

## Technisches Baurecht in Nordrhein-Westfalen am Beispiel eines Silos

### **0 Inhalt**

<u>0</u>	<u>Inhalt</u>	<u>1</u>
<u>1</u>	<u>Allgemeines</u>	<u>1</u>
<u>2</u>	<u>Definition von Rechtsbegriffen</u>	<u>2</u>
2.1	Allgemein anerkannte Regeln der Technik	2
2.2	Stand der Technik	2
2.3	Stand von Wissenschaft und Technik	3
<u>3</u>	<u>Baurecht in der BRD – „Gesetzlich geregelter Bereich“</u>	<u>4</u>
<u>4</u>	<u>Baurecht NRW (Stand 2005)</u>	<u>5</u>
<u>5</u>	<u>Technische Regeln zur Bemessung (Stand 2005)</u>	<u>8</u>
5.1	Allgemeines	8
5.2	Lasten aus Schüttgut	8
5.3	Schüttgutkennwerte	8
5.4	Festigkeit	11
5.5	Stabilität	12
<u>6</u>	<u>Verwendete Unterlagen (Stand 2005)</u>	<u>12</u>
6.1	Baurecht Nordrhein-Westfalen	12
6.2	Rechtliche Fachartikel	13
6.3	Technische Normen und Regelwerke	13
6.3.1	Geltungsbereich weltweit	13
6.3.2	Geltungsbereich Europa	13
6.3.3	Geltungsbereich BRD	13
6.4	Technische Fachliteratur	15
6.5	Projektbezogene Unterlagen	15

### **1 Allgemeines**

In Nordrhein-Westfalen ist der Bau eines aufgeständerten Aluminium-Silos für Kunststoff-Pulver geplant.

Silozelle: Durchmesser 4,00 m, Höhe 12,00 m, Volumen ca. 150 m<sup>2</sup>

Auslaufkegel: 60°, Volumen ca. 15 m<sup>2</sup>

3 Stützen

Werkstoff AlMg3 (DIN 4113)

Schüttgut:  $\gamma = 10 \text{ kN/m}^2$

Der Silo steht in einem geschlossenen Gebäude, daher sind keine Windlasten anzusetzen. Erdbebenzone Null.

Nachfolgend wird an diesem Beispiel herausgearbeitet, welche technischen Regeln mit welcher Priorität zu beachten sind.

## **2 Definition von Rechtsbegriffen**

### **2.1 Allgemein anerkannte Regeln der Technik**

Der ganze folgende Abschnitt ist entnommen aus Bauer (2005) (redaktionell erarbeitet).

Die Definition des Bundesverfassungsgerichtes zu anerkannten Regeln der Technik lautet:

- von der Mehrheit der Fachleute anerkannte,
- wissenschaftlich begründete,
- praktisch erprobte und
- ausreichend bewährte

Regeln zum Lösen technischer Aufgaben (Bauer 1987). Sie müssen Mosaiksteine eines allgemeinen, in sich schlüssigen technischen Regelwerkes sein und in ihrer Wirksamkeit von der Mehrheit der Fachleute des jeweiligen Bereiches als richtig und zweckmäßig anerkannt sein (Niklisch 1984).

Wer allgemein anerkannte Regeln der Technik einhält, hat die - im Einzelfall widerlegbare - Vermutung für sich, dass er das technisch Notwendige in seinem Handeln - oder Unterlassen erfüllt hat.

### **2.2 Stand der Technik**

Der ganze folgende Abschnitt ist entnommen aus Bauer (2005) (redaktionell erarbeitet).

Das Einhalten der allgemein anerkannten Regeln der Technik ist notwendig, aber zum Erfüllen der Anforderungen an die eigenen Sorgfaltspflichten nicht ausreichend, erforderlich ist der Nachweis des Einhaltens des Standes der Technik.

Nach der Definition durch das Bundesverfassungsgericht geht der Stand der Technik stets über den in allgemein anerkannten Regeln der Technik ausgewiesenen hinaus und enthält das Fachleuten verfügbare Fachwissen

---

Dokument und Anhänge unterliegen dem Urheberrecht / Intellectual property rights reserved for this document and annexes

- wissenschaftlich begründet,
- praktisch erprobt und
- ausreichend bewährt.

Es braucht noch nicht in der Form von Regeln als Mosaikstein für ein umfassendes Regelwerk kodifiziert zu sein, Kenntnis und Anwendung bestimmten Wissens sind ausreichend, aber auch erforderlich (Niklisch 1984, Bauer 1987).

Was Stand der Technik für einzelne Produkte, Verfahren und Dienstleistungen ist, wird durch Sachverständigengutachten, möglichst öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger, Vergleichsberichte, Auswerten des Schrifttums und von Kongressen und anderen Fachveranstaltungen nachgewiesen, vom Gericht geprüft und in seine Entscheidungsfindung einbezogen. Es wird aus dem Vergleich von Produkten, deren Wirksamkeit und Zuverlässigkeit im Einzelfall für einen bestimmten Zeitpunkt und die jeweilige Anwendung abgeleitet und begründet.

Nur das Einhalten des so definierten und nachweisbaren Standes der Technik entspricht dem vollen Erfüllen der persönlichen Sorgfaltspflicht für Handeln - oder Unterlassen - der Unternehmen als juristischer Personen wie der einzelnen Arten und Inhalte der Tätigkeiten von Ingenieuren.

