

Erdverankerungen an der Einsatzstelle

Die Betrachtung von Erdverankerungen im THW unter statischen und praktischen Gesichtspunkten

von Holger Hohage und Thomas Wellenhofer

Grundlagen und Verankerung mit Erdnägeln:

Eine der zentralen Aufgabenstellungen im Technischen Hilfswerk ist die Sicherung oder Fixierung von Hilfsmitteln und Konstruktionen. Ob Absturzsicherung, Verankerung von Pontons oder Stegen, Sicherung von EGS-Konstruktionen, Lastenbewegung oder Abstützmaßnahmen: Stets ist dabei das Verbinden mit festen Objekten – auch als Anschlagen bekannt – zu bewältigen. Und da genau dieser Schritt mitentscheidend für den Gesamterfolg der jeweiligen Einsätze ist, wird es nach gut einem halben Jahrhundert THW mittlerweile Zeit, sich mit der Thematik nach wissenschaftlichen und dabei praxisorientierten Gesichtspunkten neu auseinanderzusetzen.

Das Anschlagen bei vorhandenen Widerlagern (Bäume, Gebäude, Holz- oder Stahlkonstruktionen) ist dabei auch für den Laien relativ gut in seiner Haltekraft zu beurteilen. Auch sind die passenden Werkzeuge dafür (Nylonstrops, Ankerstäbe, Laschenanker) mittlerweile im THW etabliert. Schwierig wird es hingegen, wenn die Umstände eine Verankerung im Boden erfordern, da hier eine Vielzahl an zu beachtenden Parametern die Haltekraft beeinflussen.

Für Helfer und Führungskräfte im THW ist es von Bedeutung, unter Einsatzbedingungen

- in kurzer Zeit
- auf einfache Weise
- aussagekräftige und verlässliche

Mindesthaltekräfte und Konstruktionsvarianten zur Verfügung zu haben.

Dies bei Erdverankerungen zu leisten ist die Zielsetzung der folgenden Abhandlung.

Grundlagen:

Für Erdverankerungen an der Einsatzstelle gibt es keine zeitgemäße Vorschrift im Bereich der Behörden und Organisation mit Sicherheitsaufgaben. Die im Technischen Hilfswerk bekannten Methoden basieren auf den alten Vorschriften des Katastrophenschutzes [KatS DV 280; KatS LA 220, 261; Grundausbildungsfibel THW] und wurden anhand von Erfahrungswerten zusammengestellt. Hierbei gehen weder die Bodenparameter, die Belastungsgröße noch die Belastungsrichtung (vertikal bis horizontal) mit ein.

Bei dem Erstellen einer Behelfserdverankerung zum Beispiel mittels Erdnägeln oder „Totem Mann“ ist es daher sehr fraglich, ob die geplante Belastung auch wirklich aufgenommen werden kann [Hohage, 2007].

Dies gilt in verschärftem Maße für die (außer im Einsatzfall) erforderlichen Sicherheiten von mindestens $\gamma = 1,50$ (Bauzustand) bis $\gamma = 2,00$ (Endzustand) [DIN 1054 „Grundbau“].

Für eine zuverlässigere Bewertung der Erdverankerungen sollte der Helfer sich

- mit den Prinzipien der Lastaufnahme im Boden und
- mit der Einstufung von Bodenklassen
- auskennen. Dieses ist jedoch leichter als es sich anhört.

Die Bewertung des Bodens: Zurück zu den basics

Zu Beginn betrachten wir die verschiedenen Bodenklassen, die es gibt. Dabei wird Fels ausgeklammert, da bei Felsgesteinen die Verankerungen mit „Allgemein Bauaufsichtlich Zugelassenen“ Felsankern und den Ankerstangen [Wellenhofer, Rühl, 2005] abgedeckt werden kann. Gemäß der DIN 1054 sind Böden wie folgt einzustufen:

Bodenart	Einstufungskriterium
dichtgelagert nichtbindige Böden	Sand, Kies, Steine und ihre Mischung, wenn der Gewichtsanteil der Bestandteile mit Korngrößen unter 0,06 mm 15% nicht übersteigt.
halbfeste bindige Böden	Tone, tonige Schluffe und Schluffe sowie ihre Mischung mit nichtbindigen Böden, wenn der Gewichtsanteil der bindigen Bestandteile mit Korngrößen unter 0.06mm größer als 15% ist.
steifplastische Böden	Sind entsprechend der Festigkeit einzustufen. Die Einstufung kann der Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 1: Bodenarten

Als „bindig“ wird also ein Boden dann bezeichnet, wenn er zu einem hohen Anteil aus sehr feinkörnigem Material (beispielsweise Ton) besteht. Die anderen Böden nennt man entsprechend „nichtbindig“ (Sand, Kies usw.).

Die folgende Tabelle gibt Aufschluss über die Bodenfestigkeit:

Bodenfestigkeit	Einstufungskriterium
breiiger Boden	Breiig ist ein Boden, der beim Pressen in der Faust zwischen den Fingern hindurchquillt. Dieser Boden ist für Erdverankerungen mit Einsatzmitteln ungeeignet!
weicher Boden	Weich ist ein Boden, der sich leicht kneten lässt. Dieser Boden ist für Erdverankerungen mit Einsatzmitteln ungeeignet!
steifplastischer Boden	Steifplastisch ist ein Boden, der sich schwer kneten aber in der Hand zu 3mm dicken Röllchen ausrollen lässt ohne zu reißen oder zu zerbröckeln.
halbfester Boden	Halbfest ist ein Boden, der beim Versuch ihn zu 3mm dicken Röllchen auszurollen, zwar bröckelt und reißt aber doch noch feucht genug ist, um ihn erneut zu einem Klumpen formen zu können
Fester Boden	Fest ist ein Boden, der ausgetrocknet ist und dann meist heller aussieht. Er lässt sich nicht mehr kneten, sondern nur noch zerbrechen. Ein nochmaliges Zusammenballen der Einzelteile ist nicht mehr möglich.

