

Erdanker: Experimentelle Untersuchungen zum Trag- und Verformungsverhalten (Teil 1)

Einleitung

Bei Rettungsmaßnahmen im Rahmen von Hilfeleistungseinsätzen können temporäre Erdanker Festpunkte schaffen, welche die aufzunehmenden Kräfte in den Untergrund einleiten. Diese Erdanker bestehen aus in den Boden eingeschlagenen Stahlstäben (Erdsnägeln), die durch Stahllaschen miteinander verbunden sind. Zu den Bauteilen und Anwendungsmöglichkeiten von Erdankern verweist die einschlägige Fachliteratur, z. B. [1] bis [3]. Für das Trag- und Verformungsverhalten der Erdanker spielt die Neigung der Erdsnägel eine entscheidende Rolle.

Seit Herausgabe der Feuerwehr-Dienstvorschrift 1 entstanden bei Feuerwehren häufig Irritationen (FwDV 1, Kapitel „12.3 Mehrzweckzug“ [1]). Trotz der Durchführung von Zugversuchen an einigen Landesfeuerweherschulen, auch an der Hessischen Landesfeuerweherschule (HLFS),

deren Ergebnisse sich in einer Abbildung der FwDV 1 wiederfinden, gab es in Feuerwehrcreisen Zweifel an deren Richtigkeit. Es widerspricht offensichtlich dem gesunden Menschenverstand Erdsnägel nicht entgegen, sondern in Belastungsrichtung einzuschlagen, um ein günstigeres Trag- und Verformungsverhalten zu erzielen. Um diese Zweifel auszuräumen und um das Trag- und Verformungsverhalten von Erdankern konkret zu bestimmen, führten die Hessische Landesfeuerweherschule und das Institut und die Versuchsanstalt für Geotechnik der Technischen Universität Darmstadt umfangreiche Untersuchungen durch.

Dieser Beitrag stellt die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen in zwei grundsätzlichen Bodenarten (Sand bzw. Ton) vor. Insgesamt gab es 24 Belastungsversuche an Erdankern. Die Neigung der Erdsnägel variierte:

- 20° zur Vertikalen gegen die Belastungsrichtung

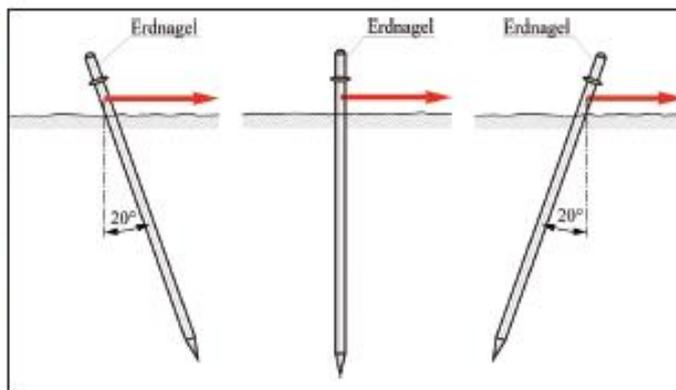


Bild 1: Unterschiedliche Anordnung der Erdsnägel bei den experimentellen Untersuchungen.

- senkrecht zur Belastungsrichtung
- 20° zur Vertikalen in Belastungsrichtung.

Die Belastung der Erdanker wurde durch einen Mehrzweckzug (Z16) [4] bzw. eine maschinelle Zugeinrichtung (MaZE) [5] aufgebracht. Die Messung der aufgetragenen Kräfte fand mit einer Kraftmessdose statt. Die durch die Zugbelastung erzeugten horizontalen Verschiebungen des Erdankers wurden in Bezug auf einen unverschieblichen Festpunkt gemessen. In Dia-

grammen wurden die bei den Versuchen gemessenen Kräfte und die zugehörigen Verformungen als so genannte Kraftverschiebungslinien aufgetragen. Ein weiterer Beitrag, in der nächsten Ausgabe des Florian Hessen (Heft 11/2011) erläutert die Versuchsergebnisse und beschreibt die richtige Installation von Erdankern.

Belastungsversuche in Sand

Das Bodenmaterial des Versuchsfeldes des Institutes und der Versuchsanstalt für Geo-



Bild 2: Erdanker mit zwölf in Belastungsrichtung geneigten Erdsnägeln in Sand bei Versuchsbeginn.