### **2.3 Stand von Wissenschaft und Technik**

Der ganze folgende Abschnitt ist entnommen aus Bauer (2005) (redaktionell erarbeitet).

Die höchste Stufe des Auswertens externen Wissens ist der Stand von Wissenschaft und Technik. Es wird von der Rechtsordnung nur gefordert für Arbeiten nach dem Bundesatomgesetz und der Strahlenschutzverordnung (Laser), für alle anderen Ingenieur Tätigkeiten geht dies über die üblichen Sorgfaltspflichten hinaus.

Die Definition nach dem Bundesverfassungsgericht:

Der neueste Stand von Wissenschaft und Technik

- wissenschaftlich begründet,
- technisch als durchführbar erwiesen,
- ohne praktische Bewährung,
- öffentlich zugänglich,
- ohne räumliche Grenzen - weltweit.

### **3 Baurecht in der BRD – „Gesetzlich geregelter Bereich“**

Hinweis:

Der Einfluß von Europäischem Recht (wie z.B. der "Druckgeräterichtlinie") und dessen Überführung in nationales Recht und Landesrecht wird im folgenden nicht behandelt.

In der BRD gilt für das Baurecht die Länderhoheit.

Zuständig sind die "Obersten Bauaufsichtsbehörden der Länder". Diese sind in den meisten Bundesländern den Innenministerien unterstellt, in Baden-Württemberg dem Wirtschaftsministerium, in Rheinland-Pfalz dem Finanzministerium.

Zur länderübergreifenden Koordinierung der baurechtlich relevanten Gesetzgebung haben die Länder das "Deutsche Institut für Bautechnik" (DIBt) in Berlin eingerichtet und diesem Befugnisse übertragen (siehe Quellenverzeichnis „Baurechtliche Vorschriften“).

Das DIBt erarbeitet z.B. eine "Musterbauordnung", die dann von den einzelnen Ländern innerhalb eines mehr oder weniger großen Zeitraumes (z.T. erst nach Jahren) mit mehr oder weniger großen Änderungen als "Landesbauordnung" eingeführt wird. Insofern kann man davon ausgehen, daß in den einzelnen Ländern ein dem Wesen nach gleiches Baurecht herrscht. Unterschiede bestehen z.T. in der Gliederung und Reihenfolge der Paragraphen, z.T. sind Festlegungen im Detail unterschiedlich formuliert.

Die Landesbauordnung (LBO) regelt das Baurecht im jeweiligen Bundesland. Sie regelt allgemeine Schutzziele, ist in vielen Aussagen jedoch wenig konkret (siehe weiter unten).

Durch Verwaltungsvorschriften zur LBO wird der politische Wille weiter konkretisiert, z.B. werden "technische Regeln" als "Technische Baubestimmungen" eingeführt. "Technische Regeln" können in diesem Zusammenhang DIN-Normen sein, aber auch Richtlinien des Deutschen Ausschusses für Stahlbau (DASt) oder des Vereines Deutscher Ingenieure (VDI). Durch die "Einführung" dieser Regeln erhalten diese Gesetzescharakter, der Zwang ihrer Anwendung und ihr Inhalt sind damit zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer nicht mehr verhandelbar.

Der Vorgang der "Einführung" erfolgte früher je Norm durch einen "Einführungserlaß", der im Gesetzblatt des jeweiligen Bundeslandes veröffentlicht wurde. Heute geschieht dies durch Nennung der Norm in der "Liste der Technischen Baubestimmungen" (LTB), die z.B. im Internet veröffentlicht sind.

Im Zuge der bauaufsichtlichen Einführung kann die Oberste Bauaufsicht Passagen einer Norm ändern, ergänzen oder präzisieren, im harmlosesten Fall werden dadurch redaktionelle Fehler in einer Norm richtig gestellt.

Beispiel:

Die LTB Rheinland-Pfalz verweist bei der Nennung von DIN 18800 Teil 1 auf die "Anlagen 2.4/1 und 2.4/12". Die "Anlagen ..." sind ebenfalls im Internet veröffentlicht.

Unter 2.4/1 ist dort angeführt:

"Bei Anwendung der technischen Regel ist die Anpassungsrichtlinie Stahlbau ... in Verbindung mit... sowie ... zu beachten". In der genannten Anpassungsrichtlinie (siehe Abs. "Baurechtliche Vorschriften" ist z.B. festgelegt, daß galvanische Verzinkung von 10.9 Schrauben unzulässig ist.

Die prinzipielle Möglichkeit der Abweichung von den genannten Technischen Baubestimmungen ist in jeder LBO geregelt (siehe weiter unten). Der zugehörige baurechtliche Verwaltungsakt ist die "Zustimmung im Einzelfall", dieses Verfahren wird hier jedoch nicht weiter ausgeführt.

Die Kette der baurechtlichen Verbindlichkeiten ergibt sich damit wie folgt:

Landesbauordnung (LBO) – über die Liste der Technischen Baubestimmungen (LTB) bauaufsichtlich eingeführte Fachnormen – in den LTB genannte zusätzliche Bestimmungen zu den Fachnormen – Fachnormen – sonstige Regelwerke – Fachveröffentlichungen.