Tabelle 2: Bodenfestigkeit

Es lässt sich also bereits mit Hilfe der Augen und der Hände eine qualifizierte Bestimmung der Bodenart und –festigkeit bestimmen!

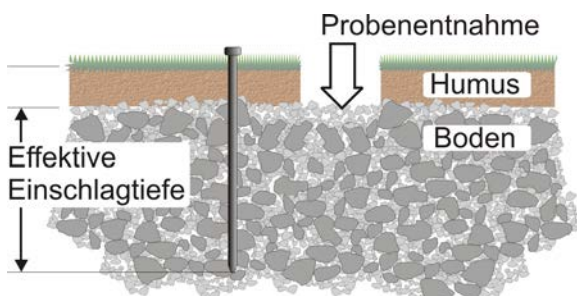


Abb. 1: Probengewinnung (Wellenhofer)

Wichtig ist dabei jedoch, dass der tatsächliche Boden erfasst wird und nicht die zumeist obenauf liegende Humusschicht.

Kennt man den regionalen Bodenaufbau nicht, ist dazu eine kleine Aufschlussgrabung zur Probenentnahme notwendig.

Die Bodenklassen breiig bis weicher Boden (Schlamm bis Torf) sowie felsiger Boden (s.o.) können für den Bereich Erdverankerungen an der Einsatzstelle außer Acht gelassen werden. Im Bereich breiig bis weicher Boden ist es zu empfehlen, den Ankerpunkt zu verlagern oder ein Spezialtiefbauunternehmen hinzu zu ziehen.

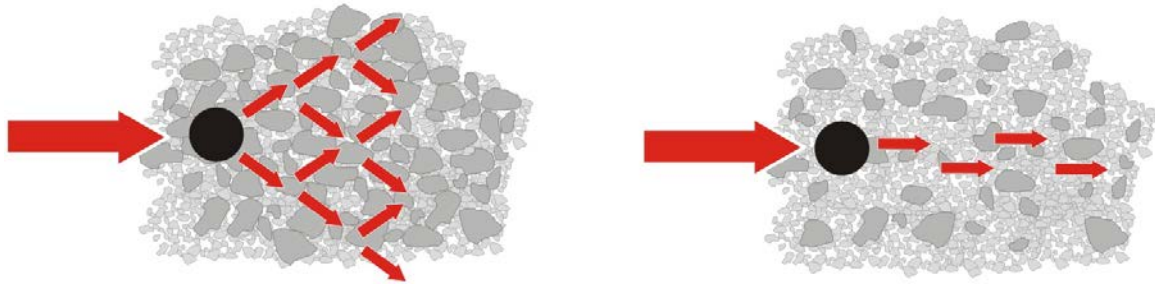


Abb. 2: Kraftverteilung im Böden unterschiedlicher Art (Wellenhofer)

Bei dichtgelagerten nichtbindigen Böden, halb festen bindigen Böden und steifplastischen Böden verteilt sich der auf den Erdanker ausgeübte Druck über Reibung, Gewölbewirkung und Oberflächenspannung keilförmig im Boden. Hier können relativ hohe Lasten aufgenommen werden

Bei beiig bis weichen Böden sowie Böden mit sehr ungünstiger Korngrößenverteilung ist ein Druckkeilaufbau im Bodengefüge dagegen nicht möglich.

Die Lastaufnahmekapazität von Erdankern Zylindrischer Form ist gering.

Halbfester und fester Boden erbringt mindestens auch die erdstatischen Werte eines steifplastischen Bodens.

Daraus folgt:

Aus dieser Betrachtung heraus ist eine grobe Einteilung in

- „dichtgelagerte nichtbindige Böden“
- „halbfeste bindige Böden“ und
- „steifplastische Böden“

für den Einsatz ausreichend.

Die Bodenfestigkeit ist über dem gesamten Einsatzzeitraum zu beachten. Aufgrund von extremer Bewitterung (z.B. Frost, Starkregen oder Sonneneinstrahlung, s.o.) können sich die Bodenparameter verändern.

Im Zweifelsfall ist der Boden immer in die schlechtere Klasse einzustufen. Besteht kein Zeitdruck, kann ein Sachverständiger für den Grundbau als technischer Berater hinzugezogen werden.