Bild 3: Erdanker mit zwölf in Belastungsrichtung geneigten Erdsnägeln in Sand bei Versuchsende.

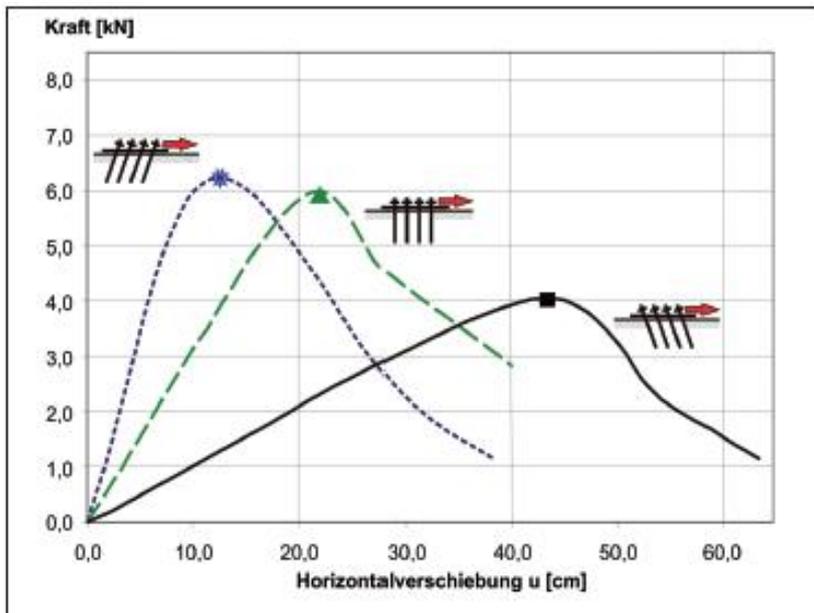


Bild 4: Vergleich der Kraftverschiebungslinien von Erdankern mit 12 Erdnägeln mit unterschiedlicher Neigung in Sand.

technik der TU Darmstadt ist ein mitteldicht gelagerter Sand. Beispielhaft ist ein Belastungsversuch an einem Erdanker mit zwölf in Belastungsrichtung geneigten Erdnägeln in den Bildern 2 (Versuchsbeginn) und 3 (Versuchsende) dargestellt. Zum Vergleich der Belastungsversuche von Erdankern mit unterschiedlich geneigten Erdnägeln sind in Bild 4 die Kraftverschiebungslinien der jeweils, in den Versuchen ermittelten geringsten aufnehmbaren Kräfte gegen-

übergestellt. Bei Neigung der Erdnägeln gegen die Belastungsrichtung ist eine weit aus geringere Tragfähigkeit bei gleichzeitig größerer horizontaler Verschiebung als bei vertikal angeordneten oder in Belastungsrichtung geneigten Erdnägeln mobilisiert worden. Bei vertikaler Anordnung der Erdnägeln wird eine fast gleichgroße Tragfähigkeit des Erdankers wie bei in Belastungsrichtung geneigten Erdnägeln erzielt. Die horizontalen Verschiebungen sind bei vertikaler Anordnung der



Bild 5: Versuchsanordnung bei Erdankern mit zwölf Erdnägeln (links) und bei Versuchsdurchführung verschobenem Unterlegkeil (rechts).

Erdnägeln jedoch um das 2fache größer. Daraus folgt, dass um ca. 20° zur Vertikalen in Belastungsrichtung geneigte Erdnägeln das günstigste Trag- und Verformungsverhalten von Erdankern in Sand liefern.

Belastungsversuche in Ton

Das Bodenmaterial des Versuchsfeldes der Hessischen Landesfeuerwehrschule ist ein halbfester, mittelplastischer Ton. Zunächst fanden Versuche mit zwölf Erdnägeln statt. Die Belastung der Erdanker erfolgte

mit Hilfe der maschinellen Zugeinrichtung (MaZE) eines Hilfeleistungslöschfahrzeuges (HLF) und einer losen Rolle (Bild 5).