Falls es zu einer bauaufsichtlich eingeführten Norm einen neueren Normenentwurf gibt, dann ist man zur Anwendung verpflichtet, wenn die neuen Regeln zu einer stärkeren Bemessung führen. Man kann die Regeln verwenden, wenn sie zu einer schwächeren Bemessung führen, da es sich ja um neueren technischen Stand handelt. Das darf man u.U. jedoch nicht, da es den bauaufsichtlich eingeführten Regeln entspricht.

#### **4 Baurecht NRW (Stand 2005)**

Nachfolgend werden einige Regelungen aus der Bauordnung Nordrhein-Westfalen zitiert:

##### § 1 Anwendungsbereich

(1) Dieses Gesetz gilt für bauliche Anlagen und Bauprodukte. ...

##### § 2 Begriffe

(1) Bauliche Anlagen sind mit dem Erdboden verbundene, aus Bauprodukten hergestellte

Anlagen. Eine Verbindung mit dem Erdboden besteht auch dann, wenn die Anlage durch eigene Schwere auf dem Erdboden ruht oder auf ortsfesten Bahnen begrenzt beweglich ist oder wenn die Anlage nach ihrem Verwendungszweck dazu bestimmt ist, überwiegend ortsfest benutzt zu werden. ...

(9) Bauprodukte sind

1. Baustoffe, Bauteile und Anlagen, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen eingebaut zu werden,
2. aus Baustoffen und Bauteilen vorgefertigte Anlagen, die hergestellt werden, um mit dem Erdboden verbunden zu werden, wie Fertighäuser, Fertiggaragen und Silos.

### § 3 Allgemeine Anforderungen

(1) Bauliche Anlagen sowie andere Anlagen und Einrichtungen im Sinne von § 1 Abs. 1 Satz 2 sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit oder die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet wird. Die der Wahrung dieser Belange dienenden allgemein anerkannten Regeln der Technik sind zu beachten. Von diesen Regeln kann abgewichen werden, wenn eine andere Lösung in gleicher Weise die allgemeinen Anforderungen des Satzes 1 erfüllt. § 20 Abs. 3 und § 24 bleiben unberührt. ...

(2) Bauprodukte dürfen nur verwendet werden, wenn bei ihrer Verwendung die baulichen Anlagen bei ordnungsgemäßer Instandhaltung während einer dem Zweck entsprechenden angemessenen Zeitdauer die Anforderungen dieses Gesetzes oder aufgrund dieses Gesetzes erfüllen und gebrauchstauglich sind.

(3) Als allgemein anerkannte Regeln der Technik gelten auch die von der obersten Bauaufsichtsbehörde durch öffentliche Bekanntmachung als Technische Baubestimmungen eingeführten technischen Regeln. Bei der Bekanntmachung kann hinsichtlich ihres Inhalts auf die Fundstelle verwiesen werden. Die Beachtung der technischen Regeln ist, soweit sie eingeführt sind, von den Bauaufsichtsbehörden gemäß § 72 Abs. 4 zu prüfen.

Nach den vorstehenden Regeln handelt es sich bei den Silos um Bauprodukte nach BauO § 2 (9) 2. Bei der Errichtung sind nach BauO § 3 (1) die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten, welche nach BauO § 3 (3) auch die als Technische Baubestimmungen eingeführten technischen Regeln umfassen.

Nachfolgend werden einige Regelungen aus dem Einführungserslass für Technische Baubestimmungen des Landes Nordrhein-Westfalen zitiert:

1. Aufgrund des § 3 Abs. 3 der Landesbauordnung (BauO NRW) vom 7. März 1995 (GV. NRW. S. 218/SGV.NRW. 232), zuletzt geändert durch Gesetz vom 9. November 1999

Dokument und Anhänge unterliegen dem Urheberrecht / Intellectual property rights reserved for this document and annexes

(GV.NRW.S. 622), werden die in der anliegenden Liste aufgeführten technischen Regeln als Technische Baubestimmungen eingeführt, ausgenommen die Abschnitte in den technischen Regeln über Prüfzeugnisse (Anlage).

- 2 Durch die Einführung gelten diese Technischen Baubestimmungen als allgemein anerkannte Regeln der Technik, die der Wahrung der Belange von öffentlicher Sicherheit oder Ordnung dienen (§ 3 Abs. 1 Satz 2 BauO NRW).

Neben diesen eingeführten sind auch die nicht eingeführten allgemein anerkannten Regeln der Technik, soweit sie sicherheitsrelevant im Sinne von § 3 Abs. 1 Satz 1 BauO NRW sind, von den am Bau Beteiligten (§ 56 BauO NRW) zu beachten. ...

Bei einer im Weißdruck erschienenen Norm liegt die – im Einzelfall falsifizierbare – Vermutung vor, daß es sich um eine allgemein anerkannte Regel der Technik handelt. Bei bauaufsichtlich eingeführten Normen ist diese Vermutung gesetzlich begründet. Insofern ist eine Norm auch dann als anerkannte Regel der Technik anzusehen, wenn sie in einem der anderen Bundesländer (z.B. in Baden-Württemberg – siehe entsprechende Angaben im Literaturverzeichnis) eingeführt ist.