Erdnagelverankerungen:

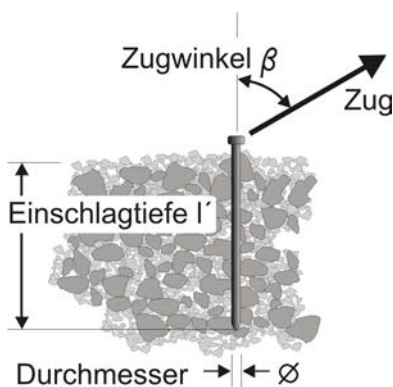


Abb 3: Bemaßung (Wellenhofer)

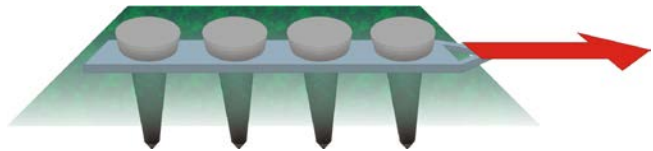
Am häufigsten werden im THW zu Bodenverankerungen Erdnägel eingesetzt. Grundlagen für Erdnagelverankerungen lassen sich in der DIN 4112 "Fliegende Bauwerke"(Punkt 6.2 „Bodenverankerungen“) finden. In der DIN 4112 wird jedoch nur auf einen einzelnen Stabanker (Erdnagel) eingegangen.

Mittels einer Formel und eines Diagramms lassen sich über die Einschlagtiefe l' , den Durchmesser \varnothing und den Winkel β die zulässige Zugkraft bestimmen. Somit können neben den Erdnägeln auch andere Erdankervarianten wie etwa mit Gerüstrohren oder Pflöcken qualifiziert bewertet werden.

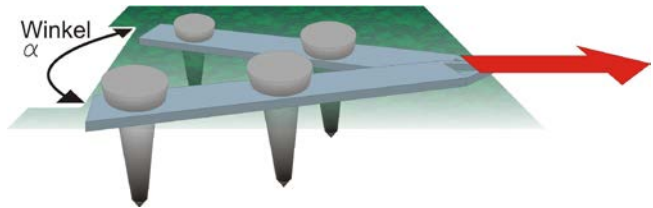
Zudem ist die Einstufung in die genannten drei Bodenklassen „dichtgelagerte nichtbindige Böden“, „halbfeste bindige Böden“ und „steifplastische Böden“ erforderlich.

Um eine höhere zulässige Belastung zu erreichen, können die Erdnägel in Gruppen angeordnet werden. In der Regel werden 3 Arten von Hauptgruppen unterschieden [Hohage, 2007].

1. In einer Reihe
(hier Anzahl = 4 Erdnägel)



2. Als V-Formation
(hier Anzahl = 4 Erdnägel)



3. Als Gruppe
(hier Anzahl = 4 Erdnägel)

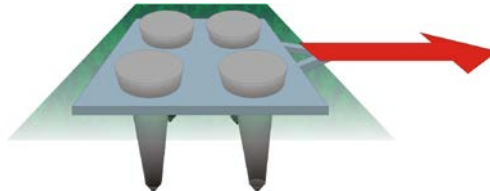


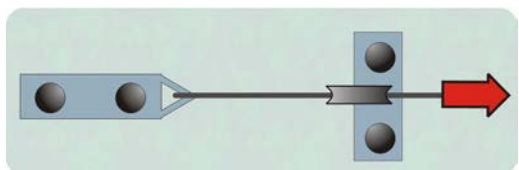
Abb. 4: Hauptgruppen-Formen (Wellenhofer)

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, durch eine Vorgruppe in Krafrichtung die unter dem Winkel β angreifende Belastung in horizontale und vertikale Anteile zu zerlegen.

Draufsicht

Ansicht:

Gruppenart 1,2 oder 3



Mit Vorgruppe (hier $N=2$)

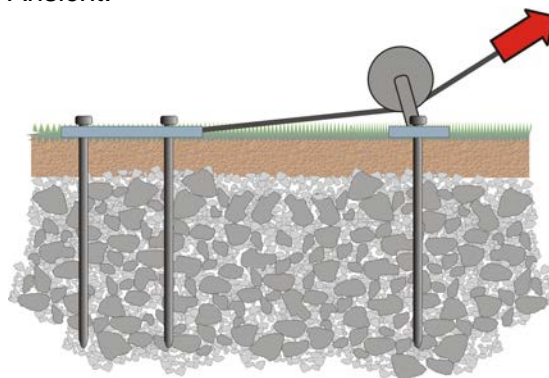


Abb. 5: Konzept Vorgruppe (Wellenhofer)

Hierbei erhält die Hauptgruppe den horizontalen Belastungsanteil und die Vorgruppe den vertikalen Kraftanteil.

Die Hauptgruppe kann in den oben beschriebenen Arten 1 bis 3 angeordnet werden. Für die Betrachtung des vertikalen Kraftanteils ist die Anordnung aufgrund der reinen Mantelreibung des Erdnagels von untergeordneter Bedeutung.

Bei Erdnägeln, die in einer Reihe angeordnet werden, ist ein Abminderungsfaktor zu berücksichtigen. Dieser Faktor kann in Analogie zu Bolzenverbindungen im Holzbau angewendet werden.

$$n = 1 + (n - 1) \cdot F = 1 + (n - 1) \cdot 2 / 3$$

Hierbei wird der erste Erdnagel einer Reihe voll angesetzt und alle weiteren um den Faktor F abgemindert. Der Faktor F wurde mit Versuchen ermittelt und ist $\geq 2/3$. Teilweise ist diese Betrachtung etwas auf der sicheren Seite, ist aber aufgrund der sehr einfachen Einstufung der Bodenverhältnisse nicht anders zu lösen.

Verschiedene Auszugversuche haben gezeigt, dass bei dichtgelagerten nichtbindigen Böden der Faktor deutliche Reserven aufzeigt. Bei Bodenarten, die in Richtung felsig tendieren, der Faktor sogar mit bis zu 4/5 angesetzt werden.

