

Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. C. Könke

MFA Weimar
Coudraystraße 9
99423 Weimar

Abteilung: Werkstoff-, Verfahrens- und Bauteilentwicklung

Paul Malsch, M.Sc

Abteilungsleiter: Dr.-Ing. M. Berndt

Tel. +49 3643 / 564 106
Fax +49 3643 / 564 201
paul.malsch@mfa.de

Prüfbericht Nr. B 48.24.023.04

Auftrag: Horizontale Druckprüfung an drei Grabsteinen mit Anker

Auftraggeber (AG): Thüringer Grabmale und Natursteine
Sulzaer Straße 1-5, 99510 Apolda

Auftrag vom: 04.06.2024

Auftragsnummer: 48.24.023

Bearbeitungszeitraum: 04.-14.06.2024

Probenmaterial: Naturstein-Grabmale
Meisterdübel für 80 cm, 100 cm und 150 cm Steinhöhe

Normative Verweisungen: Technische Anleitung zur Standsicherheit von Grabmalanlagen
(TA Grabmal 2019)

Im Auftrag

Weimar,
11.07.2024

Dr.-Ing. Sandro Weisheit
Leiter AG47



gez. Paul Malsch, M.Sc
Bearbeiter

1 Auftrag

Die Thüringer Grabmale und Natursteine, Apolda, erteilte am 04.06.2024 der MFA Weimar den Auftrag eine horizontale Druckprüfung nach TA Grabmal 2019 an drei Grabsteinen durchzuführen. Durch die Druckprüfung sollte der Nachweis auf Kippsicherheit der Grabsteine erbracht werden.

2 Prüfkörperklassifizierung

Von der Thüringer Grabmale und Natursteine wurde eine Fundamentplatte aus Beton mit vormontierten Sockeln und Edelstahl-Dübeln sowie vier Grabsteine aus Naturstein angeliefert. Die Höhen der Steine betragen 2 x 80 cm, 1 x 100 cm sowie 1 x 150 cm.

Entsprechend der Steinhöhe variieren die Abmessungen der verbauten Dübel. Bild 1 und 2 zeigen die angelieferten bzw. bereits verbauten Dübel und deren Herstellerbezeichnung und benennen die geprüften Grabmale (Grabstein, Sockel/Fundament und Dübel) mit einer fortlaufenden Nummerierung. Die Dübel setzen sich aus Schaft mit Innengewinde, Dübel-Bolzen und Dübel-Hülse zusammen. Zur Montage wird zunächst die Gewindestange in das Fundament einbetoniert. Im Anschluss wird der Sockel auf die Gewindestange aufgesetzt und der Dübel-Bolzen verschraubt. Die Dübel-Hülse wird in den Grabstein eingebracht, sodass der Grabstein bzw. die Hülse auf den Dübel-Bolzen aufgesteckt werden kann.

Auf den „16er“-Dübel wurde ein 80 cm hoher, scheibenartiger (Breite = 90 cm) Grabstein gesetzt (Grabmal 1). Der „20“-er-Dübel sollte mit einem 100 cm hohen, säulenartigen Grabstein geprüft werden (Grabmal 2), während ein 150 cm hoher, ebenfalls säulenartiger Grabstein auf den „25-er“-Dübel gesetzt wurde (Grabmal 3). Die Grabmale stehen „Stein-auf-Stein“, ohne Standfugen. Lediglich für Grabmal 3 wurde zusätzlich eine Standfuge auf Zementbasis ausgebildet. Zur Ausrichtung besitzen die Dübel der Grabmale stets ein wenig Lochspiel. Bild 3 und Bild 4 stellen die Anliefersituation und die Montage der Grabmale exemplarisch dar. Für eine bessere Übersicht zeigen Bilder 5 und 6 die Positionierung der gelieferten Grabsteine und die zugehörigen Grabmal-Nummern. Die Tiefen der Grabsteine in den Aufstandsfugen mit den mittig gesetzten Dübeln betragen:

- Grabstein 1: H=80 cm, T= 12 cm
- Grabstein 2: H=100 cm, T= 14 cm
- Grabstein 3: H=150 cm, T= 25 cm