## 5 Technische Regeln zur Bemessung (Stand 2005)

### 5.1 Allgemeines

In den folgenden Abschnitten wird nur der zylindrische Teil des Siloschaftes betrachtet, Auslaufkegel und Dach werden nicht diskutiert.

Es werden zunächst alle zugänglichen Regeln aufgeführt. In einem gesonderten Abschnitt am Ende des Kapitels wird dann bewertet, ob diese als „anerkannte Regeln der Technik“, „Stand der Technik“ oder „Stand von Technik und Wissenschaft“ aufzufassen sind.

### 5.2 Lasten aus Schüttgut

DIN 1055 Teil 6 (Mai 1987) - in NRW bauaufsichtlich eingeführt.

Wegen neuerem technischen Stand: DIN 1055 Teil 6 (Januar 2005).

### 5.3 Schüttgutkennwerte

DIN 1055 Teil 6 (Mai 1987) - in NRW bauaufsichtlich eingeführt

Es stehen Werte nach Tabelle 1 "und vergleichbare" zur Verfügung. Die Wandreibungsbeiwerte  $\mu_3$  gelten gemäß Abs. 3.1.3 für die glatten Wände von Metallsilos. "Stark kohäsive Silogüter" sowie "quellende Schüttgüter" sind ausdrücklich ausgenommen.

Kunststoffpulver oder Ähnliches ist dort nicht genannt.

Tabelle 1. Rechenwerte für Schüttgüter

Schüttgut	Wichte $\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Horizontal- lastver- hältnis $\lambda$	Wandreibungsbeiwerte			Entlee- rungs- lastfaktor $e_h$	Schüttgut- beiwert $\beta_G$
			$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$		
Weizen	9,0	0,60	0,60	0,40	0,25	1,4	0,5
Mais	8,0	0,60	0,60	0,40	0,25	1,6	0,9
Braugerste	8,0	0,65	0,50	0,35	0,25	1,4	0,5
Getreidemehl	7,0	0,40	0,50	0,35	0,25	1,4	0,6
Weißzucker	9,5	0,60	0,55	0,50	0,45	1,2	0,4
Quarzsand gebrochen	16,0	0,50	0,60	0,50	0,40	1,4	0,4
Betonkies	18,0	0,60	0,60	0,50	0,40	1,3	0,4
Kalksteinmehl	13,0	0,65	0,55	0,50	0,40	1,2	0,5
Zementklinker	18,0	0,50	0,60	0,55	0,45	1,2	0,7
Zement	16,0	0,65	0,50	0,45	0,40	1,2	0,5
Aluminiumoxid	12,0	0,65	0,50	0,45	0,40	1,2	0,5
Thomasphosphat	22,0	0,65	0,55	0,50	0,40	1,3	0,5

(aus DIN 1055-6:1987)

DIN 1055 Teil 6 Beiblatt 1 (Mai 1987) - in NRW bauaufsichtlich eingeführt

Es stehen Werte nach Tabelle 1 zur Verfügung. Die Werte sind ausdrücklich als "Anhaltswerte" bezeichnet, "für die noch keine ausreichenden Erfahrungen vorliegen, um in DIN 1055 Teil 6 aufgenommen zu werden" (zu Abs. 3.1).

Kunststoffpulver oder Ähnliches ist dort nicht genannt.

Tabelle 1. Anhaltswerte für weitere, in DIN 1055 Teil 6 nicht aufgeführte Schüttgüter

Schüttgut	Wichte $\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Horizontal- lastver- hältnis $\lambda$	Wandreibungsbeiwerte			Entlee- rungs- lastfaktor $e_h$	Schüttgut- beiwert <sup>1)</sup> $\beta_G$
			$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$		
Sojabohnen	8,0	0,70	0,50	0,40	0,25	1,4	0,5
Rübenschnitzel- pellets	7,0	0,60	0,55	0,45	0,35	1,3	0,5
Futtermittel Kraftfutter- gemische <sup>1)</sup>	6,0	0,50	0,50	0,35	0,25	1,7	1,0
Pellets	8,0	0,50	0,40	0,30	0,25	1,5	0,7
Kartoffeln	8,0	0,60	0,50	0,40	0,35	1,4	0,5
Kohle	10,0	0,60	0,60	0,50	0,45	1,3	0,6
Koks	8,0	0,60	0,60	0,55	0,50	1,3	0,6
Flugasche	15,0 <sup>2)</sup>	0,55	0,70	0,60	0,50	1,2	0,5
Kohlenstaub	8,0	0,70	0,55	0,50	0,40	1,2	0,5
Kesselschlacke	12,0	0,50	0,70	0,60	0,50	1,4	0,6
Eisenpellets	22,0	0,60	0,60	0,55	0,50	1,3	0,5
Kalkhydrat	6,0	0,70	0,50	0,40	0,35	1,2	0,6

1) Ohne Sojaschrot, Kopra und ähnlichem. Im übrigen nur gültig für trockene Schrote, auch mit hohem Mehlanteil.  
2) Bei Steinkohlen-Flugasche kann die Wichte auf  $\gamma = 12,0$  kN/m<sup>3</sup> reduziert werden.