Die Befestigung im Fels, Beton oder Asphalt mit vorgebohrten Löchern erbringt deutlich höhere Werte. Hier spielt aber nicht mehr die Bodenmechanik eine Rolle und eine Berechnung kann nach einer Bolzenanalogie erfolgen. Die Grundlagen hierfür können z.B. aus Leonhard [1977] oder Bindseil [2007] entnommen werden. Natürlich sind Schichtungen und/oder Klüfte im Fels zu beachten.




Setzen der Löcher für eine Erdnagelverankerung in gewachsenem Fels




Fertige Verankerung

Fotos: Holger Hohage, THW OV Witten

Mit dem folgenden Excel Tabellen [Hohage, 2007] lassen sich die zulässigen Belastungen entsprechend der erläuterten Sachverhalte ermitteln:

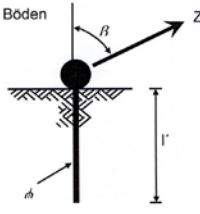


Bundesanstalt Technisches Hilfswerk
Ortsverband Witten
Erdnagelberechnungsblatt Version 2.1



Die Berechnung erfolgt analog zur DIN 4112 "Fliegende Buwerke", Bodenverankerungen (6.2) für Stabanker (6.2.1.3). *Die Stabanker werden im THW als Erdnägel bezeichnet.*

Achtung: Die Annahmen für die Gruppen beruhen auf Erfahrungen und Versuchen des Excelblätterstellers und sind durch Norm oder Literatur nicht belegt !!!!
Für die Richtigkeit der getroffenen Annahmen übernimmt der Ersteller keinerlei Haftung.

<p>Eingabewerte:</p> <p>Bodenart: <input checked="" type="radio"/> dichtgelagerte nichtbindige Böden <input type="radio"/> halbfeste bindige Böden <input type="radio"/> steifplastische Böden</p> <p>Zugwinkel: $\beta = 70$ [°] Durchmesser: $\phi = 4$ [cm] Einschlagtiefe: $l' = 80$ [cm]</p>	
---	--

Wert für einen Anker:

Faktor zur Zugkraftberechnung:	=	17,0 [-]
$f =$		
Zulässige Zugkraft auf einen Erdnagel:	=	5,44 [kN] = 0,54 [to]
$Ze = f \cdot \phi \cdot l' =$	4	* 80 = 5440 [N]
Vorhandene Horizontallast:	=	5,11 [kN] = 0,51 [to]
Vorhandene Vertikallast:	=	1,86 [kN] = 0,19 [to]
bei reiner Horizontallast:	=	5,44 [kN] = 0,54 [to]
bei reiner Vertikallast:	=	2,08 [kN] = 0,21 [to]

Gruppeneingabe:

Anzahl der Erdnägel:	ng =	7 [Stk.]
Gruppenart:	Art =	2 [-]
Winkel V-Formation:	$\alpha =$	45 [°]
Abminderungsfaktor:	F =	0,6667 [-]

Vorgruppe:

Anzahl der Erdnägel:	nv =	4 [Stk.]
----------------------	------	------------

Berechnung bei Vorgruppe:

Zul. Zugkraft Vertikal:	Zv =	6,24 [kN]
Zul. Zugkraft im Winkel:	Zvw =	18,24 [kN]
		= 1,82 [to]

Berechnung der Gruppe:

Winkel für Gruppe:	$\beta_g =$	90 [°]
Gruppenart 1:	Z1 =	[kN]
Gruppenart 2:	Z2 =	25,54 [kN]
Gruppenart 3:	Z3 =	[kN]
Zulässige Zugkraft:	Zg =	25,54 [kN]
		= 2,55 [to]


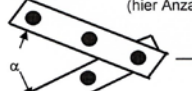
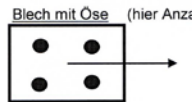
Achtung: Vorgruppe ist Maßgebend !

Abstand der Erdnägel: ≤ 20 cm !!!!


Annahme der Abminderung:


$\Delta n = 1 + (n - 1) \cdot F$
 F= Faktor, Eingabe siehe Gruppe
 n.E. = Vorgruppe nicht Erforderlich !!!!

Gruppenarten in der Draufsicht:

- Blech in Reihe:** (hier Anzahl gleich 4)

- V-Formation:** (hier Anzahl gleich 5)

- Blech mit Öse:** (hier Anzahl gleich 4)


Vorreihe nur für Vertikallasten:

Draufsicht: (hier Anzahl gleich 2)


Ansicht:


Das Berechnungsblatt steht unter www.thw-witten.de Download kostenlos zur Verfügung.

Betrachten wir nun ein Beispiel aus der Praxis:

Die in den Bildern gezeigte Erdverankerung wurde bei einer Technischen Hilfeleistung eingesetzt.



„Hauptgruppe als V-Formation vor dem Eintreiben der Erdnägel“



„Hauptgruppe als V-Formation nach dem Eintreiben der Erdnägel mit Greifzug“



„Vorgruppe mit Klappkloben als Umlenkrolle und Greifzugseil“



„Erdverankerung unter Greifzuglast“

Fotos: Holger Hohage, THW OV Witten

Der eingesetzte Greifzug wurde mit einer Erdverankerung angeschlagen. Die Zuglast des Greifzuges beträgt $1,5\text{to} = 15\text{kN}$ und der Winkel ungefähr $\beta = 70^\circ$. Zur Erdverankerung wurden 80cm lange Erdnägel mit einem Durchmesser von 4 cm verwendet. Der Boden wurde als dichtgelagert nichtbindig bis halbfest bindig eingestuft.

