



**BUNDESVERBAND
DEUTSCHER
STEINMETZE**

BIV Bundesinnungsverband des Deutschen
Steinmetz- und Steinbildhauerhandwerks
Weißkirchener Weg 16
60439 Frankfurt am Main
Tel.: 069-576098 • Fax: 069-576090

BIV – Richtlinien

Stand 24.05.2017

BIV-Richtlinie

Erstellung und Prüfung von Grabmalanlagen

Sechste überarbeitete Auflage: Mai 2017

Gültig ab 01. Oktober 2017

Ersatz für die fünfte Auflage – April 2007



Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur sechsten überarbeiteten Auflage	3
1. Geltungsbereich.....	4
2. Verfahrensabläufe	4
2.1 Genehmigung	4
2.2 Fertigstellungsmeldung.....	4
2.3 Turnusmäßige Standsicherheitsüberprüfungen	5
3. Bemessung von Grabmalanlagen	7
3.1 Grabstein	7
3.1.1 Lastannahmen	7
3.1.2 Nachweis der Kippsicherheit	8
3.1.3 Nachweis der Lagesicherheit.....	8
3.1.4 Nachweis der Biegebruchsicherheit	9
3.1.5 Verankerung	9
3.1.5.1 Verankerung mit eingemörteltem Betonstabstahl.....	9
3.1.5.2 Andere Verankerungsarten.....	10
3.2 Abdeckplatten	11
3.2.1 Lastannahmen	11
3.2.2 Nachweis der Biegebruchsicherheit	11
3.3 Einfassung	12
3.3.1 Lastannahmen	12
3.3.2 Nachweis der Biegebruchsicherheit	12
3.4 Fugen zwischen Grabmalteilen	13
3.5 Gründung.....	14
3.5.1 Allgemeine Anforderungen	14
3.5.2 Flachgründung.....	14
3.5.2.1 Nachweis der Bodenpressung.....	15
3.5.2.2 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	15
3.5.2.3 Nachweis der Bewehrung.....	16
3.5.2.4 Einzelfundament längs	16
3.5.3 Tiefgründung.....	23
4. Literaturhinweise.....	24
Anhang – Beispielmessung einer Grabmalanlage (informativ)	27

Vorwort zur sechsten überarbeiteten Auflage

Der Bundesverband Deutscher Steinmetze erstellt als alleiniger Vertreter des Steinmetz- und Steinbildhauerhandwerks die Richtlinie „Erstellung und Prüfung von Grabmalanlagen“. Diese Richtlinie basiert auf den anerkannten Regeln der Technik und legt diese als Regeln des Handwerks für die Bemessung und Errichtung von Grabmalen aus. Zudem soll die Richtlinie allen in der Friedhofsthematik involvierten Parteien Hilfestellung für einen technisch fundierten, organisatorisch überschaubaren und wirtschaftlichen Betrieb einer Friedhofsanlage geben.

Die Aufnahme der geänderten, EU-weit gültigen Normung für die Bemessung und Errichtung von Bauwerken (Eurocodes) in die Liste der Technischen Baubestimmungen mit einem geänderten Sicherheitskonzept (doppelte Absicherung durch Teilsicherheitsbeiwerte bei den Einwirkungen und auch bei Bauteilwiderständen) erfordert eine Novellierung der bestehenden Richtlinie für die Erstellung und Prüfung von Grabmalanlagen. Ziel der Novellierung ist sowohl die Berücksichtigung der gültigen Normung als auch die Bereitstellung von Bemessungstabellen zur einfachen Aufstellung und Überprüfung von Standsicherheitsberechnungen. Unter Beachtung der seitlich grün markierten Abschnitte gelten alle erforderlichen Standsicherheitsnachweise erbracht und es bedarf keiner weiteren Berechnungen.

1. Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für die Bemessung und Errichtung von Grabmalanlagen einschließlich deren Gründung sowie für die turnusmäßigen Standsicherheitsüberprüfungen und die jeweils zugehörigen Verfahrensabläufe.

2. Verfahrensabläufe

2.1 Genehmigung

Form und Inhalt der zu erbringenden Genehmigungsunterlagen für die Errichtung einer Grabmalanlage sind durch die Friedhofsverwaltung frei festzulegen. Als Mindestangaben gelten jedoch Angaben zu den Abmessungen, Baustoffen, zur Ausführung von Anschlüssen und Verankerungen.

Da der ausführende Steinmetzmeister im Rahmen seines Werkvertrags die Grabmalanlage standsicher errichten muss, hat dieser auf Verlangen der Friedhofsverwaltung mit der Einreichung der Genehmigungsunterlagen die Standsicherheit der Grabmalanlage für die gesetzliche Gewährleistungsfrist (5 Jahre nach BGB) durch einen Standsicherheitsnachweis zu erklären.

Für den Nachweis der Standsicherheit bestehen folgende Möglichkeiten:

- Bemessung auf Grundlage der Bemessungstabellen dieser Richtlinie
- Bemessung mit dem Excel-Bemessungsprogramm des BIV
- Vorlage einer bauteilbezogenen statischen Berechnung
- Systemgeprüfte Bauarten mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ)

Bei reparierten oder nach Abschnitt 2.3 beanstandeten Grabsteinen ist nach fristgerechter Reparatur bzw. Neuversetzung ebenfalls gemäß Abschnitt 2.1 bzw. 2.2 zu verfahren.

Im Anhang dieser Richtlinie wird ein Musterblatt zur Verfügung gestellt, welches für Grabmalanträge genutzt werden kann.

2.2 Fertigstellungsmeldung

Auf Verlangen der Friedhofsverwaltung hat der ausführende Steinmetzmeister zudem nach der Fertigstellung der Grabmalanlage die mit dem Standsicherheitsnachweis übereinstimmende Ausführung und somit die Widerstandsfähigkeit gegen die Bemessungslast zu erklären. Diese Erklärung kann auch im Zuge der Abnahme des Grabmals (Abnahmebescheinigung) abgegeben werden.

Aufgrund dieser Nachweise ist eine Abnahmeprüfung unter Prüflast nicht erforderlich.

2.3 Turnusmäßige Standsicherheitsüberprüfungen

Weil die Grabmale Umwelteinflüssen und anderen Einwirkungen ausgesetzt sind und die Nutzung und Pflege der Grabstätten deren Standsicherheit beeinträchtigen können, ist die Standsicherheit von Grabmalanlagen entsprechend der Vorgabe der Friedhofssatzung überprüfen zu lassen. Die Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau legt im Rahmen ihrer Zuständigkeit fest, dass Grabmale jährlich mindestens einmal auf ihre Standfestigkeit überprüft werden müssen.

Das Prüfergebnis der jährlichen Standsicherheitsüberprüfungen ist schriftlich zu dokumentieren. Dies beinhaltet mindestens die Angabe überprüfter Friedhofsbereiche oder Grabfelder. Bei beanstandeten Grabmalen sind zusätzliche Angaben zum Prüfungsablauf festzuhalten und die betroffenen Grabmale sind zu benennen sowie kenntlich zu machen. Die Dokumentationsform ist dabei frei wählbar.

Die Standsicherheitsüberprüfung ist jeweils jährlich nach der Frostperiode durch Fachkundige durchzuführen und beinhaltet dabei, je nach örtlichen Gegebenheiten, eine Sichtprüfung oder eine Prüfung mit horizontaler Prüflast.

Im Regelfall reicht eine Sichtprüfung aus. Wenn die Sichtprüfung keine Anzeichen für eine Standunsicherheit ergibt, muss und soll keine Prüflastprüfung erfolgen, da jede Prüflastprüfung zu einer Lockerung des Grabsteins führen kann.

Bei der Durchführung der Sichtprüfung ist u.a. auf folgende Merkmale zu achten:

- Schiefstellung der Grabmalanlage
- Zustand der Fugen zwischen den Grabmalteilen
- Zustand der Verankerung der einzelnen Grabmalteile
- Risse im Gestein, Abblätterungen, Ausblühungen
- Allfällige Veränderungen im Vergleich zum Ursprungszustand

Zur Bestätigung der Standunsicherheit bzw. zur Ausräumung von Zweifeln an der Standsicherheit hat eine Prüflastprüfung zu erfolgen. Die Prüfung erfolgt dabei mit einer definierten Prüflast von 0,3 kN an der Oberkante des Grabmals ab einer Höhe von 0,50 m, jedoch bis maximal 1,20 m (ab Fundamentoberkante). Höhere Grabmalanlagen sind in der Höhe von 1,2 m (ab Fundamentoberkante) zu prüfen.

Höhe h, bezogen auf OK Fundament [m]	Last H _k [kN]
0,5 < h ≤ 1,2	0,3

Grabsteine mit einer Höhe $h \leq 0,5$ m bzw. aufgesetzte Teile in einer Höhe $h > 1,2$ m (ab Fundamentoberkante) sind optisch und von Hand auf ihre Standsicherheit zu überprüfen. An Grabsteinen oder auf Konsolen befestigte Schrifttafeln (Platten) sind ebenfalls optisch und von Hand auf ihre Standsicherheit zu überprüfen.