(aus DIN 1066-6 Beiblatt 1:1987)

DIN 1055 Teil 6(Januar 2005)

Es stehen charakteristische Werte nach Tabelle E.1 des Anhanges E1 zur Verfügung (normativ). Die Wandreibungsbeiwerte sind als Mittelwerte angegeben. Durch einen Umrechnungsfaktor  $a, \mu$  können obere und untere Grenzwerte ermittelt werden. Die Wandreibungsbeiwerte D1 gelten gemäß Abs. 6.2.1 Tabelle 3 für die "polierten" Wände von Aluminiumsilos. Außerdem sind in einer gesonderten Tabelle C.2 des Anhanges C Variationskoeffizienten für die einzelnen Kennwerte angegeben (normativ).

Kunststoffpulver oder Ähnliches ist dort nicht genannt. Beachte hierzu Fußnote a) in Tabelle E.1.

Tabelle E.1 — Schüttgutkennwerte<sup>a)</sup>

Art des Schüttgutes	Wichte $\gamma$ kN/m <sup>3</sup>		Böschungswinkel $\phi_r$ Grad	Winkel der inneren Reibung $\phi_i$ Grad		Horizontal- lastverhältnis $K$		Wandreibungskoeffizient <sup>b)</sup> $\mu$ ( $\mu = \tan \phi_w$ ) (Mittelwerte)				Kennwert für Teil- flächen- last $C_{op}$
	unterer Wert $\gamma_p$	oberer Wert $\gamma_u$		$\phi_m$	$a_\phi$			Wand- typ D1	Wand- typ D2	Wand- typ D3	Um- rech- nungs- faktor $a_\mu$	
			Mittel- wert			Umrech- nungs- faktor	Mittel- wert $K_m$					
Allgemeines Schüttgut	6,0	22,0	40	35	1,3	0,50	1,5	0,32	0,39	0,50	1,40	1,0
Betonkies	17,0	18,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,39	0,49	0,59	1,12	0,4
Aluminium	10,0	12,0	36	30	1,22	0,54	1,20	0,41	0,46	0,51	1,07	0,5
Kraftfutter-mischung	5,0	6,0	39	36	1,08	0,45	1,10	0,22	0,30	0,43	1,28	1,0
Kraftfutterpellets	6,5	8,0	37	35	1,06	0,47	1,07	0,23	0,28	0,37	1,20	0,7
Gerste	7,0	8,0	31	28	1,14	0,59	1,11	0,24	0,33	0,48	1,16	0,5
Zement	13,0	16,0	36	30	1,22	0,54	1,20	0,41	0,46	0,51	1,07	0,5
Zementklinker <sup>c)</sup>	15,0	18,0	47	40	1,20	0,38	1,31	0,46	0,56	0,62	1,07	0,7
Kohle	7,0	10,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,44	0,49	0,59	1,12	0,6
Kohlestaub	6,0	8,0	34	27	1,26	0,58	1,20	0,41	0,51	0,56	1,07	0,5
Koks	6,5	8,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,49	0,54	0,59	1,12	0,6
Flugasche	8,0	15,0	41	35	1,16	0,46	1,20	0,51	0,62	0,72	1,07	0,5
Mehl	6,5	7,0	45	42	1,06	0,36	1,11	0,24	0,33	0,48	1,16	0,6
Eisenpellets	19,0	22,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,49	0,54	0,59	1,12	0,5
Kalkhydrat	6,0	8,0	34	27	1,26	0,58	1,20	0,36	0,41	0,51	1,07	0,6
Kalksteinmehl	11,0	13,0	36	30	1,22	0,54	1,20	0,41	0,51	0,56	1,07	0,5
Mais	7,0	8,0	35	31	1,14	0,53	1,14	0,22	0,36	0,53	1,24	0,9
Phosphat	16,0	22,0	34	29	1,18	0,56	1,15	0,39	0,49	0,54	1,12	0,5
Kartoffeln	6,0	8,0	34	30	1,12	0,54	1,11	0,33	0,38	0,48	1,16	0,5
Sand	14,0	16,0	39	36	1,09	0,45	1,11	0,38	0,48	0,57	1,16	0,4
Schlackenklinker	10,5	12,0	39	36	1,09	0,45	1,11	0,48	0,57	0,67	1,16	0,6
Sojabohnen	7,0	8,0	29	25	1,16	0,63	1,11	0,24	0,38	0,48	1,16	0,5
Zucker	8,0	9,5	38	32	1,19	0,50	1,20	0,46	0,51	0,56	1,07	0,4
Zuckerrübenpellets	6,5	7,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,35	0,44	0,54	1,12	0,5
Weizen	7,5	9,0	34	30	1,12	0,54	1,11	0,24	0,38	0,57	1,16	0,5

a) Wenn ein Schüttgut gelagert werden soll, welches nicht in der Tabelle aufgelistet ist, sind Versuche durchzuführen. Wenn sich der Aufwand für Versuche nicht rechtfertigt, insbesondere wenn eine Aufwandabschätzung ergibt, dass bei Verwendung einer großen Bandbreite der Bemessungswerte sich nur geringfügige Auswirkungen auf den Gesamtaufwand ergeben, können die Werte vom sogenannten „Allgemeinen Schüttgut“ verwendet werden. Diese Werte können insbesondere für kleine Siloanlagen angemessen sein. Bei großen Siloanlagen werden sie im Allgemeinen jedoch zu einer unwirtschaftlichen Bemessung führen. Hier sind Versuche in der Regel zu bevorzugen.

b) Der effektive Wandreibungskoeffizient für Wandtyp D4 (gewellte Wand) kann nach D.2 abgeschätzt werden.

c) Schüttgut, neigt zu einem mechanischen Verzahnen und somit zur Brückenbildung oder zu Auslaufstörungen.