Bei einer V-Formation mit 7 Erdnägeln und einer Vorgruppe mit 4 Erdnägeln ergibt sich eine zulässige Belastung von 1,82to in der Vorgruppe und 2,55to in der Hauptgruppe bei dichtgelagerten nichtbindigen Boden und eine zulässige Belastung von 2,25to in der Vorgruppe und 1,5to in der Hauptgruppe bei halbfest bindigem Boden.

Im zuvor beschriebenen Beispiel wurde der dichtgelagerte nichtbindige Boden für die Wahl der Vorgruppe und für die Hauptgruppe der halbfeste bindige Boden maßgebend.

Anhand der Berechnung wird deutlich, dass hier die im THW [LA 261, Fibel Grundausbildung] klassisch üblichen Verankerungen mit Erdnägeln nicht ausgereicht hätten. Stattdessen ist eine Verankerung der oben abgebildeten Qualität zur Absicherung unverzichtbar.

Bei allen Betrachtungen wird eine feste Koppelung der Erdnägel z.B. durch Stahlplatten vorausgesetzt. Eine Koppelung mittels Ketten oder Leinen ist nicht zu empfehlen. Hier ist das Spiel

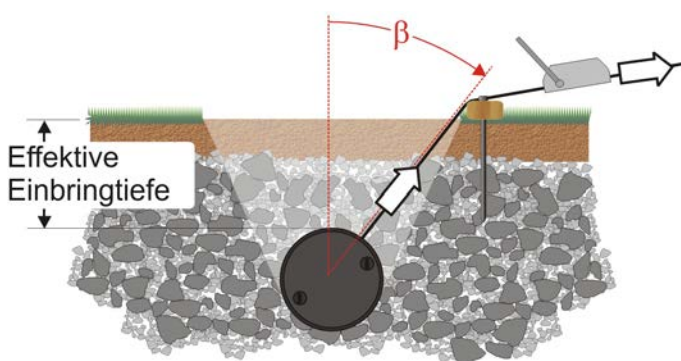
der Kette bzw. der Dehnweg des Seiles so groß, das die ersten Erdnägel versagen können, bevor die letzten einer Gruppe aktiviert werden.

Die Methode durch wechselseitiges, leicht schräges Einschlagen der Erdnägel rechtwinklig zur Lastrichtung die Erdankerkräfte zu erhöhen, ist weder rechnerisch unter Einsatzbedingungen zu erfassen noch durch Versuche belegbar. Daher wird diese Wirkung im Erdnagelberechnungsblatt ebenso wie im Rahmen der qualifizierten Abschätzung nicht angesetzt.

Toter Mann:

Der Tote Mann ist eine sehr bekannte Methode, eine Verankerung in Böden zu erstellen, die Horizontal- und Vertikalzugkräfte aufnehmen kann. Die Idee dieser Erdverankerung geht zurück auf die Herstellung von Einmastkränen beim Bau der Pyramiden in Ägypten [[Literaturstelle ?](#)].

Das Prinzip eines „Toten Mannes“ ist einfach: Ein Ankerkörper mit Anschlagmittel wird im Boden eingegraben. Um eine Lastabtraganalogie zu reichen wird eine Zugkraft in ihre horizontale und vertikale Komponente zerlegt.



Prinzip „Toter Mann“ (Wellenhofer)

Die vertikale Komponente wird durch das Eigengewicht und die Erdauflast aufgenommen. Hierzu wird nicht nur der Erdkörper direkt oberhalb des Ankerkörpers mit aktiviert, sondern auch noch zusätzlich die Ausbreitung des Erdkörpers im Verhältnis der Gleitflächenwinkels des Erdreichs.

Grundsätzlich muss die Auflast höher als die vertikale Komponente sein, andernfalls wird die Erdverankerung herausgezogen. In der Regel kann aber die horizontale Kraftkomponente nur aufgrund einer wesentlich höheren positiv wirkenden vertikalen Auflast (also dem Bodenkeil) aufgenommen werden.

Die horizontale Komponente wird durch die Summe aus der Differenz des aktiven Erddrucks zum Erdruhedruck und der damit verbundenen horizontalen Reaktionskraft sowie der oben beschriebenen positiv wirkenden Differenzauflast in Abhängigkeit des Reibbeiwerts aufgenommen werden.

Zusammengefasst muss das Gewicht des Toten Mannes und des bedeckenden Erdkeils die zu sichernde Last deutlich übersteigen, um beide einwirkenden Kraftkomponenten aufnehmen zu können.

In THW wird als Ankerkörper meistens ein Reservereifen, ein Rundholz oder ein 200-Liter Fass verwendet [THW-Fibel, 1984]. Als Zugkraft-Hebezeug wird i.d.R. ein Greifzug angeschlagen, weshalb sich der folgende Standardfall auf eine abzuleitende Last von 16 kN bezieht. Die folgenden Tabellen sind für die im allgemeinen Teil beschriebenen drei Bodenarten erstellt. Sie geben die Überschüttungshöhe in Metern entsprechend den im THW bisher üblichen Ankerkörpern [THW-Fibel] an.