Die Prüflast ist dabei kontinuierlich bis zur definierten Höchstlast in einem Zeitraum > 2 s aufzubringen. Zur Unterbindung willkürlicher Zerstörungen durch die turnusmäßige Standsicherheitsüberprüfung darf die Prüflast nicht ruckartig aufgebracht werden.

Die Standsicherheitsprüfung mit horizontaler Prüflast kann mithilfe von geeigneten Prüfgeräten (z.B. mit vertikalem oder horizontalem Hebelarm) oder durch Handprüfung (nachprüfbar z.B. durch „Andrücken“ einer Waage) erfolgen.

Die Prüfrichtung kann nicht grundsätzlich festgelegt werden. Sie muss vor Ort in Abhängigkeit vom baulichen Zustand und den Abmessungen des Grabsteins bestimmt werden. Im Regelfall ist zur Überprüfung der Standsicherheit des Fundamentes eine Prüfung von der Rückseite und zur Standsicherheitsprüfung der verdübelten Standfuge von der Vorderseite zweckmäßig.

Die Standsicherheit gilt als nachgewiesen, wenn das Grabmal unter Prüflast nicht umkippt und keine Bewegungen / klaffenden Fugen zwischen Fundament, Sockel und Grabstein entstehen. Bei Flachgründungen sind leichte Bewegungen unter dem Fundament aufgrund der Bodenverdichtung nicht zu vermeiden.

3. Bemessung von Grabmalanlagen

Grabmalanlagen sind so zu bemessen, dass die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit nicht überschritten werden (z.B. Bruch, Überschreitung der Grenzdehnungen, Umkippen, Schiefstellungen). Deshalb ist die Tragfähigkeit bzw. Standsicherheit bei Grabmalen durch die Gleichung $E_D \leq R_D$ nachzuweisen. Dabei ist E_D der Bemessungswert der einwirkenden Schnittgrößen, Spannungen oder Verformungen und R_D der Bemessungswert der Tragwiderstände.

Die EU-weit vereinheitlichten, verbindlich geltenden Regeln für die Bemessung von Bauwerken (Eurocodes) sehen ein Teilsicherheitskonzept vor. Dieses Teilsicherheitskonzept beinhaltet sowohl die Erhöhung des einwirkenden charakteristischen Bemessungswertes als auch die Verminderung der Tragwiderstände (jeweils um einen Teilsicherheitsbeiwert) für die Dimensionierung und Nachweisführung von Bauteilen. So kann die Varianz in Baustoff- sowie in Bauteileigenschaften (mögliche Erhöhung der Belastung und / oder die Verminderung der Bauteilkennwerte) berücksichtigt werden.

Für die Bemessung und Nachweisführung sind folgende Teilsicherheitsbeiwerte zu beachten:

- a) Teilsicherheitsbeiwerte bei Einwirkungen (nach EC 0 / DIN EN 1990/NA)
 - Ständige Einwirkung: $\gamma_f = 1,35$
 - Veränderliche Einwirkung: $\gamma_f = 1,5$
- b) Teilsicherheitsbeiwerte bei Tragwiderständen
 - Naturwerkstein: $\gamma_m = 1,8$ (in Anlehnung an DIN 18516-3)
 - Beton: $\gamma_m = 1,5$ (nach EC 2 / DIN EN 1992-1-1/NA)

3.1 Grabstein

Die folgende Bauteilbemessung und Nachweisführung gilt für Grabsteine mit einer Höhe ab OK Fundament $> 0,5$ m. Grabsteine mit einer Höhe $\leq 0,5$ m sind konstruktiv in ihrer Lage zu sichern.

3.1.1 Lastannahmen

- Eigengewicht
 Für die Lasten aus dem Eigengewicht der Grabmalteile sind, soweit keine ermittelten Werte vorliegen, die Lastannahmen nach EC 1 / DIN EN 1991-1-1 maßgeblich. Das Volumen des Grabsteins ist abhängig von der Grabmalform durch einen geeigneten Formfaktor anzupassen.
- Horizontale Personenbelastung
 Die charakteristischen Lastannahmen für die horizontale Personenbelastung durch vorübergehendes Abstützen gegen den Grabstein ergeben sich in Anlehnung an EC 1 / DIN EN 1991-1-1/NA bis zu einer Höhe $\leq 1,2$ m, bezogen auf OK Fundament. Diese horizontale Abstützbelastung kann in ihrer Ebene in sämtlichen Richtungen wirken.

Folgende charakteristische, horizontale Personenlasten sind bei der Bemessung unabhängig von der Ansichtsfläche des Grabmals zu berücksichtigen:

Höhe h, bezogen auf OK Fundament [m]	Last H _k [kN]
0,5 < h ≤ 0,7	0,3
0,7 < h ≤ 1,2	0,5

In einer Höhe > 1,2 m (bezogen auf OK Fundament) aufgesetzte Teile sind unter Berücksichtigung einer Horizontalbelastung von H = 0,2 kN an der Bauteiloberkante des aufgesetzten Teils konstruktiv in ihrer Standfuge zu sichern.

- Windlast
Für die Belastung durch Wind sind die Lastannahmen nach EC 1 / DIN EN 1991-1-4 in Ansatz zu bringen. Da die maßgebliche Horizontalbelastung i. d. R. die horizontale Personenbelastung ist, kann die Windbelastung im Regelfall vernachlässigt werden.
- Schiefstellung
Durch die mehrmalige Nutzung der Grabfelder kann bei vielen Friedhöfen nicht mehr von gewachsenen Böden ausgegangen werden, es finden sich Böden mit unterschiedlichen Verdichtungsgraden. Dies kann zu ungleichmäßigen Setzungen und/oder Schiefstellungen der Grabmalanlage beitragen. Deshalb ist bei der Bemessung von Grabmalanlagen eine Schiefstellung von ± 5% zu berücksichtigen.

Bei der Berechnung der Lastausmitte durch Schiefstellung ist neben einer geplanten Schiefstellung des Grabmals der Einfluss aufgesetzter Teile zu beachten.

3.1.2 Nachweis der Kippsicherheit

Die Kippsicherheit ohne Verankerung wird sichergestellt, wenn der Widerstand (durch Eigengewicht aufgebrachtes Standmoment am Standfugenrand) der Grabmalanlage größer ist als das einwirkende, dimensionierte Kippmoment. Das Kippmoment resultiert aus der ungünstigsten Überlagerung von Kräften von exzentrischer Volumenverteilung, Windlast, einwirkender Personenbelastung und/oder Schiefstellung. Eine Überlagerung der vorübergehenden, horizontalen Personenbelastung mit der Windbelastung ist dabei nicht erforderlich.

Nachweis: Standmoment / Sicherheitsbeiwert ≥ Sicherheitsbeiwert x Kippmoment

$$M_S / \gamma_m \geq \gamma_f \times M_K$$

3.1.3 Nachweis der Lagesicherheit

Die Lagesicherheit ohne Verankerung wird sichergestellt, wenn ein ausreichend großes Gewicht des Grabmals die Querverschiebung in der Standfuge durch eine dimensionierte Horizontalkraft verhindert. Eventuelle Verfugungen bleiben dabei u.a. aufgrund ihrer nicht nachweisbaren Dauerhaftigkeit unberücksichtigt.

Zwischen Grabstein und Fundament ist ein Reibbeiwert von $\mu = 0,5$ einzuhalten. Bei aufeinanderliegenden, rauen Natursteinflächen ist ein Reibbeiwert von $\mu = 1,0$ zu verwenden.

Nachweis: (Eigengewicht x Reibbeiwert) / Teilsicherheitswert \geq Teilsicherheitswert x Horizontalkraft

$$(G_{GS} \times \mu) / \gamma_m \geq \gamma_f \times H$$

Der Nachweis der Lagesicherheit gilt bei einem Gewicht des Grabsteins $G_{GS} \geq 2,7$ kN als erbracht.

3.1.4 Nachweis der Biegebruchsicherheit

Jene Teile eines Grabmals, welche durch Wind- oder Personenlasten beansprucht werden, sind auf Biegebeanspruchung zu bemessen.

Nachweis: Biegezugfestigkeit / Teilsicherheitswert \geq Teilsicherheitswert x Biegespannung

$$\beta_{BZ} / \gamma_m \geq \gamma_f \times \sigma_b$$

Der Biegebruchnachweis gilt bei stehenden, flächenhaften Bauteilen (Verhältnis Dicke d_G : Breite $b_G =$ mind. 1:5) bei einer Dicke $d_G \geq 8$ cm als erbracht.

3.1.5 Verankerung

Bei nicht ausreichender Kippsicherheit und / oder Lagesicherheit ist das Grabmal durch den Sockel im Fundament zu verankern.

Zudem sind Grabsteine mit einer Höhe $h_G \geq 1$ m und einer Breite $b_G \leq 0,2$ m unabhängig der Ergebnisse der vorstehenden Nachweise zu verankern.