ANMERKUNG Bei der Ermittlung der Silolasten ist immer der obere charakteristische Wert der Schüttgutwichte  $\gamma_u$  zu verwenden. Der untere charakteristische Wert  $\gamma_p$  in Tabelle E.1 ist zur Unterstützung von Berechnungen zur Lagerkapazitäten vorgesehen, wenn z.B. in einem Silo eine bestimmte vorgegebene Lagerkapazität sicherzustellen ist.

(aus DIN 1055-6:2005)

**Tabelle C.2 — Typische Werte der Variationskoeffizienten für die Schüttgutkennwerte**

Schüttgut	Variationskoeffizient $\delta$				
	Horizontallastverhältnis $K$	Winkel der inneren Reibung $\phi_i$ in Grad	Wandreibungskoeffizient $\mu$		
			Wandrauhigkeitsklasse		
			D1	D2	D3
Betonkies	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09
Aluminium	0,14	0,16	0,05	0,05	0,05
Kraftfuttermisch	0,08	0,06	0,19	0,19	0,19
Kraftfutterpellets	0,05	0,05	0,14	0,14	0,14
Gerste	0,08	0,10	0,11	0,11	0,11
Zement	0,14	0,16	0,05	0,05	0,05
Zementklinker	0,21	0,14	0,05	0,05	0,05
Kohle	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09
Kohlestaub	0,14	0,18	0,05	0,05	0,05
Koks	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09
Flugasche	0,14	0,12	0,05	0,05	0,05
Mehl	0,08	0,05	0,11	0,11	0,11
Eisenpellets	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09
Kalkhydrat	0,14	0,18	0,05	0,05	0,05
Kalksteinmehl	0,14	0,16	0,05	0,05	0,05
Mais	0,10	0,10	0,17	0,17	0,17
Phosphate	0,11	0,13	0,09	0,09	0,09
Kartoffeln	0,08	0,09	0,11	0,11	0,11
Sand	0,08	0,07	0,11	0,11	0,11
Schlackenklinker	0,08	0,07	0,11	0,11	0,11
Sojabohnen	0,08	0,12	0,11	0,11	0,11
Zucker	0,14	0,14	0,05	0,05	0,05
Zuckerrübenpellets	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09
Weizen	0,08	0,09	0,11	0,11	0,11

(aus DIN 1055-6:2005)

Draft prEN ENV 1991-4:2003

Die Tabellen E1 im normativen Anhang E und C2 im normativen Anhang C enthalten Tabellen mit den identischen Werten wie oben für DIN 1055-6:2005 angegeben.

ISO 11697:1995

wird noch nachgetragen

Silo-Handbuch (Martens 1988):

In der Tabelle in Anhang 14 sind Werte für Kunststoffpulver angegeben:

## 5.4 Festigkeit

Festigkeitsberechnungen nach DIN 4113

(bauaufsichtlich eingeführt, arbeitet aber noch mit zulässigen Spannungen).

Dokument und Anhänge unterliegen dem Urheberrecht / Intellectual property rights reserved for this document and annexes

Wegen neuerem technischen Stand (Teilsicherheitsbeiwerte): DIN V ENV 1999 (EC9)

## 5.5 Stabilität

DIN 4113 (bauaufsichtlich eingeführt), enthält keine Bemessungsregeln zur Schalenstabilität.

Der Eurocode 9 enthält keine Bemessungsregeln zur Schalenstabilität.

DIN 18800 Teil 4 oder Eurocode 3 Teil 1-6 gelten nur für Stahl.

Gibt es irgendwo Bemessungsvorschläge für Aluminiumschalen?

(siehe z.B. Kostea/Steidl/Strippelmann, Valtinat, Martens)

Unter ausdrücklichem Hinweis auf die angenommene gleiche Imperfektionsempfindlichkeit können die Bemessungsregeln aus DIN 18800 Teil 4 genommen werden. Das Verwenden der Nennstreckgrenze der Aluminiumlegierung und des E-Moduls reicht dabei nicht aus, da das Aluminium schon lange vor Erreichen der Streckgrenze eine deutlich nichtlineare Spannungs-Dehnungslinie aufweist. Dies entspricht etwa dem Verhalten von nichtrostenden Stählen. Es ist daher erforderlich, die Verfahren aus der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung für nichtrostende Stähle mit reduziertem Ersatz-E-Modul zu verwenden.

Damit bleibt noch das Problem, daß es nirgends Bemessungsregeln für konzentrierte Längslasten in Schalen gibt. Hier hilft ein Vorschlag von Knödel/Ummenhofer (1998).

