

Glienke & Co. GmbH.
Gerätebau KG.
D-7128 Lauffen/Neckar

Verankerungspfähle für fliegende Bauten

Untersuchungen, durchgeführt und ausgewertet im Auftrage
des Ministers für Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten
des Landes Nordrhein-Westfalen

von

Dr.-Ing. Manfred Kany und Dipl.-Ing. Helmut Becker

Grundbauinstitut

Bayerische Landesgewerbeanstalt
Nürnberg

40 Seiten mit 44 Bildern und 23 Zahlentafeln

BERLIN 1967

VERTRIEB DURCH VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
VORWORT	
1. EINLEITUNG	1
A. Stabanker	
B. Kreuzanker	
C. Drillanker	
D. Flügelanker	
E. Schraubanker	
2. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	2
2.1 Versuchs des B G L A - Grundbauinstitutes	
2.1.1. Versuche im Sandkasten	3
2.1.2 Versuche im Gelände	4
2.1.3 Versuche im Labor	6
2.1.4 Allgemeine Erfahrungen	7
2.2 Versuche der Firma Stromeyer	8
2.3 Versuche der Firma Langer Glienke u. Co.	10
2.4 Versuche von Müller	12
3. AUSWERTUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE	13
3.1 Allgemeines	
3.2 Auswertung für Schrägzuganker	
3.2.1 Stabanker im Sand 1	
3.2.2 Kreuzanker im Sand 1	
3.2.3 Flügelanker im Sand 1	
3.2.4 Stabanker im Ton 1	
3.2.5 Flügelanker im Ton 1	
3.3 Auswertung der Zuganker	15
3.3.1 Allgemeines	
3.3.2 Stabanker im Sand 1	
3.3.3 Stabanker im Sand und Kies	
3.3.4 Stabanker im Lehm	
3.3.5 Stabanker im Ton 1	
3.3.6 Schraubanker im Sand 1	
3.3.7 Schraubanker im Ton 1	
3.3.8 Drillanker im Sand 1	
3.3.9 Drillanker im Ton 1	
3.3.10 Kreuzanker im Sand	
3.3.11 Kreuzanker im Ton 1	
3.3.12 Schraubanker in verschiedenen Böden	
4. FOLGERUNGEN FÜR DIE PRAXIS	19
4.1 Allgemeines	
4.2 Schrägzuganker	20
4.3 Zuganker	
4.4 Schraubanker	21
4.5 Empfehlungen für die Praxis	
LITERATURVERZEICHNIS	22
Zusammenfassung Summary Résumé,	
ANHANG (Tabellen)	24 - 40

VORWORT

Bei der Verankerung "Fliegender Bauten" im Boden muß über die Tragfähigkeit der Erdanker entschieden werden. Bei dem Versuch, die Berechnungsmethoden für Erdanker zu vereinheitlichen, ergaben sich im Fachnormenausschuß Bauwesen, Arbeitsausschuß "Fliegende Bauten", verschiedene offene Fragen, die durch Belastungsversuche mit den üblichen Verankerungspfählen geklärt werden sollten. Mit der Durchführung dieser Untersuchungen wurde im Rahmen eines Forschungsauftrages des Ministers für Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten des Landes Nordrhein-Westfalen das Grundbauinstitut der Bayerischen Landesgewerbeanstalt in Nürnberg beauftragt. Das Ergebnis wurde dem Auftraggeber in Form eines Forschungsberichtes mitgeteilt. Der Bericht wurde danach in die druckreife Form umgearbeitet und in einigen Punkten erweitert.

Die Bayerische Landesgewerbeanstalt dankt dem Minister für Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten des Landes Nordrhein-Westfalen für die Bereitstellung der Mittel zur Finanzierung der Untersuchungen und den Herren Professor Dr. -Ing. E. h. W e d l e r und dem damaligen Obmann des betreffenden FN-Bau-Arbeitsausschusses, Gewerbeoberbaurat W i e ß n e r, für ihre Bemühungen hinsichtlich der Vergabe des Forschungsauftrages. Ferner gebührt Dank den Firmen Langer, Glienke u. Co., Leinfelden, und Stromeier, Konstanz, für die Überlassung herkömmlicher Anker und für die Mitteilung der Ergebnisse bereits vorliegender Belastungsversuche.