3.1.5.1 Verankerung mit eingemörteltem Betonstabstahl

Falls der Grabstein nach 3.1.2 oder 3.1.3 verankert werden muss, ist zur Sicherstellung der Kräfteweiterleitung vom Grabstein in den Dübel bzw. zur Begrenzung der Spannungen im Verankerungsbereich eine Nenndicke des Grabsteins von $d_g \geq 12$ cm vorzusehen.

Die Verankerung mit zweiseitig eingemörteltem Betonstabstahl (Dübel) ist mit Gewinde- oder Rippenstahl mit einer charakteristischen Zugfestigkeit ≥ 500 N/mm² auszuführen. Die Materialgüte des Mörtels hat mindestens der Mörtelklasse M10 nach DIN EN 998-2 zu entsprechen.

Sofern keine Ausziehversuchswerte vorliegen, kann bei dieser Verankerungsart mit einer dimensionierten Verbundspannung $T_{RD} = 1,5$ N/mm² bei zentrischem Zug für den Verbund Betonstahl – Mörtel – Naturstein bzw. Betonstahl – Beton gerechnet werden.

Die Verankerungstiefe im Grabstein und im Fundament errechnet sich aus dem Restkippmoment bzw. der Verankerungsoberfläche und der möglichen Verbundspannung zwischen Bewehrungsstab, Mörtel, Naturstein und Beton. Dabei ist eine konstruktiv bedingte Mindesteinbindelänge des Dübels von 10 cm einzuhalten.

Während der Aushärtungszeit des Mörtels ist das Grabmal bis zum Erreichen der für die Standicherheit erforderlichen Materialkennwerte zu sichern und kenntlich zu machen.

Ist eine Verankerung mit eingemörteltem Betonstabstahl aufgrund einer zu geringen Fundamenthöhe nicht möglich, sind andere Verankerungsarten (z.B. Verschraubung) zu verwenden.

Unter Verwendung nachfolgender Bemessungstabellen für die Einbindelänge der Verankerung gilt der Kipp- und Lagesicherheitsnachweis als erbracht, wobei objektbezogene Berechnungen zu kleineren Einbindelängen führen können.

Einbindelänge; Grabsteindicke 12 cm			
h _G [m]	Dübeldurchmesser [mm]		
	D = 12	D = 14	D = 16
0,4	10,0	10,0	10,0
0,5	10,0	10,0	10,0
0,6	10,0	10,0	10,0
0,7	15,5	13,0	11,5
0,8	17,5	15,0	13,0
0,9	19,5	17,0	15,0
1	22,0	19,0	16,5
1,1	24,0	20,5	18,0
≥ 1,2	26,5	22,5	20,0

Einbindelänge; Grabsteindicke 14 cm			
h _G [m]	Dübeldurchmesser [mm]		
	D = 12	D = 14	D = 16
0,4	10,0	10,0	10,0
0,5	10,0	10,0	10,0
0,6	10,0	10,0	10,0
0,7	13,0	11,0	10,0
0,8	15,0	13,0	11,0
0,9	16,5	14,5	12,5
1	18,5	16,0	14,0
1,1	20,5	17,5	15,5
≥ 1,2	22,5	19,0	17,0

Einbindelänge; Grabsteindicke 16 cm			
h _G [m]	Dübeldurchmesser [mm]		
	D = 12	D = 14	D = 16
0,4	10,0	10,0	10,0
0,5	10,0	10,0	10,0
0,6	10,0	10,0	10,0
0,7	11,5	10,0	10,0
0,8	13,0	11,0	10,0
0,9	14,5	12,5	11,0
1	16,0	14,0	12,0
1,1	17,5	15,0	13,5
≥ 1,2	19,5	16,5	14,5

Einbindelänge; Grabsteindicke 18 cm			
h _G [m]	Dübeldurchmesser [mm]		
	D = 12	D = 14	D = 16
0,4	10,0	10,0	10,0
0,5	10,0	10,0	10,0
0,6	10,0	10,0	10,0
0,7	10,0	10,0	10,0
0,8	11,5	10,0	10,0
0,9	12,5	11,0	10,0
1	14,0	12,0	10,5
1,1	15,5	13,5	11,5
≥ 1,2	17,0	14,5	13,0

3.1.5.2 Andere Verankerungsarten

Bei einer anderen Grabmalbefestigung als der zweiseitig eingemörtelten Verdübelung (z.B. Gewindehülse mit verschraubtem Gewindestab oder Dübel mit verbundloser Führung) bedarf es einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ) und der Nachweis der statischen Gleichwertigkeit (u.a. die Verbundspannung und Lastweiterleitung) ist zu führen.

Statisch beanspruchte Klebungen von Flächen oder Fugen zur Sicherstellung der Standsicherheit von Grabmalteilen (Grabsteine, Abdeckplatten etc.) sind nicht zulässig, sofern keine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) für diese Anwendung vorliegt.

3.2 Abdeckplatten

Teil- und Vollabdeckplatten sind so zu gründen und zu versetzen, dass sie in ihrer Lage gesichert sind und ungleichmäßige Setzungen, die zu Schäden führen können, vermieden werden. Abdeckplatten sind konstruktiv in ihrer Lage zu sichern.

3.2.1 Lastannahmen

- Eigengewicht
 Für die Lasten aus dem Eigengewicht der Grabmalteile sind, soweit keine ermittelten Werte vorliegen, die Lastannahmen nach EC 1 / DIN EN 1991-1-1 maßgeblich.
- Vertikale Personenbelastung
 Bei Teil- und Vollabdeckplatten ist eine charakteristische, vertikale Einzellast von 1 kN zu berücksichtigen, welche für den ungünstigsten Lastfall anzuordnen ist.

3.2.2 Nachweis der Biegebruchsicherheit

Jene Teile eines Grabmals, welche durch Wind- oder Personenlasten beansprucht werden, sind auf Biegebeanspruchung zu bemessen.

Nachweis: Biegezugfestigkeit / Teilsicherheitswert \geq Teilsicherheitswert \times Biegespannung

$$\beta_{BZ} / \gamma_m \geq \gamma_f \times \sigma_b$$

Bei Einhaltung folgender Bauteilabmessungen und einer Biegezugfestigkeit $\geq 10 \text{ N/mm}^2$ gilt der Nachweis der Biegebruchsicherheit als erbracht.

Plattendicke [cm]	Diagonalmaß [m]
4,0	$\leq 1,6$
5,0	$\leq 2,5$
6,0	$\leq 2,9$

3.3 Einfassung

Einfassungsteile sind so zu gründen und zu versetzen, dass sie in ihrer Lage gesichert sind und ungleichmäßige Setzungen, die zu Schäden führen können, vermieden werden. Die einzelnen Einfassungsteile sind an den Stößen konstruktiv (z.B. durch Langloch-Eckwinkel) zu verbinden.

3.3.1 Lastannahmen

- Eigengewicht
 Für die Lasten aus dem Eigengewicht der Grabmalteile sind, soweit keine ermittelten Werte vorliegen, die Lastannahmen nach EC 1 / DIN EN 1991-1-1 maßgeblich. Die Belastung durch eventuell darauf aufliegender Abdeckplatten ist zu berücksichtigen.
- Vertikale Personenbelastung
 Bei Einfassungsteilen ist eine charakteristische, vertikale Einzellast von 1 kN zu berücksichtigen, welche für den ungünstigsten Lastfall anzuordnen ist (i.d.R. in Bauteilmittelpunkt). Planmäßig begehbare Einfassungsteile sind gesondert zu bemessen und bedürfen erhöhter Lastannahmen nach EC 1.
- Horizontale Ersatzlast
 Zur Berücksichtigung von Erddruck, Frosteinwirkung und Verdichtungsdruck ist eine charakteristische, horizontale Ersatzlast mit 0,6 kN/m anzusetzen. Die horizontale Ersatzlast ist dabei nicht mit der vertikalen Personenbelastung zu überlagern.

3.3.2 Nachweis der Biegebruchsicherheit

Jene Teile eines Grabmals, welche durch Wind- oder Personenlasten beansprucht werden, sind auf Biegebeanspruchung zu bemessen. Bei Einfassungsteilen mit gleicher Dicke und Breite genügt der Nachweis des längsten Bauteils.

Nachweis: Biegezugfestigkeit / Teilsicherheitswert \geq Teilsicherheitswert \times Biegespannung

$$\beta_{BZ} / \gamma_m \geq \gamma_f \times \sigma_b$$

Bei Einhaltung folgender Abmessungen und Materialkennwerte gilt der Nachweis der Biegebruchsicherheit als erbracht:

- a) Grabmalanlagen ohne Abdeckplatten
 - Biegezugfestigkeit $\beta_{BZ} \geq 10 \text{ N/mm}^2$
 - Breite der Einfassungsteile $b_E \geq 0,06 \text{ m}$
 - Höhe der Einfassungsteile $h_E \geq 0,12 \text{ m}$
 - Länge der Einfassungsteile $l_E \leq 1,8 \text{ m}$

b) Grabmalanlagen mit Vollabdeckplatten

- *Biegezugfestigkeit $\beta_{BZ} \geq 10 \text{ N/mm}^2$*
- *Breite der Einfassungsteile $b_E \geq 0,12 \text{ m}$*
- *Höhe der Einfassungsteile $h_E \geq 0,15 \text{ m}$*
- *Länge der Einfassungsteile $l_E \leq 1,8 \text{ m}$*
- *Dicke der Abdeckplatte $d_A \leq 0,1 \text{ m}$*

Bei abweichenden Bauteilabmessungen oder Materialkennwerten ist ein Nachweis der Biegebruchsicherheit unter Berücksichtigung des ungünstigsten Lastfalls zu führen.