Aufgrund des für diese Versuchsanordnung zu geringen Eigengewichtes des HLF und der damit zu geringen Haftreibung konnten die Versuche mit zwölf Erdnägeln bei vertikaler und in Belastungsrichtung geneigten Erdnägeln nicht bis zum vollständigen Tragfähigkeitsverlust der Erdanker durchgeführt werden. Maximal konnten so Kräfte bis ca. 70 kN aufgebracht werden. Deshalb gab es zur näheren Untersuchung des Trag- und Verformungsverhaltens zusätzlich Versuche mit nur sechs Erdnägeln, um dadurch einen Vergleich bei unterschiedlicher Neigung der Erdnägeln bis zum Tragfähigkeitsverlust zu ermögli-

Unfallversicherung für die Feuerwehr

Absichern wie die Profis!

NEU!

Auch für Mitglieder der freiwilligen Feuerwehren.

Die Freie Arzt- und Medizinkasse der Angehörigen der Berufsfeuerwehr und der Polizei VVaG wurde 1911 durch Beamte der BF Frankfurt als Selbsthilfeeinrichtung gegründet. Über unseren Kooperationspartner INTER Versicherungen bieten wir seit vielen Jahren eine maßgeschneiderte Absicherung für Feuerwehrleute an, in die unsere langjährige Erfahrung einfließt.

Neu für Mitglieder der freiwilligen Feuerwehren, insbesondere der Jungfeuerwehren: Spezial-Unfall-Versicherungsschutz.

Unsere Leistungen:

- Versicherungsschutz im Einsatz und privat
- Einschluß einer lebenslangen Unfall-Rente (ab 50 % Invalidität)
- Inkl. Rauchgasklausel
- Inkl. Infektionsklausel
- Inkl. 2.500 Euro Leistung bei plötzlichem Herztod während eines Feuerwehreinsatzes
- Tauchrisiko ist abgedeckt
- Preiswerte Beamtentariife

Fragen Sie uns.
Als Spezialversicherer für Feuerwehr und Polizei kennen wir uns aus!

FAMK – Freie Arzt- und Medizinkasse
Friedrich-Ebert-Anlage 3 · 60327 Frankfurt/Main
Tel. (0 69) 9 74 66 - 0 · Fax (0 69) 9 74 66 - 1 30
www.famk.de

FREIE ARZT- UND MEDIZINKASSE
der Angehörigen der Berufsfeuerwehr und der Polizei VVaG

chen. Beispielhaft ist das Ende eines Belastungsversuchs an einem Erdanker mit zwölf gegen die Belastungsrichtung geneigten Erdnägeln in Bild 6 dargestellt.

Zum Vergleich der Belastungsversuche von Erdankern mit unterschiedlich geneigten Erdnägeln sind in den Bildern 7 und 8 die Kraftverschiebungslinien der jeweils geringsten aufnehmbaren Kräfte gegenübergestellt. Bild 7 zeigt die Versuche an Erdankern mit zwölf Erdnägeln. Bild 8 zeigt die Versuche an Erdankern mit sechs Erdnägeln. Bei Neigung der Erdnägeln gegen die Belastungsrichtung ist eine weitaus geringere Tragfähigkeit bei gleichzeitig größerer horizontaler Verschiebung als bei vertikal oder in Belastungsrichtung geneigten Erdnägeln mobilisiert. Da die Erdanker nur bis zu einer versuchsbedingten, maximal erzielbaren Belastung von 70 kN belastet werden konnten, wird zur Beurteilung des Trag- und Verformungsverhaltens die horizontale Verschiebung herangezogen. Aus den Bildern 7 und 8 ist ersichtlich, dass die vertikale Anordnung der Erdnägeln größere Verschiebungen von Erdankern zur Folge hat, als dieses bei in Belastungsrichtung geneigten Erdnägeln der Fall ist. Wie



Bild 6: Erdanker mit zwölf gegen die Belastungsrichtung geneigten Erdnägeln in Ton kurz vor dem Tragfähigkeitsverlust (links) und danach (rechts) Erdnägeln in Sand.

auch bei den Versuchen im Sand weisen Erdanker im Ton mit um ca. 20° zur Vertikalen in Belastungsrichtung geneigten Erdnägeln das günstigste Trag- und Verformungsverhalten auf.

Zusammenfassung

Die umfassenden Untersuchungen zeigten, dass Erdanker mit um 20° zur Vertikalen in Belastungsrichtung geneigten Erdnägeln das günstigste Trag- und Verfor-

mungsverhalten aufweisen. Die Untersuchungen zeigen aber auch, dass in Abhängigkeit von der Bodenart deutliche Unterschiede im Trag- und Verformungsverhalten zu erwarten sind. In Bild 9 sind die Ergebnisse eines Belastungsversuches an einem Erdanker in Sand sowie eines Belastungsversuches an einem Erdanker in Ton dargestellt. Bei beiden Erdankern waren die zwölf Erdnägeln um 20° zur Vertikalen in Belastungsrichtung geneigt.