Weiterhin danken die Verfasser den Mitarbeitern des Grundbauinstitutes für ihre tatkräftige Unterstützung bei der vorliegenden Arbeit.

1. EINLEITUNG

Fliegende Bauten, das sind leichte bauliche Anlagen, die wiederholt aufgestellt und zerlegt werden (z.B. Zelte, Schaubuden, Riesenräder und nicht ortsfeste Tribünen) müssen gegen Kippen, Gleiten und Abheben gesichert werden. Dies geschieht durch Ableiten der Kräfte über Verankerungen in den Untergrund. Diese Kräfte entstehen durch Winddruck, Windsog und Seilspannungen infolge Lasten aus der Konstruktion.

Für den Standsicherheitsnachweis am einfachsten zu berechnen sind im Bereich der Oberfläche aufgestellte sogenannte Schwergewichtsanker. Die aufzunehmenden Kräfte entsprechen hier dem Eigengewicht des Ankerkörpers. Diese Anker werden meist als Betonklötze ausgebildet. Üblich sind hier als Gegenlast auch Wasser- oder Sandsäcke.

Schwieriger zu beurteilen sind eingegrabene Schwergewichtsanker, wozu neben dem Eigengewicht noch durch Erd- und Reibung zusätzliche Kräfte aufgenommen werden. Bei Fliegenden Bauten sind Schwergewichtsanker sehr aufwendig, weil sie nur kurzzeitig gebraucht werden. Andererseits ist ihre Verwendung bei sehr großen Zugkräften oft unumgänglich. Auch eingegrabene Ankerplatten oder Ankerbalken werden oft für größere Zugkräfte genutzt [1].

In der Praxis tritt meist eine Vielzahl von kleineren Kräften auf. In diesen Fällen sind leichte Erdanker angebracht und auch ausreichend. Diese Anker haben meist Stabform oder sind stabähnlich ausgebildet. Sie werden mit einem schweren Hammer in den Untergrund eingetrieben und nach dem Gebrauch wieder gezogen. Etwa 80-90 % aller Fliegenden Bauten werden mit Stabankern abgesichert.

In DIN 4112 "Fliegende Bauten, Richtlinien für die Bemessung" (mit Beiblatt [2], [3]), wird unterschieden zwischen Zugankern und Verankerungspfählen. Zuganker sind dabei Pfähle, bei denen die Hauptkraftkomponente in Richtung der Pfahlachse verläuft. Verankerungspfähle werden dagegen überwiegend durch Seitenkräfte belastet. Im Folgenden werden die Verankerungspfähle allgemein als Schrägzuganker bezeichnet. Die Benennung Zuganker wird entsprechend der Definition in DIN 4112 beibehalten. Nach der Ankerform unterscheidet man im allgemeinen folgende gebräuchliche Ankertypen (Bild 1):

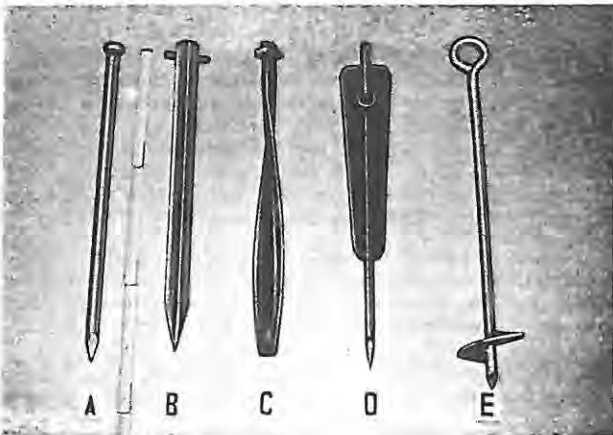


Bild 1:

Verschiedene Ankertypen

- A = Stabanker
- B = Kreuzanker
- C = Drillanker
- D = Flügelanker
- E = Schraubanker

A. Stabanker

Diese einfachen Erdanker werden aus Stahl, Leichtmetall und Holz hergestellt. Bei Holz wird oft die Spitze und der Kopf durch Stahlblech verstärkt. Wegen der ungleichmäßigen Oberfläche sind Holzanker oft schwer einzutreiben und werden daher infolge ihrer geringen Eigenfestigkeit schnell zerstört. Leichtmetallanker neigen dagegen zu Verformungen beim Einschlagen. Am weitesten verbreitet sind daher Stahlstabanker.

Stahlstabanker werden in Längen von 30 - 150 cm bei einem Durchmesser von 1,5 cm bis 5,0 cm verwendet. Der Kopf ist gestaucht, damit eine Befestigungsmöglichkeit für Seile und Platten besteht (Bild 2, 3 und 5).

B. Kreuzanker

Dieser Anker besteht aus Formstahl mit kreuzförmigem Querschnitt. Der Ankerkopf ist verstärkt und so ausgebildet, daß Seilverankerungen möglich sind.

C. Drillanker

Zur Herstellung wird gedillter Flachstahl verwendet. Der Fuß hat eine messerartige Schneide. Die Verbindung mit einem Seil erfolgt über ein Loch am Ankerkopf. Beim Einschlagen dreht sich der Anker in den Untergrund ein und läßt sich deshalb gut in grobkörnige Böden (Kies und Schotter) eintreiben.

D. Flügelanker

Zur Aufnahme größerer Seitenkräfte verwendet man verbreiterte Stabanker, da eine hinreichende Querschnittsverbreiterung einen höheren Erdwiderstand bedingt. Es sind Flügelbreiten bis zu 30 cm bei Ankerlängen bis zu 150 cm bekannt.

E. Schraubanker

Diese Anker sind reine Zuganker und bestehen aus einem Rundstahl mit einem schraubenartigen Teller an der Spitze und einer Öse am Ankerkopf. Sonderausführungen haben mehrere Schraubengänge oder eine mehrfach unterbrochene Schraubensfläche. Wichtig ist, daß der Steigungswinkel der Schraube kleiner ist als der Reibungswinkel zwischen Anker und Boden, da nur so eine selbsthemmende Befestigung vorliegt. Der Anker läßt sich dann durch ein Drehmoment in den Untergrund eindrehen und kann sich bei entsprechender Zugbelastung nicht herausdrehen.

Schraubanker sind im allgemeinen 60 bis 300 cm lang bei einem Tellerdurchmesser bis zu 30 cm. Eine Verlängerung durch Aufsatzstücke ist möglich.

Außer den hier aufgezählten Ankern gibt es noch eine große Anzahl von Spezialankern. Hierhin gehören z.B. Spreiz- und Klappanker, die teilweise allerdings nur für eine dauernde Verankerung geeignet sind, da sie meistens im Boden verbleiben bzw. nur aufwendig wiedergewonnen werden können. Eine sehr ausführliche Besprechung von Spezialankern gibt OTTO/TROSTEL [4]. Erd- und Spezialanker werden ebenfalls von BACHUS [5] erwähnt.

Oft reicht die Tragkraft einzelner Anker nicht aus. Dann werden um den jeweiligen Kraftangriffspunkt mehrere Anker geschlagen und durch Verbindung ein gemeinsames Wirken erzwungen (Bild 4).

Außer bei Fliegenden Bauten sind derartige Verankerungen auch bei Gerüsten, Masten, Bohrtürmen u.a. gebräuchlich. Zunehmende Bedeutung gewinnen Verankerungen auch beim Bau von Großzelten und Überdruckhallen. Die moderne Architektur greift ebenfalls bei Bauten auf Zeit immer mehr auf leichte Bauweisen mit Seilen, Netzen und Membranen zurück [4].