Bei planmäßig begehbaren Teilen sind die Anforderungen an die Trittsicherheit nach DGUV Regel 108-003 (bisher BGR 181) zu beachten.

3.4 Fugen zwischen Grabmalteilen

Stand-, Lager- und Stoßfugen sind schlagregensicher zu schließen, um die Bauteilanschlüsse gegen Verwitterungseinflüsse (z.B. anfallendes Oberflächenwasser) zu schützen. Dazu können beispielsweise elastische Fugendichtstoffe oder mineralische Fugenmörtel verwendet werden.

3.5 Gründung

Die Gründung einer Grabmalanlage kann durch Flach- oder Tiefgründungen erfolgen.

Bei Flachgründungen ist der Auftraggeber darauf hinzuweisen, dass es aufgrund der auf Friedhöfen üblichen Bodenverhältnisse und Setzungen im Grab zur Absenkung und daraus ggf. resultierender Schiefstellung der Grabmalanlage kommen kann. Auch eine frostsichere Ausführung der Flachgründung (Einbindetiefe > 80 cm) kann dies langfristig nicht verhindern. Soll das Risiko für Schiefstellungen minimiert werden, ist eine Tiefgründung erforderlich.

Falls bei Tiefgründungen die Tiefe der Grabsohle nicht festgestellt werden kann oder der ausführende Steinmetzbetrieb Bedenken gegen die vorgesehene Art der Ausführung, die Güte der gelieferten Baustoffe oder -teile oder die Leistungen anderer Unternehmer hat, ist die Friedhofsverwaltung unverzüglich und möglichst vor Beginn der Ausführung schriftlich in Kenntnis zu setzen.

Bereits vorhandene Fundamente können nach eingehender Überprüfung des Bauteilzustandes und der Fundamentabmessungen weiterverwendet werden, wenn die erforderlichen Baustoff- und Bauteileigenschaften für die zukünftige Nutzung gegeben sind.

3.5.1 Allgemeine Anforderungen

Die geotechnische Nachweisführung der Gründung erfolgt gemäß EC 7 / DIN EN 1997-1 in Verbindung mit DIN 1055.

Die Bemessung und Nachweisführung der Fundamentbauteile aus Stahlbeton erfolgt gemäß EC 2 / DIN EN 1992 in Verbindung mit DIN 1045-3. Abweichend zur DIN EN 1992 erfolgt die Regelausführung der Betonbauteile dabei unter Verwendung von Beton mit der Festigkeitsklasse $\geq C16/20$. Eine Ausführung der Fundamentbauteile aus Naturwerkstein ist ebenfalls möglich, wobei die Verankerung sowie die Biegebruchsicherheit der Fundamentbauteile gesondert nachzuweisen sind.

Die Abmessungen der Fundamente sind von den einwirkenden Belastungen durch die Grabmalanlage sowie von der zulässigen Bodenpressung der Gründungssohle abhängig.

3.5.2 Flachgründung

Flachgründungen bestehen aus Längs- oder Querstreifenfundamenten und werden jeweils als Ortbeton-Einzelfundamente oder aus Fertigteilfundamentplatten erstellt. Falls vorhanden, sind diese bis zu den tragfähigeren Grabflanken zu führen. Die Regelausführung bei Flachgründungen besteht aus Ortbeton-Längsstreifenfundamenten mit zentrischer Lagerung der aufliegenden Grabmalteile.

Weitere Flachgründungskonstruktionen sind gesondert statisch zu bemessen und nachzuweisen. Dies sind beispielsweise:

- Fertigteilfundamente
 Die Erstellung von Flachgründungen aus Fertigteilfundamenten aus Stahlbeton oder Naturstein erfolgt in Trockenmontage und unter Verwendung von lösbaren Befestigungselementen. Bei der Bemessung ist die Einhaltung der zulässigen Bodenpressung sicherzustellen. Fertigteilfundamente weisen in der Regel eine große Breite und eine geringe Dicke auf, weshalb sie zu bewehren sind.

– tragende Einfassung

Bei der tragenden (biegesteifen) Grabmaleinfassung werden die einzelnen Einfassungsteile zur Aufnahme des Kippmoments statisch aktiviert. Dazu sind die Eckverbindungen statisch zu bemessen und kraftschlüssig mit mind. zwei Dübeln pro Seite zu befestigen. Die üblicherweise verwendeten Langloch-Eckwinkel zur Fixierung der Grabmaleinfassung sind für diese Form der Lastabtragung nicht geeignet. Die Gründung kann aus vier an den Grabmalecken angeordneten Einzelfundamenten bestehen. Dabei ist die Einhaltung der zulässigen Bodenpressung sicherzustellen.

Die Voraussetzungen für den vereinfachten Nachweis in Regelfällen nach EC 7 / DIN 1054 (u.a. Entfall der Nachweise der bauwerksverträglichen Setzungen sowie Grundbruch- und Gleitsicherheit) sind i. d. R. bei Flachgründungen von Grabmalanlagen gegeben. Für Flachgründungen sind deshalb die Einhaltung der zulässigen Bodenpressung (Sohlwiderstand), die Gebrauchstauglichkeit (Nachweis der „klaffenden Fuge“) sowie die Erforderlichkeit einer Mindestbewehrung im Stahlbetonfundament nachzuweisen.

3.5.2.1 Nachweis der Bodenpressung

Für die Bemessung von Flachgründungen kann bei wiederverfüllten Böden und einer Verdichtung der Gründungssohle (z.B. durch Stampfen) eine zulässige, dimensionierte Bodenpressung (Sohlwiderstand) von $\delta_{rd} = 70 \text{ kN/m}^2$ zugrunde gelegt werden. Da der tatsächliche Sohlwiderstand in der Gründungsebene im Regelfall nicht maßgeblich darunterliegt, kann auf den geotechnischen Nachweis des Sohlwiderstandes verzichtet werden.

Nachweis: dimensionierter Sohlwiderstand \geq Teilsicherheitswert \times einwirkender Sohldruck

$$\delta_{rd} \geq \gamma_f \times \delta_{ek}$$

Zur Ermittlung des maximalen Sohldrucks kann eine geradlinige Spannungsverteilung unter Berücksichtigung der ungünstigsten Lastfallkombination angenommen werden. Aufgrund der ausmittigen Lage der Sohldruckresultierenden darf nur der durch die exzentrische Lasteinwirkung belastete Teil der Sohlfläche für die Lastabtragung in den Boden angesetzt werden.

3.5.2.2 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

a) Ständige Einwirkungen

Die ständigen Einwirkungen dürfen keine „klaffende Fuge“ zwischen Fundament und Erdreich hervorrufen, weshalb die Ausmitte der resultierenden Beanspruchung begrenzt wird.

Nachweis: Ausmitte der ständigen Beanspruchung \leq Fundamentbreite / 6

$$e_g \leq b_F / 6$$

b) Ständige und veränderliche Einwirkungen

Bei Kombination von ständigen und veränderten Einwirkungen darf die resultierende Beanspruchung eine „klaffende Fuge“ maximal bis zum Schwerpunkt der Sohlfläche hervorrufen, weshalb die Ausmitte der resultierenden Beanspruchung begrenzt wird.

Nachweis: Ausmitte der ständigen und veränderlichen Beanspruchung \leq Fundamentbreite / 3

$$e_{gq} \leq b_F / 3$$

3.5.2.3 Nachweis der Bewehrung

Streifen- und Einzelfundamentbauteile können nach EC 2 / DIN 1992-1-1 Abschnitt 12.9.3 in Kombination mit DIN 1992-1-1/NA unbewehrt ausgeführt werden, wenn folgende Nachweise erbracht werden:

$$\frac{h_F}{a} \geq 1$$

UND

$$\frac{0,85 \times h_F}{a} \geq \sqrt{\frac{3 \times \delta g d}{f_{ct,pl}}}$$

Falls der Nachweis nicht erbracht wird, ist das Stahlbetoneinzelfundament nach EC 2 / DIN 1992-1-1 zu bemessen und zu bewehren.

3.5.2.4 Einzelfundament längs

Für diese Gründungsart gelten folgende Mindestabmessungen des Fundamentbauteils:

- Fundamentbreite $b_F \geq 0,3 \text{ m}$
- Fundamenthöhe $h_F \geq 0,2 \text{ m}$
- Fundamentlänge $l_F \geq l_S$ (Fundament ist länger als der aufliegende Sockel)
- Bodenüberschüttung $\geq 0,1 \text{ m}$

Unter Verwendung nachfolgender Bemessungstabellen für die Fundamentabmessungen eines Längsstreifenfundamentes gelten die geforderten Nachweise (Bodenpressung, Gebrauchstauglichkeit, Bewehrung) als erbracht, wobei objektbezogene Berechnungen zu kleineren Fundamentabmessungen führen können.