Die Tabellen sind auf 16 kN ausgelegt. Dieses ist die Anschlagkraft eines kleinen Greifzuges. Der Winkel 45° ist ein üblicher Wert bei der Herstellung, wenn z.B. unter dem Anschlagmittel (z.B. Kette) ein Kantholz zur Lastumlenkung am Grubenrand vorgesehen wird. Die Kraftreserve bis zum Abscheren ist mit eingerechnet.

Bodenart	200l-Fass			Rundholz			LKW-Reifen		
	Einsatz	Bau	Dauer	Einsatz	Bau	Dauer	Einsatz	Bau	Dauer
steifplastische Böden	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4	1,3	1,4	1,5
halbfeste bindige Böden	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5	1,4	1,5	1,6
dichtgelagerte nichtbindige Böden	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,6	1,5	1,6	1,7

Die Tabellen enthält die Sicherheitszustände Einsatz, Bauzustand und Dauerzustand.
Die Zustände sind wie folgt definiert:

Einsatz:

Hier wurde der außergewöhnliche Lastfall gerechnet (mit $\eta_h = 1,20$ und $\eta_v = 1,05$). Der Zustand ist im Sinne des Baurechts nicht zulässig, sondern darf nur im Einsatzfall nach FSHG oder KatSG verwendet werden.

Hierbei ist durch den Einsatzleiter bzw. die Führungskraft zusätzlich noch abzuwägen, ob die schnellere Einsatzzielerreichung im höheren Interesse steht, als die Sicherheit der Ankerkonstruktion.

Bauzustand:

Dieser Zustand ist ein kurzfristiger Erstellungszustand (gerechnet mit $\eta_h = 1,35$ und $\eta_v = 1,10$). Hierbei dürfen von der Sicherheit der Ankerkonstruktion nur Personen direkt oder indirekt betroffen sein, die bei der Erstellung der zu verankernden Gesamtkonstruktion mitwirken.

Dauerzustand:

Der Dauerzustand entspricht den Sicherheiten eines normalen Bauwerks (Berechnung mit $\eta_h = 1,50$ und $\eta_v = 1,10$).

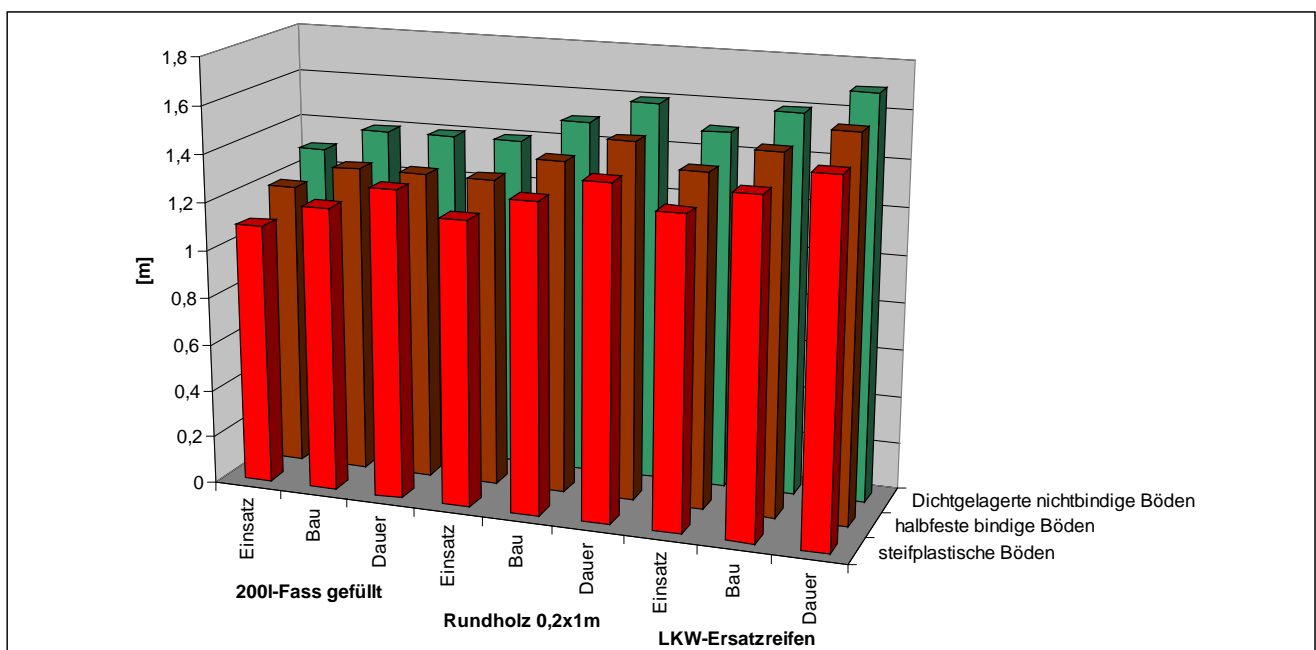
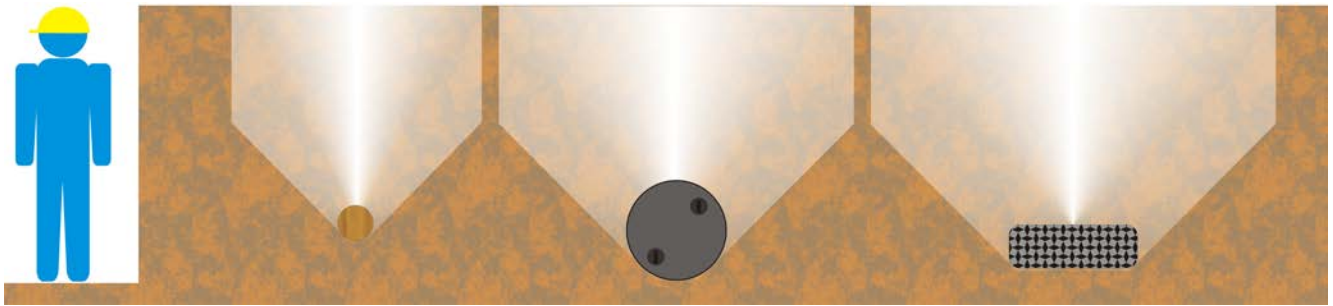


