

Schachtausbau im Bergbau

Entwurf und Bemessung

DIN
21500

ICS 73.100.10

Shaft sinking in mining – Design and dimensioning

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss Schachtausbau im Normenausschuss Bergbau (FABERG) ausgearbeitet.

Diese Norm dient dem Ziel, verbindliche Grundlagen für Entwurf, Bemessung und Ausführung von tiefen vertikalen Schächten, wie sie vorwiegend im untertägigen Bergbau vorkommen, festzulegen.

Grundlage dieser Norm sind die Richtlinien zur Berechnung von Schachtauskleidungen in nicht standfestem Gebirge [1] und die jahrzehntelangen Erfahrungen der Fachleute und ihrer Veröffentlichungen über Entwurf, Berechnung, Ausführung und Prüfung von zahlreichen Schachtausbauten verschiedenster Bauart und Konstruktion. Auf Basis der „Richtlinie“ wurden zahlreiche Schachtbauwerke des Bergbaus und des Tunnelbaus entworfen, bemessen und gebaut. Die Funktionsfähigkeit dieser Bauwerke ist über Jahrzehnte, auch unter extremen Bedingungen, erwiesen. Durch die Überführung der Richtlinie in eine DIN-Norm soll die Grundlage für eine später zu schaffende Europäische Norm geschaffen werden.

Die Berechnungsgrundlagen dieser Norm enthalten im Grundsatz die Gedanken der Sicherheitsphilosophie der Europäischen Vornormen. Gegenüber diesen, die in erster Linie für den Hoch- und Industriebau gedacht sind, entfallen eine Anzahl von Einwirkungen (Lastfällen), es treten andere hinzu. Im Vordergrund stehen dafür bergbau- und schachtbauspezifische Einflüsse und Bedingungen. Aus den „Richtlinien“ und den Erfahrungen des Schachtbaus leiten sich vertretbare Abweichungen gegenüber den Europäischen Vornormen ab. Dort wo Abweichungen auftreten, sind sie in dieser Norm angemerkt.

Die Norm ist Grundlage für die Tätigkeiten der Prüfstellen und der Überwachungsstellen und enthält ferner die notwendigen Anforderungen für die Ausgangsdaten und -bedingungen, die von Seiten des Auftraggebers zu erbringen sind. Die Kontrolle der Qualität der Baustoffe und der Bauausführung muss nach den eingeführten technischen Regelwerken stattfinden und wird nicht ausführlich behandelt.

Anhang A ist informativ.

Fortsetzung 18 Seiten EN

Normenausschuss Bergbau (FABERG) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für den Entwurf und die Bemessung tragender Ausbaukonstruktionen von neu herzustellenden, in der Regel kreiszyklischen vertikalen Schächten im Bergbau in nicht standfestem und standfestem Gebirge. Sie gilt auch für bestehende Schächte, die umgebaut, verstärkt oder saniert und dabei mit Vorbausäulen oder anderen neuen Aus-/Einbauten versehen werden müssen.

Bei den Schächten kann es sich im Bereich des Bergbaus um Förder-, Seilfahrt-, Wetter-(Belüftungs-) oder Blindschächte mit den eventuell dazugehörigen Füllrörtern handeln.

Die Norm darf auch auf tiefe Schächte in anderen Bereichen wie im Tunnelbau und Deponiewesen angewendet werden.

Die Norm gilt nicht für Schachtausbauten, die nur der vorübergehenden Sicherung des untertägigen Hohlraumes während der Abteufarbeiten dienen.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

DIN V ENV 1992-1-1:1992, *Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau; Deutsche Fassung ENV 1992-1-1:1991.*

DIN V ENV 1994-1-1:1994, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln für den Hochbau; Deutsche Fassung ENV 1994-1-1:1992.*

DIN EN 10025:1994, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen – Technische Lieferbedingungen (enthält Änderung A1:1993); Deutsche Fassung EN 10025:1990.*

3 Begriffe, Symbole und Einheiten

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Vorbausäule

Zylinderausbau, der nachträglich vor die Innenfläche eines bestehenden Schachtes eingebaut wird. Sie dient der Sanierung der bestehenden Ausbaukonstruktion bei unzulässiger Undichtigkeit oder bei unzureichender Tragfähigkeit und im Einzelfall auch dem Umbau.