In der vorliegenden Arbeit wird versucht, das Verankerungsproblem zu klären und Formeln zu finden, um die Sicherheit der Verankerung der Bauten in der Praxis rechnerisch zu überprüfen und zu gewährleisten. Infolge der



Bild 2:
Verankerung der Strebe einer Schaubude mit einem Stabanker.



Bild 5:
Verankerung eines Kettenfliegers durch 2 Stabanker und einen Stahlbügel.



Bild 3:
Zugverankerung eines Riesenscheibes mit 3 Stabankern und einem Drahtseil.



Bild 4:
Hauptmastverankerung eines Zirkuszeltes durch 3 Stabanker.

verschiedenen Bodenarten und der möglichen unterschiedlichen Schichtungen im Verankerungsbereich läßt sich das gestellte Problem nur durch sehr umfangreiche Untersuchungen klären. Schwierigkeiten sind dabei vor allem wegen der Inhomogenität und der stark wechselnden Lagerungsdichten bzw. Zustände der jeweils anstehenden Böden zu erwarten.

2. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

2.1 Versuche des BLGA-Grundbauinstitutes

Zur experimentellen Ermittlung der Tragfähigkeit wurden statische Ankerzugversuche mit verschiedenen gebräuchlichen Ankern durchgeführt. Außer Stabankern wurden hierbei Kreuz-, Drill-, Flügel- und Schraubanker verwendet, deren Abmessungen aus Bild 6 hervorgehen.

Die Belastungseinrichtung (Bild 7) bestand aus einem Dreieck, über den mittels Umlenkung die jeweiligen Kräfte aufgebracht wurden. Die Last wurde statisch mit 10 und 20 kg schweren Stahlplatten erzeugt. Mit Ausnahme der Schraubanker wurden die Anker mit einem 8 kg-Vorschlaghammer eingetrieben, wobei die Einschlagrichtung durch eine verstellbare Führung eingehalten wurde. Die Belastung erfolgte unmittelbar nach dem Eintreiben. Für die Laststeigerung wurden je nach den auftretenden Bewegungen Stufen von 40, 20 und 10 kg gewählt. Wenn nach 3 Minuten keine merkbaren Bewegungen mehr feststellbar waren, so wurde die nächste Laststufe aufgebracht.

Es wurden entsprechend den Verhältnissen in der Praxis Zuganker mit ziemlich glatter und mit verrosteter Oberfläche verwendet. Bei den Schrägzugankern, wo die Rauigkeit der Ankeroberfläche weniger Einfluß auf die Tragfähigkeit hat, wurde auf diese Unterscheidung verzichtet. Während die Zuganker gemäß ihrer Definition nur in Richtung der Stabachse belastet wurden, sind bei den Versuchen mit Schrägzugankern sowohl der Einschlagwinkel α als auch der Zugwinkel β variiert worden. Die einzelnen Bezeichnungen sind in der Prinzipskizze auf Bild 8 erläutert.

Die bei der Belastung aufgetretenen Verschiebungen wurden bei den Schrägzugankern in Höhe Geländeoberkante mit einem Meterstab in horizontaler Richtung gemessen. Durch Anbringung von zwei Schreibstiften in der verlängerten Pfahlachse wurden die Verschiebungsbeträge vergrößert auf eine Tafel aufgezeichnet, so daß auch kleine Bewegungen bzw. der Ruhezustand leicht erkennbar war. Bei den Zugankern wurden die Hebungen an einer Meßlatte mit Hilfe eines Zeigers abgelesen.

Der Abstand zwischen den einzelnen geschlagenen Ankern

wurde so groß gewählt, daß sich keine Störungen des Bodens im Bereich der benachbart eingeschlagenen Anker ergab.

Zur näheren Erläuterung der in den folgenden Ausführungen enthaltenen Angaben über Bodenkennwerte wird auf die Literatur (6) und (7) verwiesen.