Fundamentbreite b_F / Fundamenthöhe h_F		Fundamentlänge $l_F = 50$ cm								
Höhe [m] (Grabstein + Sockel)		Gewicht (Grabstein + Sockel) [kN]								
		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
0,4	0,45 / 0,2	0,4 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,4 / 0,2	-	-	-	-
0,5	0,5 / 0,2	0,45 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	-	-	-
0,6	0,5 / 0,3	0,45 / 0,3	0,45 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	-	-
0,7	0,7 / 0,35	0,65 / 0,3	0,6 / 0,3	0,55 / 0,25	0,55 / 0,25	0,55 / 0,25	0,55 / 0,25	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	-
0,8	0,7 / 0,35	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,7 / 0,35
0,9	0,7 / 0,45	0,7 / 0,35	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35
1	0,75 / 0,4	0,7 / 0,4	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35	0,75 / 0,4

Fundamentbreite b_F / Fundamenthöhe h_F		Fundamentlänge $l_F = 75$ cm										
Höhe [m] (Grabstein + Sockel)		Gewicht (Grabstein + Sockel) [kN]										
		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
0,4	0,4 / 0,2	0,35 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	-	-
0,5	0,45 / 0,2	0,4 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,4 / 0,2	-	-
0,6	0,45 / 0,25	0,45 / 0,2	0,4 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	-	-
0,7	0,55 / 0,4	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	-	-
0,8	0,65 / 0,35	0,6 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,55 / 0,3	-
0,9	0,7 / 0,4	0,6 / 0,35	0,6 / 0,35	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3
1	0,7 / 0,35	0,65 / 0,35	0,6 / 0,35	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3
1,1	0,7 / 0,35	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,6 / 0,35	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,65 / 0,35
1,2	0,7 / 0,4	0,7 / 0,35	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,7 / 0,35



Fundamentbreite b_F / Fundamenthöhe h_F		Fundamentlänge $l_F = 100$ cm											
		Gewicht (Grabstein + Sockel) [kN]											
Höhe [m] (Grabstein + Sockel)		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
0,4		0,35 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	-
0,5		0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2
0,6		0,4 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2
0,7		0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,45 / 0,25	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2
0,8		0,55 / 0,3	0,5 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2
0,9		0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,45 / 0,2	0,45 / 0,25	0,45 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25
1		0,6 / 0,3	0,55 / 0,35	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,5 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,55 / 0,3
1,1		0,6 / 0,35	0,6 / 0,3	0,55 / 0,35	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3
1,2		0,6 / 0,4	0,6 / 0,4	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3
1,3		0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3
1,4		0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,6 / 0,35	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3

Fundamentbreite b_F / Fundamenthöhe h_F		Fundamentlänge $l_F = 100$ cm										
		Gewicht (Grabstein + Sockel) [kN]										
Höhe [m] (Grabstein + Sockel)		7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12
0,7		0,45 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	-	-	-	-	-	-	-	-
0,8		0,45 / 0,2	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,55 / 0,3	-	-	-	-	-	-
0,9		0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	-	-	-	-
1		0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,65 / 0,35	-	-
1,1		0,55 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35
1,2		0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35	-
1,3		0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35	-	-
1,4		0,6 / 0,3	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35	0,7 / 0,35	-	-	-	-

Fundamentbreite b_F / Fundamenthöhe h_F		Fundamentlänge $l_F = 125$ cm											
		Gewicht (Grabstein + Sockel) [kN]											
Höhe [m] (Grabstein + Sockel)		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
0,4		0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2
0,5		0,35 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2
0,6		0,35 / 0,25	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2
0,7		0,45 / 0,3	0,45 / 0,25	0,45 / 0,25	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2
0,8		0,5 / 0,25	0,45 / 0,35	0,45 / 0,3	0,45 / 0,25	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2
0,9		0,55 / 0,35	0,5 / 0,3	0,5 / 0,3	0,5 / 0,3	0,45 / 0,3	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2
1		0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,5 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2
1,1		0,55 / 0,35	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,5 / 0,35	0,5 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25
1,2		0,6 / 0,3	0,55 / 0,4	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25
1,3		0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3
1,4		0,6 / 0,35	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3

Fundamentbreite b_F / Fundamenthöhe h_F		Fundamentlänge $l_F = 125$ cm										
		Gewicht (Grabstein + Sockel) [kN]										
Höhe [m] (Grabstein + Sockel)		7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12
0,7		0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	-	-	-	-	-	-	-
0,8		0,4 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	-	-	-	-	-	-
0,9		0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,5 / 0,25	-	-	-	-	-
1		0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	-	-	-	-
1,1		0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,6 / 0,3	-	-
1,2		0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	-
1,3		0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,65 / 0,35
1,4		0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3	0,65 / 0,35	0,65 / 0,35



Fundamentbreite b_F / Fundamenthöhe h_F		Fundamentlänge $l_F = 150$ cm											
		Gewicht (Grabstein + Sockel) [kN]											
Höhe [m] (Grabstein + Sockel)		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
0,4		0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2
0,5		0,35 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2
0,6		0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2
0,7		0,45 / 0,25	0,4 / 0,25	0,4 / 0,25	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2
0,8		0,45 / 0,3	0,45 / 0,25	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,4 / 0,25	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2
0,9		0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,45 / 0,3	0,45 / 0,25	0,45 / 0,25	0,45 / 0,25	0,4 / 0,25	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2
1		0,5 / 0,3	0,5 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,45 / 0,3	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2
1,1		0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,5 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,45 / 0,3	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2
1,2		0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,5 / 0,35	0,5 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25
1,3		0,55 / 0,4	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,35	0,55 / 0,3	0,5 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25
1,4		0,55 / 0,4	0,55 / 0,35	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25

Fundamentbreite b_F / Fundamenthöhe h_F		Fundamentlänge $l_F = 150$ cm										
		Gewicht (Grabstein + Sockel) [kN]										
Höhe [m] (Grabstein + Sockel)		7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12
0,7		0,35 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	-	-	-	-	-
0,8		0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,45 / 0,2	-	-	-
0,9		0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	-	-
1		0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,5 / 0,25	-
1,1		0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25
1,2		0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3
1,3		0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,6 / 0,3
1,4		0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,6 / 0,3	0,6 / 0,3



Fundamentbreite b_F / Fundamenthöhe h_F		Fundamentlänge $l_F = 175$ cm											
		Gewicht (Grabstein + Sockel) [kN]											
Höhe [m] (Grabstein + Sockel)		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
0,4		0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2
0,5		0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2
0,6		0,35 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2
0,7		0,4 / 0,3	0,4 / 0,25	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2
0,8		0,45 / 0,25	0,45 / 0,2	0,4 / 0,3	0,4 / 0,25	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2
0,9		0,45 / 0,3	0,45 / 0,25	0,45 / 0,25	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,4 / 0,25	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2
1		0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,45 / 0,3	0,45 / 0,25	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2
1,1		0,5 / 0,3	0,5 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,45 / 0,25	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2
1,2		0,55 / 0,3	0,5 / 0,35	0,5 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2
1,3		0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,5 / 0,35	0,5 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25
1,4		0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25

Fundamentbreite b_F / Fundamenthöhe h_F		Fundamentlänge $l_F = 175$ cm										
		Gewicht (Grabstein + Sockel) [kN]										
Höhe [m] (Grabstein + Sockel)		7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12
0,7		0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	-	-	-	-	-
0,8		0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	-	-
0,9		0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,45 / 0,2	-
1		0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2
1,1		0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2
1,2		0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25
1,3		0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25
1,4		0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3

Fundamentbreite b_F / Fundamenthöhe h_F		Fundamentlänge $l_F = 200$ cm											
		Gewicht (Grabstein + Sockel) [kN]											
Höhe [m] (Grabstein + Sockel)		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
0,4		0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2
0,5		0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2
0,6		0,35 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2	0,3 / 0,2
0,7		0,4 / 0,25	0,4 / 0,25	0,4 / 0,2	0,3 / 0,3	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2
0,8		0,45 / 0,2	0,4 / 0,3	0,4 / 0,25	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,35 / 0,25	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2
0,9		0,45 / 0,25	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,4 / 0,3	0,4 / 0,25	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2
1		0,5 / 0,25	0,45 / 0,3	0,45 / 0,25	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,4 / 0,3	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2
1,1		0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,45 / 0,3	0,45 / 0,25	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2
1,2		0,5 / 0,3	0,5 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,45 / 0,25	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2
1,3		0,55 / 0,3	0,5 / 0,3	0,5 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25
1,4		0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,55 / 0,3	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25

Fundamentbreite b_F / Fundamenthöhe h_F		Fundamentlänge $l_F = 200$ cm										
		Gewicht (Grabstein + Sockel) [kN]										
Höhe [m] (Grabstein + Sockel)		7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12
0,7		0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2
0,8		0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,35 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2
0,9		0,35 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2
1		0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2
1,1		0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,4 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2
1,2		0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2	0,45 / 0,2
1,3		0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25
1,4		0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25	0,5 / 0,25

3.5.3 Tiefgründung

Tiefgründungen bestehen aus mehreren Pfählen (Ortbeton-Bohrpfähle oder Fertigteil-Ramm-
 pfähle). Zur Aussteifung und Lastverteilung in die Konstruktion ist ein Brückenkopf vorzusehen,
 welcher statisch als Einfeldträger zu bemessen ist. Die Lastabtragung in das Erdreich erfolgt
 über Spitzendruck in den unter der Grabsohle gelegenen, gewachsenen Boden.

