloblock	13		
Scanda	30	Preheater Tower	84.32		
Borton	31	WESH-TV Broadcasting - tower	67.06		
Younglove	32	OCF Batch Tower, Aiken, South Carolina	51.21		
	33	Land O'Lakes Milk Replacer Plant	38.1		
Ibberson	34	Cement Facility, South Carolina	67.06		
	35	Flour Mill Facility, Ohio	22.56		
	36	Dry Extrusion Petfood Facility, Tennessee	41.15		
	37	Single Specie Feed Mill, Alabama	57.61		
Slipform	38	Buxton Cement Works, Water tank	14	12	
Constrosystems	39	Cidco Ltd. Vashi - wate tank shaft D=8.25m	30		
Fabquip	40	Allied Mills - Picton, NSW	40		
[2.112]	41	Wand - Werk 3 der Firma Flatz, Holcim, CH	26		
[2.57]	42	Rogers Foods Ltd. Chilliwack flour mill	25.9		
[2.7]	43	Waldstadion - Frankfurt	60		2 Stk
Interform	44	Dock gate, Håkonsvern, Bergen	40		
	45	Walls, concert hall at Larvik Culture Centre	15		
	46	Oslo, Norway, Tower	36		
	47	Vækerø, Oslo, Norway, Walls	8		13m
	48	Vækerø, Oslo, Norway, Shafts	30		
	49	Walls Kvinesdal, Norway	30		
	50	Stage tower, Oslo, Norway	50		
	51	Bislett stadium, Oslo	8		20m
	52	Heimdal district heating plant	20		40m
	53	Aabenraa, Danmark, Walls (noise shield)	27		
Altac	54	Torre para Receptor, Planta Solar Termoeléctrica	114.3		

Schalungswörterbuch

№	Sprache	Schalung	Gleitschalung	Kletterschalung	Gerüst
1	Albanisch	shallon, kallëpe			skele
2	Bulgarisch	кофраж	пълзящ кофраж	катерещ кофраж	скеле
3	Chinesisch				jiaoshoujia
4	Englisch	shuttering, falsework, form, formwork, form boards, centering, mould	slipform, sliding shuttering, gliding framework, sliding formwork, sliding form, sliding falsework, continuously moving formwork, stepping formwork	climbing shuttering, jump form	scaffold, scaffolding, framework
5	Estnisch	raketis			
6	Finnisch				telineet
7	Französisch	coffrage	coffrages f pl. glissants, coffrage montant	coffrage grim pant	echafaudage
8	Griechisch				Σκαλωσιά
9	Italienisch	cassaforma	casseforme rampanti, cassaforma f scorrevole, casseforme scivolanti	cassaforma a ripresa	impalcatura f, ponteggio
10	Kroatisch				skele
11	Lettisch	veidņi			sastatnes, stalažs
12	Litauisch				pastoliai
13	Niederländisch	bekisting	glijbekisting		steiger, stelling
14	Norwegisch	forskaling	glideforskaling	klatreforskaling	
15	Polnisch	deskowanie, szalowanie	deskowanie slizgowe	deskowanie przestawne	lešení
16	Portugiesisch	cofragem	cofragem f deslizante	cofragem trepar	andaime, andamio
17	Rumänisch	cofraje	cofraje m glisante		
18	Russisch	опалубка	скользящая опалубка, гидравлическая опалубка	подъёмно-переставная опалубка	леса
19	Schwedisch				ställning
20	Serbisch				skela
21	Slowakisch	debnenie	posuvné debnenie	šplhacie debnenie	lešenie
22	Spanisch	encofrado m	el encofrado deslizante, formaleta de deslizamiento, encofrado móvil	encofrado trepante	andamio
23	Tschechisch	bednění	posuvné bednění	překládané bednění	lešení
24	Türkisch	kalıp	kayar kalıp	tirmanir kalıp	iskelesi
25	Ungarisch	zsazuzás			állványzat

Zur Erstellung des Tabellenwörterbuches wurden zahlreiche Wörterbücher in der Bibliothek der TU Wien sowie die unerschöpflichen Quellen des Internets benutzt. Obwohl das Wörterbuch mit großer Sorgfalt erstellt wurde, sind wegen der beschränkten Sprachkenntnisse des Autors keine Fehler ausgeschlossen.

Lebenslauf

Geboren: 14.10.1982 - Smoljan, Bulgarien
ledig

Eltern: Todor Andonov - 31.01.1953 - Maschinenbaukonstrukteur
Anna Andonova - 30.08.1951 - Beamtin

Schulbildung: 1989 - 1997 - Volksschule in Smoljan
1997 - 2001 - Fremdsprachengymnasium in Smoljan

Studium: 2001 - 2007 - Bauingenieurwesen
Studienzweig Wasserbauwesen an der
Universität für Architektur, Bauingenieurwesen und Geodäsie - Sofia;
Technische Universität - Wien
(Doppel - Degree Programm)

2004 - 2009 - Bauingenieurwesen
Studienzweig Verkehrsbauwesen an der
Universität für Architektur, Bauingenieurwesen
und Geodäsie - Sofia

Berufstätigkeit: 07 - 09 2006 - JICA
(Japan International Cooperation Agency, Bulgaria Office)
Hydrologe

Ab 09 2009 ALPINE Bau GmbH

Kontakte E-Mail: martin.t.andonov@gmail.com
SKYPE: martin_t_andonov
ICQ: 163284373
GSM: 00359 898 900 623