Die Versuchsergebnisse sind jeweils in Tabellen zusammengefaßt. Dort sind auch Angaben über die gemessenen Tragfähigkeiten und die Abmessungen der Anker zu finden. Bei den Schrägzugankern sind dort ferner Erläuterungen über Einschlag- und Zugwinkel aufgeführt. Bei der maximalen Schrägzugkraft P_S bzw. der maximalen Zugkraft P_Z wurde der Anker aus dem Boden gezogen, bzw. es war eine sehr große in der Praxis nicht mehr tragbare Verschiebung erreicht.

2.1.1. Versuche im Sandkasten

In einem Kasten, der aus einem Stahlrahmen mit eingelegten Kanthölzern besteht, wurde Sand unter verschiedenen Einbaubedingungen lagenweise eingebracht. Die Kastenabmessungen betragen 2,75 x 2,50 m bei einer möglicher Füllhöhe bis zu 1,5 m.

Die Verdichtung des Sandes erfolgte mit einem leichten Oberflächenrüttler (Type Wacker EVP 50) bzw. mit einem 10 kg-Handstampfer bei Schichtstärken von 10 - 20 cm.

Die Ergebnisse der Zugversuche im Sandkasten sind in den Tabellen 1 und 2 wiedergegeben, und zwar sind dies die Versuche Nr. 1 bis 75 (Schrägzuganker), die Versuche Nr. 158 - 173 (Schrägzuganker) und die Versuche Nr. 184 - 327 (Zuganker).

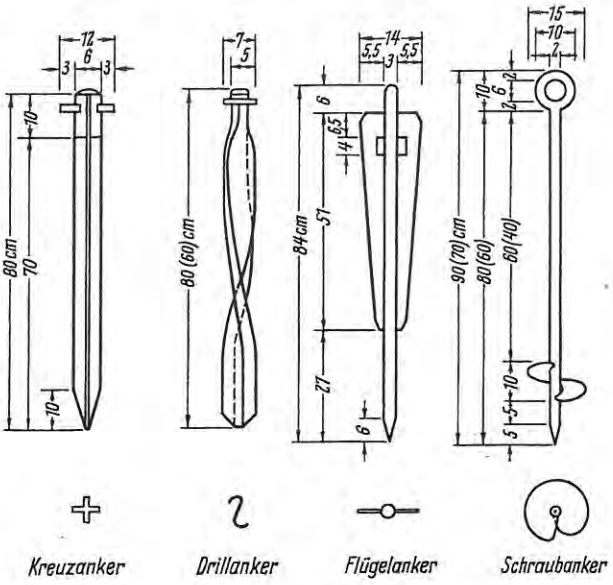


Bild 6: Ankerabmessungen

setzung. Zur weiteren Auswertung wurde die absolut festgestellte lockerste und dichteste Lagerung von $n_o = 49,7\%$ bzw. $n_d = 29,2\%$ verwendet.

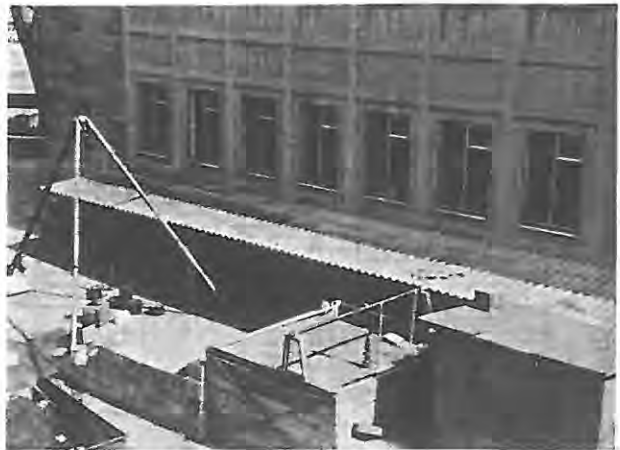
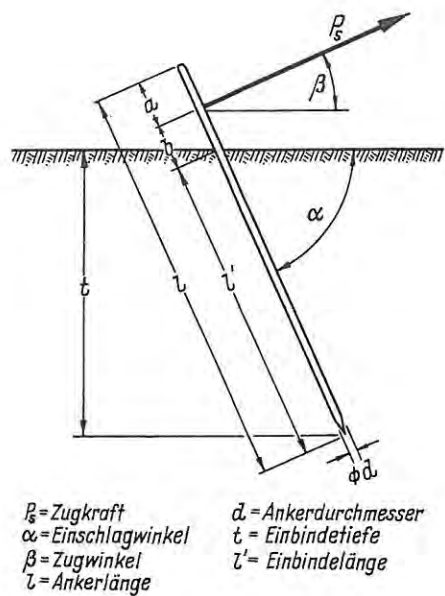