Diagramm der für eine Greifzugsicherung nötigen Überschütthöhen gemäß Tabelle

Vorsicht: Die in den Tabellen berechneten Werte werden nur bei sorgfältiger Ausführung der Arbeiten, insbesondere bei einer guten Verdichtung der Auffüllung erreicht!

Die für einen Toten Mann zu bewegendes Bodenvolumina stellen einen THW-Trupp vor eine nicht zu unterschätzende Herausforderung. Geht man davon aus, dass die äußeren Umstände die maximal zulässige senkrechte Abteufung von 80cm erlauben, ergeben sich etwa für dichtgelagerte nichtbindige Böden folgende Volumina (Lastsicherung 16kN) für den Einsatzfall:...

- Rundholz: 1,8m³
- Fass: 3,3m³
- LKW-Reifen: 3,8m³



Veranschaulichung der Aushubdimensionen bei Rundholz, Fass und Reifen mit THW-Helfer als Größenvergleich (Wellenhofer)

Hält man sich vor Augen, dass zusätzlich zum etwa doppelten Aushubvolumen bei Fass und Reifen schwere Gewichte zu manipulieren sind, ist der Variante „Toter Mann mit Rundholz“ eindeutig der Vorzug zu geben.

Auch das Fällen eines geeigneten Baumes ist ggf. in Betracht zu ziehen, wenn die Entscheidung für einen Toten Mann gefallen ist.

Ein weiteres Problem stellt sich mit Wettereinflüssen:

Die oben angegebenen Werte wurden für eine normale Erdfeuchte mit den Bodeneigengewicht γ ermittelt. Ist der Boden wassergesättigt, wird also das Bodeneigengewicht γ' angesetzt, ist die Überschüttungshöhe um mindestens $\Delta h = 0,8$ m zu vergrößern. Die daraus resultierenden Herstellungsprobleme (Überschütthöhe im Idealfall dann bei 1,9m!) machen Tote Männer als Einsatzoption fragwürdig.

Ebenso verhält es sich mit erbauten Toten Männern bei nachträglichen intensiven Durchfeuchtungen. Deren Haltekraft kann sich auf weniger als die Hälfte der geplanten Last verringern!

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- Die bisher in der Praxis erstellten „Toten Männer“ erfüllen meistens nicht die statisch nötigen Anforderungen
- Im Einsatz steht der Zeit- und Personalaufwand meistens nicht im Verhältnis zum Einsatzziel
- Muss ein „Toter Mann“ erstellt werden, ist nach Möglichkeit die Variante Rundholz zu wählen
- Zur Erstellung mehrerer „Toten Männer“ ist nach Möglichkeit Unterstützung durch Baumaschinen zu nutzen
- Soll ein „Toter Mann“ länger genutzt werden, ist möglichst ein Baugrundsachverständiger hinzuzuziehen, da dann (im Bau- und Dauerzustand) eine erdstatische Berechnung erforderlich wird.

Zukunft der Erdankersysteme:

Zur Zeit gibt es weder in der Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW), noch in einer anderen Behörde und Organisation mit Sicherheitsaufgaben (BOS) ein zeitgemäßes Erdankersystem. Dies ist eine eklatante Schwachstelle in dem modularen System der Gefahrenabwehr Deutschlands. Aufgrund der steigenden technischen Anforderungen bei gleichbleibend geringer oder sogar abnehmender personeller Stärke ist ein modernes Erdankersystem als notwendige Ergänzung unserer Bundesanstalt zu sehen.

Insbesondere im Bereich der Verankerung von Wandabstützungen beispielsweise mittels Einsatzgerüstsystem (EGS) und/oder Abstützsystemholz (ASH) und beim Anschlagen von Zugmitteln ist ein modernes Erdankersystem zwingend erforderlich (vgl Wellenhofer, Rühl, Krinke, 2007).

Eine Marktüberprüfung ergab, dass zur Zeit kein System erhältlich ist, welches sich für die Einsatzstelle als geeignet erweist: Entweder kommt die Gerätetechnik aus dem Spezialgrundbau mit einer schweren Maschinenteknik oder die Verankerung liegt im Lastbereich einer Erdnagelverankerung, welche als Technik im THW verbreitet ist. Eine schwere Maschinenteknik

kommt aber an der Einsatzstelle insbesondere bei Abstützmaßnahmen nicht in Frage. Noch stehen die dafür erforderlichen sehr hohen Betriebskosten der Einsatzhäufigkeit und dem Einsatznutzen nicht im Verhältnis.

Hieraufhin wurde im Herbst 2007 mit der Entwicklung eines Verfahrens begonnen, das die Maschinenteknik unserer Bundesanstalt mit einer Microbohrpfahltechnik des Spezialgrundbaus verbindet.