Für die Bemessung von Tiefgründungen kann ein zulässiger Sohlwiderstand von 250 kN/m²
 zugrunde gelegt werden.

Planungs- und Ausführungsvorgaben sind in Anlehnung an DIN EN 14199 zu berücksichtigen.

Folgende Mindestkriterien in Bezug auf Materialkennwerte und Abmessungen sind bei einer
 Tiefgründung einzuhalten:

- Anzahl Bohrpfähle unter Grabstein ≥ 2 Stück (Einbindung in den gewachsenen Boden)
- Betonfestigkeitsklasse $\geq C16/20$
- Bohrpfahldurchmesser $d_B \geq 15$ cm
- Längsbewehrung im Brückenkopf $A_{s,min} \geq 2 \text{ } \varnothing 6$ mm
- Einbindelänge der Bohrpfahlbewehrung in den Brückenkopf $l_{E,b} \geq 10$ cm
- Anzahl der Längsbewehrungsstäbe im Bohrpfahl ≥ 1 Stück
- Dimensionierung der Längsbewehrung im Bohrpfahl nach folgender Tabelle:

Pfahldurchmesser [cm]	Durchmesser Bewehrungsstab [mm]
15	≥ 10
17,5	≥ 12
20	≥ 14
22,5	≥ 16
25	≥ 18

Die Berechnung der Mindestlängsbewehrung erfolgt dabei in Abhängigkeit des Pfahlquer-
 schnitts durch folgende Gleichung (in Anlehnung an EC 2 / DIN EN 1991-1-1):

$$A_{s, \min} \geq 0,005 \times A_c$$

Zur Verminderung des Absenkrisikos aufgrund von Grabsenkungen oder Aushub von Nach-
 bargräbern sind Tiefgründungen zu empfehlen.

4. Literaturhinweise

DGUV Regel 108-003

Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr, BG BAU

DIN 1045-3

Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung - Anwendungsregeln zu DIN EN 13670

DIN 1055-2

Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngößen

DIN 18516-3

Außenwandbekleidungen, hinterlüftet – Teil 3: Naturwerkstein; Anforderungen, Bemessung

DIN EN 998-2

Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau – Teil 2: Mauermörtel

DIN EN 1990 (EC 0)

Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung

DIN EN 1990/NA

Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter – Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung

DIN EN 1991-1-1 (EC 1)

Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau

DIN EN 1991-1-1/NA

Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau

DIN EN 1991-1-4

Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten

DIN EN 1992-1-1 (EC 2)

Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

DIN EN 1992-1-1/NA

Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter – Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

DIN EN 1997-1 (EC 7)

Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln



BUNDESVERBAND
DEUTSCHER
STEINMETZE

DIN EN 1997-1/NA

Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln

DIN EN 14199

Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Mikropfähle

VSG 4.7

Unfallverhütungsvorschrift „Friedhöfe und Krematorien“, Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau

.



Die vorliegende BIV-Richtlinie wurde vom Arbeitskreis Grabmal in Zusammenarbeit mit der Technischen Informationsstelle des Bundesverbandes Deutscher Steinmetze erstellt und basiert auf langjährigen Erfahrungen aus der Praxis.

Die hier gegebenen Informationen dienen Planung und Ausführung.

Eine Haftung wird ausgeschlossen.

Der BIV behält sich alle Rechte an Nachdruck und Übersetzung vor.

Bundesverband Deutscher Steinmetze
Weißkirchener Weg 16
60439 Frankfurt am Main
TEL.: 069 - 57 60 98 FAX: 069 - 57 60 90
info@biv-steinmetz.de www.bivsteinmetz.de



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Anhang – Beispielbemessung einer Grabmalanlage (informativ)

1. Angaben

a) Vorgaben

- Abgerundetes Einzelgrab auf einem Sockel
- Gründung auf Ortbeton-Einzelfundament
- 3 Einfassungsteile sowie eine vollflächige Abdeckplatte
- Verankerung mit eingemörteltem Betonstabstahl
- Keine planmäßige Schiefstellung des Grabmals
- Mittige Positionierung des Grabmals auf dem Fundament
- Abmessungen:
 - I. Grabmal
Größte Höhe $h_G = 1,1$ m / größte Breite $b_G = 0,6$ m / Dicke $d_G = 0,16$ m
 - II. Sockel
Länge $l_S = 0,8$ m / Breite $b_S = 0,25$ m / Höhe $h_S = 0,2$ m
 - III. Gewählte Fundamentmaße
Länge $l_F = 1,2$ m / Breite $b_F = 0,55$ m / Höhe $h_F = 0,2$ m
 - IV. Längstes Einfassungsteil
Länge $l_E = 1,55$ m / Breite $b_E = 0,1$ m / Höhe $h_E = 0,16$ m
 - V. Abdeckplatte
Länge $l_A = 1,55$ m / Breite $b_A = 0,8$ m / Dicke $d_A = 0,06$ m
- Formfaktor Grabstein $f_G = 0,8$
- Wichte des gewählten Natursteins $\gamma_N = 28$ kN/m³
- Wichte Beton $\gamma_B = 24$ kN/m³
- Biegezugfestigkeit des gewählten Natursteins $\beta_{BZ} = 15$ N/mm²
- Dimensionierte Zugfestigkeit des Betons C16/20 $f_{ct, pl} = 6,07$ MN/m²
- Zulässige Verbundspannung Verankerung **zul.** $T_{RD} = 0,15$ kN/cm²
- Zulässiger Sohlwiderstand $\delta_{rd} = 70$ kN/cm²

b) Vorberechnungen:

I. Gewicht Grabstein

$$\mathbf{G_{GS}} = h_G \times b_G \times d_G \times \gamma_N \times f_G = 1,1 \times 0,6 \times 0,16 \times 28 \times 0,8 = 2,37 \text{ kN}$$

II. Gewicht Sockel

$$\mathbf{G_{SO}} = l_s \times b_s \times h_s \times \gamma_N = 0,8 \times 0,25 \times 0,2 \times 28 = 1,12 \text{ kN}$$

III. Gewicht Fundament

$$\mathbf{G_F} = l_F \times b_F \times h_F \times \gamma_B = 1,2 \times 0,55 \times 0,2 \times 24 = 3,17 \text{ kN}$$

IV. Gewicht Grabmal

$$\mathbf{G_{GM}} = G_{SO} + G_{GS} + G_F = 2,37 + 1,12 + 3,17 = 6,66 \text{ kN}$$

V. Gewicht Einfassungsteil

$$\mathbf{G_E} = l_E \times b_E \times h_E \times \gamma_N = 1,55 \times 0,1 \times 0,16 \times 28 = 0,69 \text{ kN}$$

VI. Gewicht Abdeckplatte

$$\mathbf{G_A} = l_A \times b_A \times d_A \times \gamma_N = 1,55 \times 0,8 \times 0,06 \times 28 = 2,08 \text{ kN}$$

2. Grabmalbemessung

2.1. Nachweis der Kippsicherheit

Nachweis: $M_S / \gamma_m \geq \gamma_Q \times M_K$

- Bei der Berechnung des Standmoments M_S ist eine Schiefstellung von 5 % (= $h_G/20$) zu beachten

$$- \mathbf{M_S} = (G_{GS} \times e_{GS}) - (G_{GS} \times h_G/20)$$

mit:

M_S	auf Sockel wirkendes Standmoment	[kNm]
G_{GS}	Gewicht Grabstein	[kN]
e_{GS}	$d_G/2$ (Abstand des Grabsteinschwerpunktes von der Kippkante)	[m]
h_G	Höhe Grabstein	[m]

$$- \mathbf{M_S} = (2,36 \times 0,16/2) - (2,36 \times 1,1/20)$$

$$= 0,059 \text{ kNm}$$

$$- \mathbf{M_k} = H \times h_h$$

mit:

M_k	auf Sockel wirkendes Kippmoment	[kNm]
H	veränderliche Horizontalkraft	[kN]
h_{HG}	Lastangriffshöhe Grabstein (der kleinere Wert: Grabsteinhöhe h_G – Sockelhöhe h_S ODER 1,2 m)	[m]

$$- \mathbf{M_k} = 0,5 \times (1,1 - 0,2)$$

$$= 0,45 \text{ kNm}$$

$$- \text{Forderung: } 0,059 / 1,8 \geq 1,5 \times 0,45$$

$$\mathbf{0,033 \text{ kNm} \geq 0,675 \text{ kNm}}$$

→ Nachweis nicht erbracht, Verankerung nötig!