Bild 7: Belastungseinrichtung beim Sandkasten

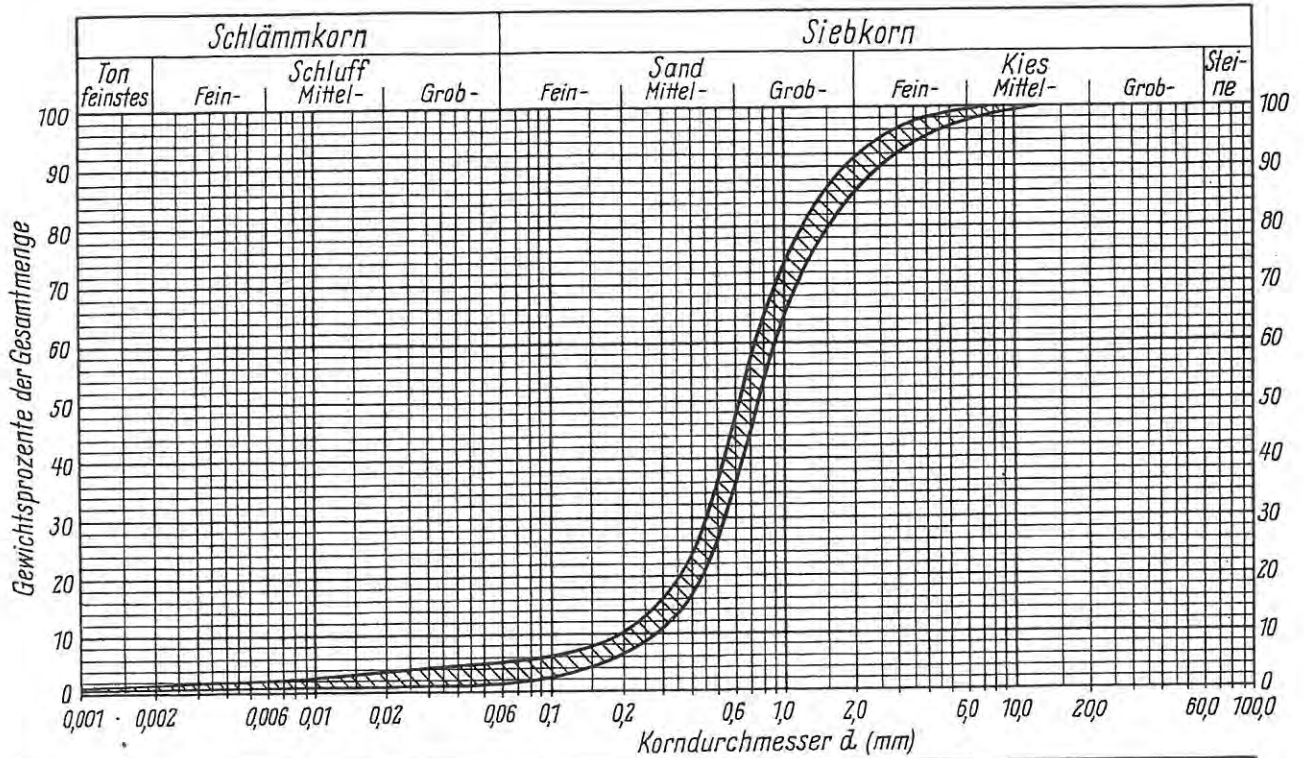


P_S = Zugkraft
 α = Einschlagwinkel
 β = Zugwinkel
 L = Ankerlänge
 d = Ankerdurchmesser
 t = Einbindetiefe
 L' = Einbindelänge

Bild 8: Prinzipskizze der Bezeichnungen bei Schrägzugankern

Die Kornverteilung des verwendeten Sandes geht aus dem Kornverteilungsband auf Bild 9 hervor. Danach handelt es sich um einen schwach schluffigen, schwach feinkiesigen Sand, der im weiteren Bericht mit Sand 1 bezeichnet wird.