Text und Bilder: Prof. Dr.-Ing. Rolf Katzenbach, Dipl.-Ing. Steffen Leppla, Technische Universität Darmstadt, Institut und Versuchsanstalt für Geotechnik Dipl.-Ing. Silvio Burlon, Dipl.-Phys.-Ing. Martin Reitz, Dipl.-Ing. Volker Heerdt, HIFS

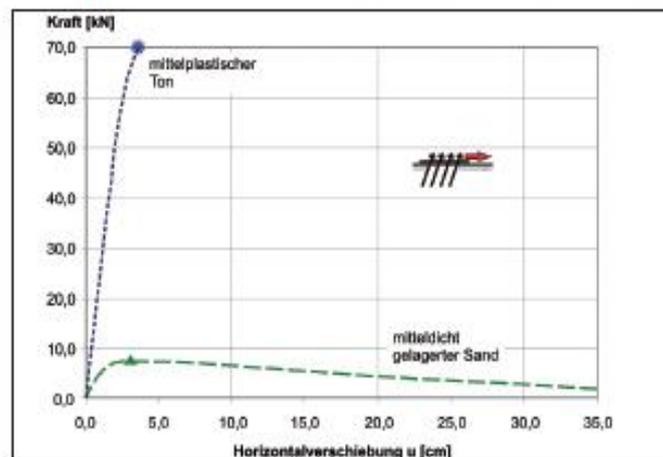


Bild 9: Vergleich des Trag- und Verformungsverhaltens von Erdankern mit zwölf um 20° zur Vertikalen in Belastungsrichtung geneigten Erdnägeln in Sand und in Ton.

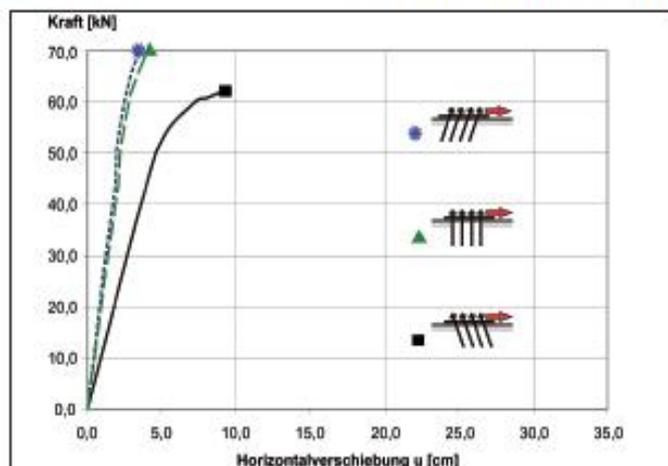


Bild 7: Vergleich der Kraftverschiebungslinien von Erdankern mit zwölf Erdnägeln mit unterschiedlicher Neigung in Ton.

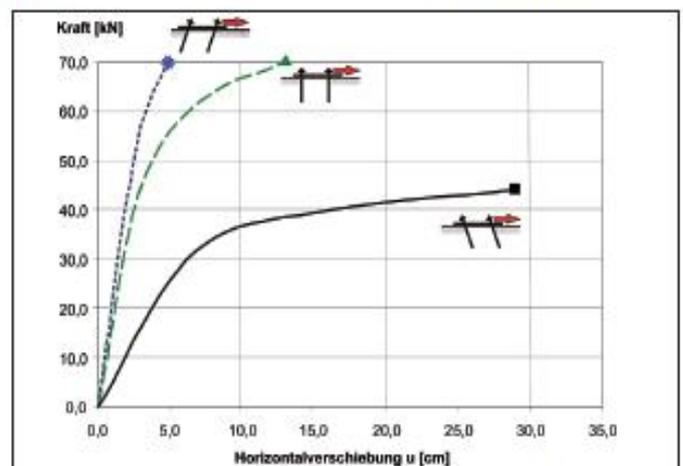


Bild 8: Vergleich der Kraftverschiebungslinien von Erdankern mit sechs Erdnägeln mit unterschiedlicher Neigung in Ton.