2.2. Nachweis der Lagesicherheit

2.2.1. Grabstein – Sockel

Nachweis: $(G_{GS} \times \mu) / \gamma_m \geq \gamma_Q \times H$

mit	γ_Q	Sicherheitsbeiwert			
	μ	Reibbeiwert			[-]
	H	Horizontalkraft			[-]
					[kN]

Forderung:	$(2,36 \times 1) / 1,8$	\geq	$1,5 \times 0,5$
	1,31 kN	\geq	0,75 kN

→ Nachweis erbracht

2.2.2. Sockel – Fundament

Nachweis: $((G_{GS} + G_{SO}) \times \mu) / \gamma_m \geq \gamma_Q \times H$

mit	γ_Q	Sicherheitsbeiwert			
	μ	Reibbeiwert			[-]
	H	Horizontalkraft			[-]
					[kN]

Forderung:	$((2,36 + 1,12) \times 0,5) / 1,8$	\geq	$1,5 \times 0,5$
	0,97 kN	\geq	0,75 kN

→ Nachweis erbracht

2.3. Nachweis der Biegebruchsicherheit

Nachweis: $\beta_{BZ} / \gamma_m \geq \gamma_f \times \delta_b$

mit:

β_{BZ}	Biegezugfestigkeit des gewählten Natursteins	[kN/cm ²]
δ_b	auftretende Biegespannung	[kN/cm ²]

$$- \delta_b = \frac{M_k}{W}$$

mit:

M_k	Kippmoment	[kNcm]
W	$= \frac{b \times d^2}{6}$ (Widerstandsmoment)	[cm ³]
b	Breite Grabstein	[cm]
d	Dicke Grabstein	[cm]

$$- \delta_b = \frac{45}{\frac{60 \times 16^2}{6}}$$

$$= 0,0176 \text{ kN/cm}^2$$

$$- \text{Forderung: } 1,5 / 1,8 \geq 1,5 \times 0,0176$$

$$\mathbf{0,83 \text{ kN/cm}^2 \geq 0,0264 \text{ kN/cm}^2}$$

→ Nachweis erbracht

2.4. Verankerung

Wenn die Kippsicherheit nach Abschnitt 2.1 und/oder 2.2 nicht gegeben ist, ist das Grabmal durch den Sockel mit dem Fundament zu verankern. Die Verankerung ist auf Basis des Restkippmoments zu dimensionieren, welches durch die Dübelzugkraft in das Fundament weiterführt wird.

$$- \mathbf{M}_R = (\gamma_f \times M_k) - (M_s / \gamma_m)$$

$$- \mathbf{M}_R = (1,5 \times 0,45) - (0,059 / 1,8)$$

$$= 0,642 \text{ kNm}$$

$$- \mathbf{Z}_D = M_R / x$$

mit:

$$\mathbf{Z}_D = \text{Dübelzugkraft} \quad [\text{kN}]$$

$$x = b_G / 2 \quad [\text{m}]$$

(Abstand des Grabsteinschwerpunktes von der Kippkante)

$$- \mathbf{Z}_D = 0,642 / 0,08$$

$$= 8,03 \text{ kN}$$

– Maßgebend für die Übertragung der Zugkraft Z_D ist der Verbund Dübel – Mörtel sowie Mörtel – Naturstein. Die benötigte Verbundfläche ist dabei abhängig von der zu übertragenden Zugkraft.

$$- \text{erf. } \mathbf{A} = Z_D / \text{zul. } T_{RD}$$

mit:

$$\text{erf. } \mathbf{A} \quad \text{erforderliche Verbundoberfläche} \quad [\text{cm}^2]$$

$$\text{zul. } T_{RD} \quad \text{zulässige Verbundspannung} \quad [\text{kN/cm}^2]$$

$$- \text{erf. } \mathbf{A} = 8,03 / 0,15$$

$$= 53,53 \text{ cm}^2$$

– Die Ermittlung der Einbindelänge in den Grabstein und das Fundament erfolgt nun bei Berechnung mit verschiedenen Dübeldurchmessern

$$- \text{erf. } \mathbf{l} = \frac{\text{erf. } \mathbf{A}}{d \times \pi} \times 10$$

mit:

$$\text{erf. } \mathbf{l} \quad \text{erforderliche Einbindelänge} \quad [\text{cm}]$$

$$d \quad \text{Dübeldurchmesser} \quad [\text{mm}]$$

- Dübeldurchmesser \varnothing 10 mm

$$\text{erf. } l = \frac{53,53}{10 \times \pi} \times 10 = 17,04 \text{ cm}$$

- Dübeldurchmesser \varnothing 12 mm

$$\text{erf. } l = \frac{53,53}{12 \times \pi} \times 10 = 14,20 \text{ cm}$$

- Dübeldurchmesser \varnothing 14 mm

$$\text{erf. } l = \frac{53,53}{14 \times \pi} \times 10 = 12,17 \text{ cm}$$

- Dübeldurchmesser \varnothing 16 mm

$$\text{erf. } l = \frac{53,53}{16 \times \pi} \times 10 = 10,65 \text{ cm}$$

- Unter Beachtung der Mindesteinbindelänge $l \geq 10$ cm wird für die Verankerung ein profilierter Betonstabstahl mit einem Durchmesser \varnothing 14 mm und einer Einbindelänge von $l = 12,5$ cm in den Grabstein sowie in das Fundament gewählt.

3. Abdeckplatte

Bei der Bemessung einer Abdeckplatte kann von einer einachsigen gespannten Platte, aufgelegt auf den Einspannungsteilen längs zum Grabstein, ausgegangen werden. Für den Nachweis der Biegebruchsicherheit ist das maximale Biegemoment zu berücksichtigen. Die Belastung besteht sowohl aus der Nutzlast (Personenbelastung) als auch aus dem Eigengewicht der Abdeckplatte.

- **Nachweis:** $\beta_{BZ} / \gamma_m \geq \gamma_f \times \delta_b$

mit:

β_{BZ}	Biegezugfestigkeit des gewählten Natursteins	[kN/cm ²]
δ_b	auftretende Biegespannung	[kN/cm ²]

- $\delta_b = \frac{6 \times m}{d^2}$

mit:

m_{ed}	dimensioniertes, maximales Flächenmoment	[kNcm/cm]
d_A	Dicke Abdeckplatte	[cm]

- Für die Ermittlung des maximalen Biegemoments wird die Personenlast als ungünstigster Lastfall in Trägermitte angeordnet. Die Eigenlasten sind über die gesamte Bauteillänge verteilt.

- $m_{ed} = (\gamma_f \times M_{g,A} + \gamma_f \times M_Q) / b_A$

mit:

$M_{g,A}$	Biegemoment aus ständiger Eigenlast der Abdeckplatte	[kNcm]
M_Q	Biegemoment aus veränderlicher Personenlast	[kNcm]
b_A	Breite der Abdeckplatte	[cm]

- $M_{g,A} = (100 \times G_A \times l_A) / 8$
 $= (100 \times 2,08 \times 1,55) / 8$
 $= 40,3 \text{ kNcm}$

- $M_Q = (100 \times P \times l_E) / 4$
 $= (100 \times 1 \times 1,55) / 4$
 $= 38,75 \text{ kNcm}$

- $m_{ed} = (1,35 \times 40,3 + 1,5 \times 38,75) / 80$
 $= 1,41 \text{ kNcm/cm}$



$$\begin{aligned} - \quad \delta_b &= \frac{6 \times 1,41}{6^2} \\ &= 0,235 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \quad \text{Forderung:} \quad & 1,5 / 1,8 \quad \geq \quad 0,235 \\ & \mathbf{0,83 \text{ kN/cm}^2} \quad \geq \quad \mathbf{0,235 \text{ kN/cm}^2} \end{aligned}$$

→ **Nachweis erbracht**

4. Einfassung

Bei mehreren Einfassungsteilen ist nur das längste Teil im ungünstigsten Lastfall als Träger auf zwei Auflagern anzuordnen. Für den Nachweis der Biegebruchsicherheit ist das maximale Biegemoment zu berücksichtigen.

a) Vertikale Belastung

- Die vertikale Belastung besteht sowohl aus der Nutzlast (Personenbelastung) als auch aus dem Eigengewicht des Einfassungsteils sowie der halben Eigenlast der darauf liegenden Abdeckplatte.

- **Nachweis:** $\beta_{BZ} / \gamma_m \geq \gamma_f \times \delta_b$

mit:

β_{BZ}	Biegezugfestigkeit des gewählten Natursteins	[kN/cm ²]
δ_b	auftretende Biegespannung	[kN/cm ²]

- $\delta_b = \frac{M}{W}$

mit:

$M_{ges, d}$	dimensioniertes, maximales Biegemoment	[kNcm]
W	$= \frac{b \times h^2}{6}$ (Widerstandsmoment)	[cm ³]
b	Breite Einfassungsteil	[cm]
h	Höhe Einfassungsteil	[cm]

- Für die Ermittlung des maximalen Biegemoments wird die Personenlast als ungünstigster Lastfall in Trägermitte angeordnet. Die Eigenlasten sind über die gesamte Bauteillänge verteilt.