## 6 Verwendete Unterlagen (Stand 2005)

### 6.1 Baurecht Nordrhein-Westfalen

- [1] Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen - Landesbauordnung - (BauO NRW) in der Fassung der Bekanntmachung vom 1. März 2000. Der Minister für Bauen und Wohnen (des Landes Nordrhein-Westfalen).  
Quelle: [http://sgv.im.nrw.de/lmi/owa/pl\\_text\\_anzeigen?v\\_id=5820031106092333838](http://sgv.im.nrw.de/lmi/owa/pl_text_anzeigen?v_id=5820031106092333838)
- [2] Einführung Technischer Baubestimmungen nach § 3 Abs. 3 BauO NRW \*), RdErl. d. Ministeriums für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport v. 29.7.2003; II B 2 – 408.  
Quelle: [http://sgv.im.nrw.de/lmi/owa/pl\\_text\\_anzeigen?v\\_id=1320031106092633973](http://sgv.im.nrw.de/lmi/owa/pl_text_anzeigen?v_id=1320031106092633973)
- [3] Liste der Technischen Baubestimmungen. Anlage zum RdErl. d. MSWKS v. 29.07.2003.  
Quelle: [http://sgv.im.nrw.de/lr\\_smb1/smb1\\_2323\\_20030729\\_a\\_anlage.pdf](http://sgv.im.nrw.de/lr_smb1/smb1_2323_20030729_a_anlage.pdf)

## **6.2 Rechtliche Fachartikel**

- [4] Bauer, C.O.: Rechtsbegriffe technischer Sachverhalte, Werkstatt und Betrieb 120 (1987), H, 11, S. 904/907 (zitiert nach Bauer 2005)
- [5] Bauer, C.O.: Notwendiges Wissen vom Recht für Prüfengeieure  
Quelle: [www.doku.net/artikel/notwendige.htm#Regeln%20der%20Technik](http://www.doku.net/artikel/notwendige.htm#Regeln%20der%20Technik) , 11.02.05
- [6] Niklisch, F.: Die Bedeutung technischer Regelwerke zur Konkretisierung juristischer Generalklauseln, RWTÜV Schriftenreihe 33, S. 9-13, Techn. Überwachungsverein Essen 1984. (zitiert nach Bauer 2005)

## **6.3 Technische Normen und Regelwerke**

### **6.3.1 Geltungsbereich weltweit**

- [7] ISO 11697: Grundlagen für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Tragwerken - Lasten infolge Schüttgütern (1995-06).  
(siehe auch EC1 und DIN 1055)

### **6.3.2 Geltungsbereich Europa**

- [8] DIN V ENV 1991 (EC1): Eurocode 1: Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke.  
Teil 2-1: Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigenlasten, Nutzlasten (1996-01).  
Teil 4: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter (1996-12).  
Teil 4: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter. Entwurf Januar 2003.
- [9] DIN V ENV 1993 (EC3): Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten.  
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau. April 1993.  
(siehe auch DAST-Ri 103)  
(in LTB NRW Stand Juli 2003 aufgeführt, Verweis auf Anlage 2.4/5 – darf alternativ zu DIN 18800 angewandt werden, wenn DAST-Ri 103 beachtet wird, Druckfehlerberichtigung)  
Part 1-6: Strength and Stability of Shell Structures. Final Draft Feb. 2004.  
Teil 4-1: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen; Silos (2002-05).
- [10] DIN V ENV 1999 (EC9): Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumbauten.  
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln; Bemessungsregeln für Hochbauten. 2000-10.
- [11] prEN 1999 (EC9): Eurocode 9: Design of aluminium structures.  
Part 1-1: General structural rules. (Draft May 2004)

### **6.3.3 Geltungsbereich BRD**

- [12] DIN 1055: Lastannahmen für Bauten.  
Teil 1: Lagerstoffe, Baustoffe und Bauteile. Juli 1978.  
(in LTB NRW Stand Juli 2003 aufgeführt)  
Teil 6: Lasten in Silozellen. Mai 1987;  
Beiblatt zu Teil 6, Mai 1987, 6 Seiten.  
(in LTB NRW Stand Juli 2003 aufgeführt, Verweis auf Anlage 1.1/4 – Werte für Kartoffel, Kohle, Koks, Flugasche dürfen unverändert übernommen werden, für andere sind die ungünstigen Einwirkungen um 15 % zu erhöhen.)