Hierbei wird ein Injektionsanker mittels eines Presslufthammers der Räumgruppe mit Hand in den Boden eingebohrt. Der Injektionsanker systembedingt kann beliebig verlängert werden. Die Bohrleistung mit dem THW - eigenen handgeführten Gerät ist natürlich geringer als bei einem lafettengeführten Gerät des Spezialtiefbaus.



„Einbohren des Injektionserdankers
Mittels des Drucklufthammers der
FG Räumen, OV Schwelm“



„Verlänger des Injektionsankers“



„weiteres einbohren“

Fotos: Holger Hohage, THW OV Witten

Dennoch zeigen die ersten Versuchsreihen, dass die Injektionsanker auch im harten und festen Boden auf min. 1,5 m Bohrtiefe eingebracht werden können. Je schlechter die Bodenbeschaffenheiten sind, umso größer ist auch die mögliche Bohrtiefe.

Nachdem der Injektionsanker als Verlustbohrpfahl in den Boden eingebohrt wurde, wird er mittels einer Betoninjektion verpresst. Hier wurde zu Beginn eine motorbetriebene Injektionspumpe verwendet.

Aufgrund der Verwendung von Zusatzmitteln kann schon kurz nach Verpressen eine sehr hohe Führfestigkeit erreicht werden, die bedeutend höher als die Bodenfestigkeit ist. Je nach Umweltbedingungen wird nach ca. 30 Minuten die Festigkeit eines Magerbetons erreicht.



„Injektionspumpe“



„Injektionsankers wird mit Beton verpresst“

Fotos: Holger Hohage, THW OV Witten

Die Lastaufnahme dieser Injektionsanker ist wesentlich höher als die Festigkeit eines herkömmlichen Erdankersystems des THW. Zur Zeit werden in diesem Bereich weitere Versuche des THW durchgeführt.

Hauptaugenmerk dieser Versuchsreihen sind:

- eine hohe Anfangsfestigkeit (größer als 100kN Haltekraft/Anker) auch bei widrigen Bedingungen, ohne Gefahr zu laufen, dass der Injektionsmörtel bereits im Gerät verfestigt. Hier sind umfangreiche Tests nötig, da sich die Zulassungen der bauüblichen Injektionsmaterialien auf die jeweiligen Endfestigkeiten, nicht jedoch auf die im Einsatzfall entscheidenden Anfangsfestigkeiten beziehen.
- Geringer maschineller, materieller und ausbildungstechnischer Aufwand und damit möglichst geringe Investitions- und Erhaltungskosten. Neben finanziellen Aspekten spielen hier auch Transportmöglichkeiten und Sicherheit (Bsp: Vermeidung von Beschädigungen von Einsatzkleidung durch Chemikalien) eine wesentliche Rolle.
- Größtmögliche Kompatibilität zu vorhandenen Techniken und Taktiken.

Für die Ausarbeitung der genannten Untersuchung ist ein Zeitraum von gut einem Jahr veranschlagt. Werden diese Versuche positiv abgeschlossen, so sollte über eine Erweiterung der StAN nachgedacht werden.

Die Möglichkeit

- effektive und
- statisch definierte

Erdverankerungen erstellen zu können, sollte unter Einbeziehung unseres gesetzlichen Auftrages mindestens einmal pro Geschäftsführerbereich des THW vorhanden sein.

Quellen:

- al Diban I: Das Tragverhalten horizontal belasteter, eingespannter starrer Träger; Institut für Geotechnik, Mitteilung Heft 7
- Bindseil P: Stahlbeton-Fertigeile; 3. Auflage 2007
- DIN 1054 Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau; Berlin, Jan. 2005
- DIN 1055 Einwirkung auf Tragwerke; Teil 1 bis 10 und Teil 100, Berlin, diverse Daten
- DIN 4112 Fliegende Bauten, Berlin, Feb. 1983
- Hohage H: Erdnagelberechnungsblatt; in www.thw-witten.de; Witten, 2007
- Hohage H: Toter Mann Berechnungsblatt; Witten, 2007
- Hohage H: Grund- und Tiefbau; in: BFB-Lehrgang THW BUS Hoya; Hoya 2007
- Hösch Spundwand und Profile; Spundwandhandbuch; Dortmund,
- KatS LA 220: Geräte und Hilfsmittel des Bergungszuges; Bonn, 1999
- KatS LA 261: Der Bergungseinsatz bei Gebäudeschäden; Bonn, 1986
- KatS DV 280: Stegebau; Bonn, 1978
- Leonhardt F: Vorlesungen über Massivbau; 3.Auflage 1977
- Simmer K: Grundbau 1; 18. Auflage 1987
- Simmer K: Grundbau 2; 17. Auflage 1992
- Terzaghi K: Theoretische Bodenmechanik; Lehrsatz 128 "Freie, elastische Spundwände und Pfähle bei seitlicher Belastung", Harvard University, Cambridge, Mass., USA
- THW: Fibel des Technischen Hilfswerks; Sonderteil 50; Bonn, 1984
- Wellenhofer T, Rühl C: Was ist eigentlich der Bausatz Ankerstab?;. THW-Journal Bayern, 2005
- Wellenhofer T, Rühl C, Krinke H: Grundsätzliche Überlegungen zum Thema Abstützen; in: THW-Zeitung NRW, IV 2007