- $M_{ges, d} = \gamma_f \times M_{g,E} + \gamma_f \times M_{g,A} + \gamma_f \times M_Q$

mit:

$M_{g, E}$	Biegemoment aus ständiger Eigenlast der Einfassung	[kNcm]
$M_{g, A}$	Biegemoment aus ständiger Eigenlast der Abdeckplatte	[kNcm]
M_Q	Biegemoment aus veränderlicher Personenlast	[kNcm]

- $M_{g, E} = (100 \times G_E \times l_E) / 8$
 $= (100 \times 0,69 \times 1,55) / 8$
 $= 13,37 \text{ kNcm}$

- $M_{g, A} = (100 \times G_A \times l_A) / 16$
 $= (100 \times 2,08 \times 1,55) / 16$
 $= 20,15 \text{ kNcm}$
- $M_Q = (100 \times P \times l_E) / 4$
 $= (100 \times 1 \times 1,55) / 4$
 $= 38,75 \text{ kNcm}$
- $M_{ges} = 1,35 \times 13,37 + 1,35 \times 20,15 + 1,5 \times 38,75$
 $= 103,38 \text{ kNcm}$
- $\delta_b = \frac{103,38}{\frac{10 \times 16^2}{6}}$
 $= 0,242 \text{ kN/cm}^2$
- Forderung: $1,5 / 1,8 \geq 0,242$
 $0,83 \text{ kN/cm}^2 \geq 0,242 \text{ kN/cm}^2$

→ **Nachweis erbracht**

b) Horizontale Belastung

- Zur Berücksichtigung von Erddruck, Frosteinwirkung und Verdichtungsdruck ist eine horizontale Ersatzlast $q_H = 0,6 \text{ kN/m}$ anzusetzen.
- **Nachweis: $\beta_{BZ} / \gamma_m \geq \gamma_f \times \delta_b$**

mit:

β_{BZ}	Biegezugfestigkeit des gewählten Natursteins	[kN/cm ²]
δ_b	auftretende Biegespannung	[kN/cm ²]

– $\delta_b = \frac{M}{W}$

mit:

M_{ges}	maximales Biegemoment	[kNcm]
W	$= \frac{h \times b^2}{6}$ (Widerstandsmoment)	[cm ³]
b_E	Breite Einfassungsteil	[cm]
h_E	Höhe Einfassungsteil	[cm]

$$\begin{aligned} - \quad M_{q, H} &= (100 \times q_H \times l_E^2) / 8 \\ &= (100 \times 0,6 \times 1,55^2) / 8 \\ &= 18,02 \text{ kNcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \quad \delta_b &= \frac{18,02}{\frac{16 \times 10^2}{6}} \\ &= 0,067 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \quad \text{Forderung:} \quad 1,5 / 1,8 &\geq 1,5 \times 0,067 \\ \mathbf{0,83 \text{ kN/cm}^2} &\geq \mathbf{0,1 \text{ kN/cm}^2} \end{aligned}$$

→ Nachweis erbracht

5. Gründung

5.1 Nachweis der Bodenpressung

- **Nachweis:** $\delta_{rd} \geq \gamma_f \times \delta_{ek}$

mit:

δ_{rd} zulässiger Sohlwiderstand [kN/m²]

δ_{ek} aus mehreren Einwirkungen resultierender Sohldruck [kN/m²]

- $\delta_{ek} = \frac{2 \times G_{GM}}{3 \times c \times l}$

mit:

G_{GM} Gesamtgewicht aus Grabstein, Sockel und Fundament [kN]

l_F Fundamentlänge [m]

c Abstand Lastschwerpunkt zum Rand [m]

$$= (b_F / 2) - e_{gq}$$

e_{gq} Abstand Lastschwerpunkt zum Mittelpunkt unter Berücksichtigung ständiger und veränderlicher Belastung [m]

$$= (M_{kf} / G_{GM}) + (M_{sf} / G_{GM})$$

M_{kf} auf Fundament wirkendes Kippmoment [kNm]

M_{sf} auf Fundament wirkendes Moment durch Schiefstellung [kNm]

h_{HF} Lastangriffshöhe Fundament [m]

(der kleinere Wert: Grabsteinhöhe h_G + Sockelhöhe h_S **ODER** 1,2 m)

h_F Fundamenthöhe [m]

- $M_{kf} = (h_H + h_F) \times H$
 $= (1,2 + 0,2) \times 0,5$
 $= 0,7 \text{ kNm}$

- $M_{sf} = G_{GM} \times (h_G + h_S + h_F) / 20$
 $= 6,66 \times (1,1 + 0,2 + 0,2) / 20$
 $= 0,5 \text{ kNm}$

- $e_{gq} = (0,7 / 6,66) + (0,5 / 6,66)$
 $= 0,18 \text{ m}$

- $c = (0,55 / 2) - 0,18$
 $= 0,1 \text{ m}$

$$- \delta_{ek} = \frac{2 \times 7,45}{3 \times 0,1 \times 1,2}$$

$$= 41,39 \text{ kN/m}^2$$

$$- \text{Forderung: } 70 \geq 1,35 \times 41,39$$

$$\mathbf{70 \text{ kN/m}^2 \geq 55,88 \text{ kN/m}^2}$$

→ **Nachweis erbracht**

5.2 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

a) Ständige Belastung

- Die Ausmittigkeit e_g , hervorgerufen durch ständige Belastung, resultiert durch eine mögliche Schiefstellung des Grabmals. Planmäßige Schiefstellungen oder ausmittige Positionierung des Grabmals auf dem Fundament sind ggf. zusätzlich zu berücksichtigen.

– **Nachweis: $e_{gp} \leq b_F / 6$**

mit:

$$e_{gp} \quad \text{Abstand Lastschwerpunkt zum Mittelpunkt unter}$$

$$\text{Berücksichtigung ständiger Belastung} \quad [m]$$

$$= M_{sf} / G_{GM}$$

$$b_F \quad \text{Fundamentbreite} \quad [m]$$

$$- \mathbf{M_{sf}} = G_{GM} \times (h_G + h_S + h_F) / 20$$

$$= 6,66 \times (1,1 + 0,2 + 0,2) / 20$$

$$= 0,5 \text{ kNm}$$

$$- \mathbf{e_{gp}} = (0,5 / 6,66)$$

$$= 0,075 \text{ m}$$

$$- \text{Forderung: } 0,075 \leq 0,55 / 6$$

$$\mathbf{0,075 \text{ m} \leq 0,092 \text{ m}}$$

→ **Nachweis erbracht**

b) Ständige und veränderliche Belastung

- Die Ausmittigkeit e_{qg} , hervorgerufen durch ständige und veränderliche Belastungen, resultiert aus einer möglichen Schiefstellung des Grabmals sowie der veränderlichen Horizontallast. Planmäßige Schiefstellungen oder ausmittige Positionierung des Grabmals auf dem Fundament sind ggf. zusätzlich zu berücksichtigen.

– **Nachweis: $e_{gq} \leq b_F / 3$**

mit:

e_{gq} Abstand Lastschwerpunkt zum Mittelpunkt unter Berücksichtigung ständiger und veränderlicher Belastung [m]
 $= (M_{kf} / G_{GM}) + (M_{sf} / G_{GM})$

b_F Fundamentbreite [m]

M_{kf} auf Fundament wirkendes Kippmoment [kNm]

M_{sf} auf Fundament wirkendes Moment durch Schiefstellung [kNm]

– $e_{gq} = 0,18 \text{ m}$ (s. Abschnitt 5.1)

– Forderung: $0,18 \leq 0,55 / 3$
 $0,18 \text{ m} \leq 0,183 \text{ m}$

→ **Nachweis erbracht**

5.3 Nachweis der Bewehrung

– In unbewehrten Fundamentbauteilen ist durch eine ausreichende Betonzugfestigkeit sicherzustellen, dass die Einwirkungen (Vertikallast, Kippmoment) in das Erdreich abgeleitet werden können. Neben der Betonzugfestigkeit ist die Fundamentalschlankheit (Verhältnis Höhe – Überstand über aufgehende Bauteile) maßgebend für die Lastabtragung.

– **Nachweis: $\frac{0,85 \times h_F}{a} \geq \sqrt{\frac{3 \times \delta_{ed}}{f_{ct,pl}}}$ und $\frac{h_F}{a} \geq 1$**

mit: h_F Höhe des Fundamentes [m]

a Überstand Fundament über Sockel [m]
 $= (b_F - b_S) / 2$

δ_{ed} dimensionierter, maximaler Sohldruck [MN/m²]

$f_{ct,pl}$ dimensionierte Biegezugfestigkeit des Betons [MN/m²]

– Forderung: $\frac{0,85 \times 0,20}{0,15} \geq \sqrt{\frac{3 \times 0,056}{6,07}}$ und $\frac{0,20}{0,15} \geq 1$
 $1,13 \geq 0,17$ und $1,33 \geq 1$

→ **Nachweis erbracht**