- [13] DIN 1055: Einwirkungen auf Tragwerke.  
Teil 1: Wichten und Flächenlasten von Baustoffen, Bauteilen und Lagerstoffen. Juni 2002.  
(In LTB 2003 Baden-Württemberg aufgeführt)  
Teil 6: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter. Entwurf September 2000.  
(siehe auch EC1 und ISO 11697)  
Teil 6: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter. Entwurf Dezember 2003  
Teil 6: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter. Januar 2005.  
(Stand Oktober 2004!)  
Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung - Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln.  
März 2001, 39 Seiten.  
(In LTB 2003 Baden-Württemberg aufgeführt)
- [14] DIN 4113: Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung.  
Teil 1: Berechnung und bauliche Durchbildung. Mai 1980.  
(in LTB NRW Stand Juli 2003 aufgeführt, Verweis auf Anlage 2.4/9 – alternativ darf BS 8118 Teil 1 angewendet werden)  
Teil 1/A1: Änderung A1 zu Teil 1. September 2002  
Teil 2: Berechnung geschweißter Aluminiumkonstruktionen. 2002-09.  
Entwurf Teil 2: Berechnung, bauliche Durchbildung und Herstellung geschweißter Aluminiumkonstruktionen. März 1993  
Vornorm Teil 3: Ausführung und Herstellerqualifikation. 2003-04.  
(siehe auch IfBt-Richtlinie)
- [15] DIN 18800: Stahlbauten.  
Teil 1: Bemessung und Konstruktion. November 1990.  
(in LTB NRW Stand Juli 2003 aufgeführt, Verweis auf Anlage 2.4/1 – Anpassungsrichtlinie Stahlbau 2001 ist zu beachten)  
Teil 4: Stabilitätsfälle, Schalenbeulen. November 1990.  
(in LTB NRW Stand Juli 2003 aufgeführt, Verweis auf Anlage 2.4/1)
- [16] DIN 18914: Dünnwandige Rundsilos aus Stahl. September 1985.  
Beiblatt 1: Erläuterungen (September 1985).  
(siehe auch DIN 11622)  
(in LTB NRW Stand Juli 2003 aufgeführt, Verweis auf Anlage 2.4/1)
- [17] DIN 11622: Gärfuttersilos und Güllebehälter.  
Teil 1: Bemessung, Ausführung, Beschaffenheit; Allgemeine Anforderungen (07/94).  
(in LTB NRW Stand Juli 2003 aufgeführt, Verweis auf Anlage 2.7/7 – zu Abs. 3.3 betreffend Erdruchdruck und aktiver Erddruck)  
Beiblatt 1: Erläuterungen; Systemskizzen für Fußpunktausbildung (07/94).  
Teil 4: Bemessung, Ausführung, Beschaffenheit; Gärfutterhochsilos und Güllehochbehälter aus Stahl (07/94).  
(in LTB NRW Stand Juli 2003 aufgeführt)
- [18] Richtlinie zum Schweißen von tragenden Bauteilen aus Aluminium - Fassung Oktober 1986  
-. Mitteilungen IfBt 4/1987, S. 113-117.  
(in LTB NRW Stand Juli 2003 aufgeführt)
- [19] DASt Richtlinie 017: Beulsicherheitsnachweise für Schalen – spezielle Fälle – . Entwurf 1992. Deutscher Ausschuss für Stahlbau, Stahlbau-Verlagsgesellschaft.

- [20] DAST Richtlinie 103: Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1993 Teil 1-1. November 1993.  
(in LTB NRW Stand Juli 2003 aufgeführt)
- [21] Anpassungsrichtlinie Stahlbau; Herstellungsrichtlinie Stahlbau. Mitteilungen DIBt 29 (1998), Sonderheft Nr. 11/2, Dezember 1998. Letzte Änderung Dezember 2001.  
(In LTB 2003 Baden-Württemberg aufgeführt)
- [22] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6: Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile aus nichtrostenden Stählen. Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin, 05.12.03.  
Geltungsdauer bis 31.12.2008.

#### **6.4 Technische Fachliteratur**

- [23] Brown, C.J., Nielsen, J. (eds): Silos - Fundamentals of theory, behaviour and design. E & FN Spon, London 1998.
- [24] Knödel, P., Schulz, U.: Zur Stabilität von Schornsteinen mit Fuchsöffnungen. Stahlbau 57 (1988), H. 1, S. 13-21.
- [25] Knödel, P.: Stabilitätsuntersuchungen an kreiszylindrischen stählernen Siloschüssen. Dissertation, Universität Karlsruhe 1995.
- [26] Knödel, P., Ummenhofer, T.: Stability of Axially Loaded Column Supported Shells. European Workshop Thin-Walled Steel Structures, September 26-28, 1996, Krzywowa, Poland.
- [27] Knödel, P., Ummenhofer, T.: Ein einfaches Modell zum Stabilitätsnachweis zylindrischer Schalentragwerke auf Einzelstützen. Stahlbau 67 (1998), Heft 6, S. 425-429.
- [28] Knoedel, P.: Tests for Structural Buckling. Section 40.4 in Brown/Nielsen (1998).
- [29] Knödel, P.: Lehrmaterialien zur Vorlesung Behälterbau an der Fachhochschule Karlsruhe, erreichbar unter [www.peterknoedel.de/lehre/lehre.htm](http://www.peterknoedel.de/lehre/lehre.htm), seit März 2003 laufend aktualisiert.
- [30] Kosteas, D., Steidl, G., Strippelmann, D.: Geschweißte Aluminiumkonstruktionen. Vieweg, Braunschweig 1978.
- [31] Martens, P. (Hrsg.): Silo-Handbuch. Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1988.  
ISBN 3-433-01037-4
- [32] Schmidt, H.: Beulsicherheitsnachweise für Schalen nach DIN 18800 Teil 4, E-DAST-Richtlinie 017 und DIN V ENV 1993-1-6. Abs. Stahlbaunormen B in Stahlbaukalender 2002, Ernst & Sohn, Berlin.
- [33] Simon, G.: Zur Beanspruchung eines Kreiszylinders mit einer Rundschweißnaht unter Axialbelastung. Stahlbau 56 (1987), Heft 11, S. 343-347.
- [34] Valtinat, G.: Aluminium im Konstruktiven Ingenieurbau. Ernst & Sohn, Berlin 2003.

#### **6.5 Projektbezogene Unterlagen**

... z.B. Baueingabe-Unterlagen, Bestandspläne, Bestandsstatik, Fertigungszeichnungen, usw.