3.1.2

Füllort

im Schachtbereich aufgefahrener Grubenraum mit der Aufgabe, die vertikale in die horizontale Förderung überzuleiten und umgekehrt

3.1.3

Vorbohrung

Erkundungsbohrung vor Herstellen eines Schachtes

3.1.4

Gebirgsdruck

Belastungsgröße aus dem Gebirge auf eine Ausbaukonstruktion, bezogen auf die Einheitsfläche

3.1.5

Schachtröhre, einschaliger Ausbau

Zylinder unter unmittelbarer Einwirkung der von außen belastenden horizontalen Flüssigkeits- und Gebirgsdrücke und der vertikalen Einwirkungen als einschalige Konstruktion aus unbewehrtem oder bewehrtem Beton oder aus Stahl, jedoch nicht als Verbundkonstruktion

3.1.6

Schachtröhre, mehrschaliger Ausbau

zwei oder mehr konzentrische Zylinder, deren äußerster in der Regel unter unmittelbarer Einwirkung der von außen belastenden horizontalen Flüssigkeits- und Gebirgsdrücke und der entsprechenden an der äußeren Mantelfläche angreifenden vertikalen Einwirkungen steht

3.1.8

Schachtfundament

in der Regel ein Ringfundament, das das Eigengewicht der Schachtröhre oder einen Teil in tragfähige Gebirgsschichten überträgt

3.1.9

Stützring

Ringkonstruktion unterhalb des Schachtfundaments zur Aufnahme resultierender horizontaler Gebirgsdrücke, u. a. aus der Auflast durch das Fundament

3.1.10

gleichförmiger Gebirgsdruck

horizontaler am Umfang gleichförmiger radial von außen auf eine Ausbaukonstruktion wirkender Gebirgsdruck

3.1.11

ungleichförmiger Gebirgsdruck

am Umfang ungleichförmig verteilter horizontaler radial von außen wirkender Gebirgsdruck

3.1.12

Schachteinbauten

Einbauten in Schächten, z. B. Einstriche, Spurlatten, Rohrleitungen, Fahrten, Ruhebühnen

3.1.13

Betriebslast

ständige und/oder veränderliche Last aus dem Schachtbetrieb

3.1.14

Nutzlasten

veränderliche Verkehrslast

3.1.15

bergbauliche Einwirkungen

Einwirkungen aus unmittelbarer oder benachbarter Bergbauaktivität, z. B. in Form von Bewegungen oder/und Belastungen vom umgebenden Gebirge auf den Schachtausbau

3.1.16

standfestes Gebirge

Gebirge, dessen Ausbruchränder nach Herstellung eines Hohlraumes nach Angabe des geotechnischen Sachverständigen unverändert standfest bleiben

3.1.17

Gefrierschacht

Herstellung eines temporären Frostmantels aus künstlich gefrorenem Gebirge, in dessen Schutz der endgültige Ausbau ausgeführt wird

3.1.18

Bohrschacht

Schacht, der durch Bohren abgeteuft wird

3.1.19

geankerter Schacht

Schacht, der im Schutz einer nach außen im Gebirge verankerten Ausbaukonstruktion hergestellt wird

3.1.20

Trennschicht

mit Baustoffen gefüllter planmäßiger Ringspalt jeweils zwischen zwei Zylinderschalen