Bild 1: Zu prüfende Dübel



Bild 2: Fundamentplatte mit Sockeln und montierten Anker/ Dübeln



Bild 3: Anliefersituation der Grabmale



Bild 4: Standfuge aus Zementmörtel für Grabmal 3



Bild 5: Aufgestellte Grabmale 1, 2, 3 (Fundament, Sockel, Dübel und Grabstein)



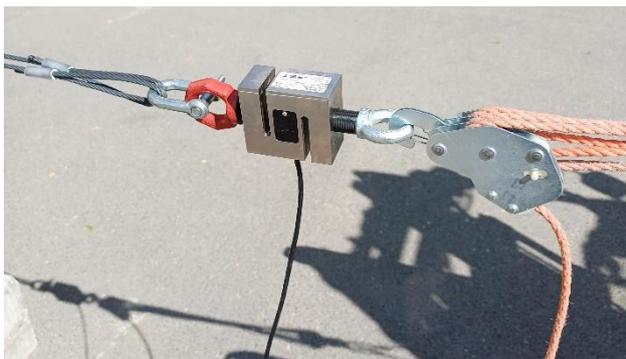
Bild 6: Aufgestellte Grabmale 1, 2 (Fundament, Sockel, Dübel und Grabstein)

3 Prüfungen

Die Prüfungen zum Nachweis der Kippsicherheit nach TA-Grabmal 2019 erfolgten am 11.06.2024. Nach der Nullmessung wurde zunächst eine horizontale Prüflast $F_1 = 0,5 \text{ kN}$ auf Maximalhöhe des jeweiligen Dübels aufgebracht und die Kopfverschiebung gemessen. Dann erfolgte eine Messung der bleibenden Kopfverschiebung nach Entlastung des Systems. Anschließend wurde eine, um den Sicherheitsbeiwert $\gamma = 1,5$ erhöhte Prüflast $F_2 = 0,75 \text{ kN}$ aufgebracht und die Kopfverschiebung unter Last und nach Entlastung erneut gemessen.

Die Last wurde kontinuierlich und ruckfrei mit Hilfe eines Flaschenzugsystems aufgebracht und mit einer Kraftmessdose mit Digitalanzeige gemessen. Die Kraftmessdose mit Digitalanzeige wurde vor der Prüfung mit einem angehängten Referenzgewicht auf Zug überprüft. Bild 7 gibt eine Übersicht über den Versuchsaufbau.

Unmittelbar vor einer Prüfung wurden die Grabsteine mit Hilfe einer Wasserwaage auf deren lotrechte Stellung überprüft. Dadurch konnten sie als Referenz für die Messung der Kopfverschiebung genutzt werden. Die Differenzen der Messwerte unter den verschiedenen Belastungsstufen ergeben die Kopfverschiebung der Grabsteine. Daraufhin lässt sich mit Hilfe der Trigonometrie die Verdrehung bzw. die Schiefstellung der Grabmale ermitteln.



Bilder 7: Versuchsaufbau bestehend aus Befestigung am Grabstein, Kraftmessdose und Flaschenzug zur Lastaufbringung