3.2 Symbole und Einheiten

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Symbole und Einheiten

Symbol	Benennung	Einheit
A	Fläche des Ausbauquerschnitts (bei Stahlbeton- und Verbundquerschnitten die auf einen der Baustoffe bezogene Fläche), vertikal, radial durch die Schachtwand geschnitten, bezogen auf 1 m Schachthöhe	m^2
A_c	Gesamtfläche des Betonquerschnitts	m^2
A_i	Teilfläche des Ausbauquerschnitts	m^2
A_s	Mindestbewehrung	m^2
E	Elastizitätsmodul	N/mm^2
E'_c	wirksamer Elastizitätsmodul des Betons	N/mm^2
E_{cm}	Elastizitätsmodul des Betons als Mittelwert des Sekantenmoduls	N/mm^2
f_{ck}	Würfeldruckfestigkeit	N/mm^2
f_y	Stahlstreckgrenze	N/mm^2
h	Überlagerungshöhe der Gebirgsflüssigkeit bzw. des anstehenden Gebirges	m
h_f	Überlagerungshöhe der Hinterfüllmasse in Trennschichten	m
i	Trägheitsradius des Gesamtausbauquerschnitts	m
i_i	Trägheitsradius der Teilfläche A_i	m
J	Trägheitsmoment	m^4
p_1	Ungleichförmiger horizontaler Gebirgsdruck, in Abhängigkeit von der laufenden Winkelkoordinate in Umfangsrichtung φ	MN/m^2
p_a	gleichförmiger horizontaler Außendruck	MN/m^2
p_f	gleichförmiger Horizontaldruck der Hinterfüllmasse in Trennschichten	MN/m^2
p_g	gleichförmiger horizontaler Gebirgsdruck	MN/m^2
p_i	gleichförmiger horizontaler Innendruck	MN/m^2
p_w	Wasserdruck	MN/m^2
p_z	Scheitelwert des horizontalen Gebirgsdrucks p_1	MN/m^2
r	Laufende Koordinate (radial)	m
r_a	Außenradius des Gesamtausbauquerschnitts	m
r_i	Innenradius des Gesamtausbauquerschnitts	m
r_s	Schwerpunktradius des Gesamtausbauquerschnitts oder des zu berechnenden Querschnitts	m
r_{si}	Schwerpunktradius der Teilfläche A_i	m
s	Schwerpunkt	–
t	Stahlblechdicke	mm
y	Horizontaler Schwerpunktabstand eines Bemessungspunktes	m
y_a	Horizontaler Schwerpunktabstand des Außenradius eines Ausbauquerschnitts	m
y_i	Horizontaler Schwerpunktabstand des Innenradius eines Ausbauquerschnitts	m

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Symbol	Benennung	Einheit
γ_c	Teilsicherheitsbeiwert Beton	–
γ_f	Wichte der Hinterfüllmasse in Trennschichten	MN/m ³
γ_G	Teilsicherheitsbeiwert	–
γ_m	Teilsicherheitsbeiwert Baustahl und Stahlbauverbindungen	–
γ_Q	Teilsicherheitsbeiwert	–
γ_s	Teilsicherheitsbeiwert Betonstahl	–
γ_w	Wichte der Gebirgsflüssigkeit	MN/m ³
λ	Schlankheit	–
μ	Reibungsbeiwert	–
ν_k	Knicksicherheit	–
ν_{kerf}	Erforderliche Knicksicherheit	–
σ	radiale Druckspannung	N/mm ²
σ_k	Wirkliche Knickspannung	N/mm ²
σ_{ki}	Euler-Knickspannung	N/mm ²
σ_r	Radiale Normalspannung im Abstand r vom Schachtmittelpunkt	N/mm ²
σ_t	Tangentiale Normalspannung	N/mm ²
σ_{ta}	Tangentiale Normalspannung in der Außenfaser des Querschnitts	N/mm ²
σ_{ti}	Tangentiale Normalspannung in der Innenfaser	N/mm ²
σ_{to}	Tangentiale Normalspannung im Schwerpunkt des Ausbauquerschnitts	N/mm ²
τ	Schubspannung	N/mm ²
τ_o	Zulässige Schubspannung im Beton ohne Verbundmittel	N/mm ²
τ_{ozul}	Zulässige Schubspannung im Beton bei voller Deckung durch Schubbewehrung	N/mm ²
τ_{zul}	Zulässige Schubspannung	N/mm ²
φ	Laufende Winkelkoordinate in Umfangsrichtung	°
ψ	Kombinationsbeiwert	–

4 Vorleistungen des Auftraggebers

Als Unterlagen zur Ausschreibung eines geplanten Schachtes übergibt der Auftraggeber die folgenden verbindlichen technischen Daten an den Anbieter.

- a) Angaben über Zweck und besondere Anforderungen an den Schacht, z. B. die Herstellungsweise, die Dichtigkeit, Toleranzen sowie Angaben von Höhenlage, lichtigem Durchmesser und Endtiefe.
- b) Angaben zum Baugrund, zur Geologie und Hydrologie:
 - Ergebnisse der Vorbohrung und gegebenenfalls Seismik;
 - zusätzliche bodenmechanische und gesteinsphysikalische Angaben;
 - Beschreibung der Geologie einschließlich Schichtenverlauf und Tektonik;
 - Hydrologie in ihren chemischen, physikalischen und mechanischen Eigenschaften sowie eventuell Flüssigkeitsspiegelschwankungen;
 - Hinweis zur Herstellungsweise mit hierzu erforderlichen Kenndaten.

- c) Angaben über den anzusetzenden Gebirgsdruck auf den Schacht, die Schachtfundamente und Stützringe (sowohl gleichförmig wie ungleichförmig) unter Berücksichtigung der Vorgeschichte des Gebirgsbereichs hinsichtlich eventueller Vorbelastungen und Gebirgsbewegungen sowie früherer Verwendungen. Durch Versuche und deren Auswertung ermittelt der geotechnische Sachverständige die charakteristischen Werte für Einwirkungen und Widerstände aus dem Baugrund über die gesamte Tiefe des Schachtes mit den zugehörigen oberen und unteren Grenzwerten.
- d) Im Falle der Sanierung bestehender Schächte durch eine Vorbausäule übergibt der Auftraggeber dem Anbieter verbindlich und verantwortlich nachprüfbare Daten über die zur Zeit der Auftragsvergabe vorhandene Tragsicherheit und Funktionsfähigkeit der zu sanierenden Schachtkonstruktionen.
- e) Angaben über sonstige Einwirkungen wie z. B. Temperaturänderungen, Witterungseinfluss bzw. Wittertemperatur, Lasten von Schachteinbauten, Betriebslasten, Nutzlasten, oberflächennahe Lasten aus Fördertürmen und anderen Bauwerken, Angaben über chemische Einwirkungen aus dem Gebirge, der Gebirgsflüssigkeit und der umgebenden Luft.
- f) Angaben über zu erwartende bergbauliche Einwirkungen.
- g) Angaben über außergewöhnliche Einwirkungen.
- h) Angabe der geforderten Prüfungen und der vorgesehenen Prüfstellen.
- i) Angabe der zuständigen Überwachungsstellen der Aufsichtsbehörden.

5 Allgemeine Anforderungen an den Ausbau und sein Tragsystem

5.1 Aufgabenstellung und Lösungen

Der Ausbau muss für alle Belastungszustände derart geplant und hergestellt werden, dass Menschenleben sowie der geplante Schachtbetrieb zu keiner Zeit während seiner Betriebsdauer gefährdet sind.

Die Wahl der Ausbaukonstruktion – ihr Entwurf, ihre Berechnung und ihre Herstellung – hängt insbesondere von den geologischen, gebirgsmechanischen und hydrologischen Verhältnissen am Herstellungsort ab, sowie von den besonderen Anforderungen des Auftraggebers.

Der Haupteinfluss auf den Ausbau besteht aus den einwirkenden horizontalen Belastungen aus Gebirge und Gebirgsflüssigkeit.

Bei standfestem Gebirge kann die Erddruckbelastung bis auf Null sinken; der Druck aus der Gebirgsflüssigkeit ist auch in diesem Fall voll wirksam.

Bei Schächten, die mit nicht wasserdichten Auskleidungen hergestellt werden, ist durch konstruktive Maßnahmen sicherzustellen, dass sich kein Wasserdruck aufbaut. Dem eventuellen Versagen dieser Maßnahme ist vorzubeugen.

Die horizontalen Einwirkungen in Bauzuständen hängen vorwiegend von der Herstellungsart – z. B. Gefrierschacht, Spritzbetonschale, Bohrschacht oder geankerter Schacht – zur zeitweiligen Sicherung des erforderlichen Hohlraumes für die Herstellung des endgültigen Ausbaus ab.

Im Endzustand, gleich dem Gebrauchszustand, sind die dann auftretenden äußeren horizontalen und vertikalen Belastungen vom gesamten Tragsystem des Bauwerks aufzunehmen.

Das endgültige Tragsystem besteht aus einer oder mehreren Zylinderschalen. Bei unmittelbarem kraftschlüssigen Kontakt mehrerer Schalen untereinander sind die äußeren horizontalen Belastungen diesen nach ihren Steifigkeitsverhältnissen zuzuweisen. Ist gesicherter Schubverband in den Berührungsflächen der einzelnen Schalen vorhanden, kann das System als Verbundausbau bemessen werden.

Sind die einzelnen Schalen durch Zwischenbaustoffe getrennt, kann sich die Lastverteilung auf die Schalen je nach radialer Federungseigenschaft dieser Trennbaustoffe ändern. Eine stärker nachgiebige Trennschicht wirkt dabei in der Regel entlastend für eine der Schalen.

Besteht die Trennschicht aus einem Baustoff mit viskosen, flüssigkeitsähnlichen Eigenschaften, entsteht zwischen den so getrennten Schalen eine Flüssigkeitssäule mit hydrostatischen horizontalen Drücken auf die jeweils benachbarte äußere und innere Schale.

Diese Drücke entlasten die benachbarten äußeren und belasten die benachbarten inneren Schalen entsprechend ihrer hydrostatischen Höhe.