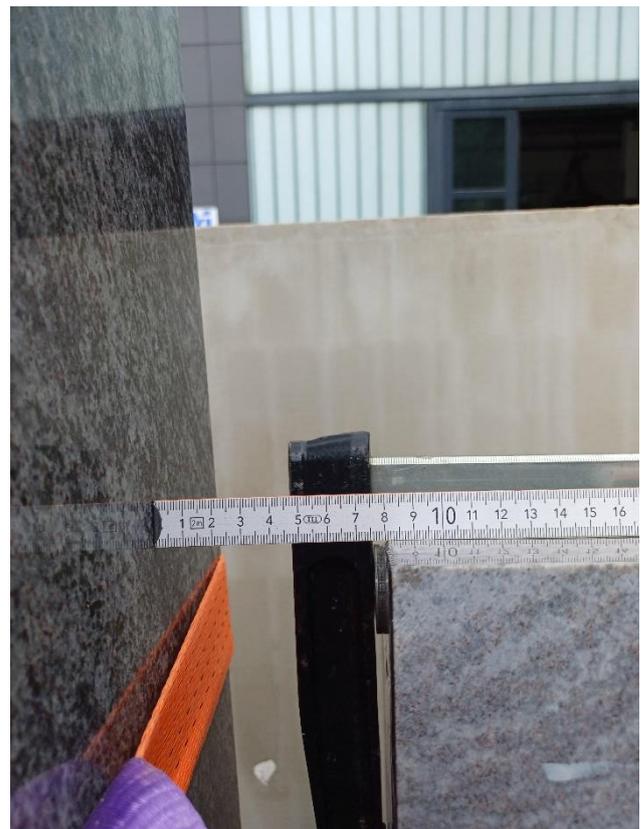


Bild 8: Lasteinleitung an der Grabstein-Oberkante (durch Unterlegscheibe sichergestellt) und gleichzeitige Messung der Kopfverschiebung im Verhältnis zum Abstand zu einem anderen Lotrecht stehenden Grabstein

4 Ergebnisse

Die drei untersuchten Dübel für die Steinhöhen $H_1=80$ cm, $H_2=100$ cm, $H_3=150$ cm verhindern unter den aufgebracht horizontalen Prüflasten $F_1=500$ N und $F_2=750$ N ein Kippen der Grabsteine. Somit ist der Nachweis auf Kippsicherheit nach TA Grabmal erbracht.

Grabmal 1

Grabmal 2 ($h = 80$ cm, Dübel-Nr. 1) wies bei der Prüflast von 500 N zunächst eine Kopfverschiebung von 18 mm bzw. eine Verdrehung von $\alpha_1 = 1,3^\circ$ auf. Bei Entlastung verblieben 3 mm der Verschiebung. Bei der Prüflast von 750 N wurde eine Verschiebung von 43 mm gemessen. Dies entspricht einer Verdrehung von $\alpha_2 = 3,4^\circ$. Nach Entlastung blieben von der Verschiebung 5 mm bestehen.

Grabmal 2

Grabmal 1 ($h = 100$ cm, Dübel-Nr. 2) wies bei der Prüflast von 500 N zunächst eine Kopfverschiebung von 26 mm bzw. eine Verdrehung von $\alpha_1 = 1,5^\circ$ auf. Bei Entlastung fand das Grabmal nahezu wieder in die Ursprungsposition zurück (1 mm). Unter Einwirkung von 750 N wurde eine Verschiebung von 44 mm gemessen. Dies entspricht einer Verdrehung von $\alpha_2 = 2,5^\circ$. Nach Entlastung blieben von der Verschiebung 4 mm bestehen.

Grabmal 3

Grabmal 1 ($h = 150$ cm, Dübel-Nr. 3) wies bei der Prüflast von 500 N zunächst eine Kopfverschiebung von 17 mm bzw. eine Verdrehung von $\alpha_1 = 0,7^\circ$ auf. Bei Entlastung fand das Grabmal wieder in die Ursprungsposition zurück. Unter Einwirkung von 750 N wurde eine Verschiebung von 26 mm gemessen. Dies entspricht einer Verdrehung von $\alpha_2 = 1,0^\circ$. Nach Entlastung blieb von der Verschiebung ein vernachlässigbarer Wert von 1 mm bestehen. Am Zementbett wurde keine Beschädigung festgestellt.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Kopfverschiebungen und Verdrehungen infolge des Lasteintrages.

F in (N)	0	500	0	750	0
Grabmal 1	0 mm / 0°	18 mm / $1,3^\circ$	3 mm / $0,2^\circ$	43 mm / $3,4^\circ$	5 mm / $0,4^\circ$
Grabmal 2	0 mm / 0°	26 mm / $1,5^\circ$	1 mm / $0,1^\circ$	44 mm / $2,5^\circ$	4 mm / $0,2^\circ$
Grabmal 3	0 mm / 0°	17 mm / $0,7^\circ$	0 mm / 0°	26 mm / $1,0^\circ$	1 mm / 0°

Tabelle 1: Kopfverschiebung in mm und Verdrehung in $^\circ$ unter den Prüflast

Ende Prüfbericht Nr. B 48.24.023.04.