Im Labor wurde vom Sand 1, der ein spezifisches Gewicht von $\gamma_s = 2,65 \text{ t/m}^3$ hat, die lockerste und dichteste Lagerung bestimmt. Dabei ergaben sich Porenvolumina entsprechend der Tabelle 3. Die geringen Streuungen der Versuchsergebnisse sind bedingt durch zwangsläufige Versuchsfehler und durch geringe Schwankungen in der Kornzusammen-



Kurve	Nr:	—	Arbeitsweise:
Labor	Nr:	11416	
Entnahmestelle	—	Sandkasten	Sieb-Schlamm-analyse
Probe	Nr:	1...6	
Entnahmetiefe	m	—	Bemerkung:
Tongehalt <0,002 mm	%	~1	
Ungleichförmigkeitsgrad U	$\frac{d_{60}}{d_{10}}$	3,3...3,8	
Bodenart (nach DIN 4023)	—	schwach schluffiger, schwach feinkiesiger Sand (Sand 1)	
			Kornverteilungsband aus 6 Sieb- und 1 Schlamm-analyse

Bild 9 : Kornverteilungsband Sandkasten (Sand 1)

Zur Bestimmung der Reibungsbeiwerte wurde der Sand mit verschiedenen Lagerungsdichten im Rahmenschergerät (10 x 10 cm) untersucht. Dabei ergaben sich die aus Bild 10 zu entnehmenden Abhängigkeiten zwischen der Lagerungsdichte und dem Winkel der inneren Reibung im Bruchzustand.

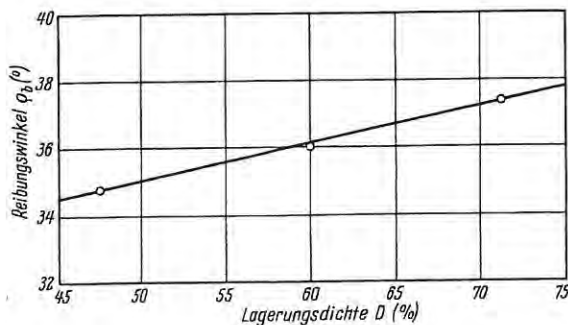


Bild 10: Abhängigkeit des Reibungswinkels von der Lagerungsdichte für Sand 1.

Von den einzelnen Sandfüllungen des Kastens wurden die jeweiligen mittleren Bodenkennziffern ermittelt. Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 4 wiedergegeben. Demnach liegen alle Werte der Lagerungsdichte über 50 %, d.h. der Sand war immer mindestens dicht gelagert.

Für die 4. Füllung liegen keine Laboruntersuchungen vor, da der nach den Zugversuchen plötzlich einsetzende starke Frost eine ungestörte Probeentnahme nicht mehr ermöglichte.

2.1.2 Versuche im Gelände

Diese Versuche wurden auf einer Wiese in Lauf bei Nürnberg ausgeführt. Dort steht unter einer ca. 0,20 bis 0,25 m mächtigen Mutterbodenüberdeckung ein sandiger Ton an. Diese Bodenschichtung wurde durch 2 Schürftgruben und 2 Bohrungen erkundet. Die entsprechenden Schichtenprofile sind auf Bild 11 dargestellt. Die vorhandene Mutterbodenüberdeckung von 20 - 25 cm Mächtigkeit wurde für die Versuche nicht entfernt, da in der Praxis in den meisten Fällen eine Überdeckung ähnlicher Art vorliegt.

Die den Schürftgruben und Bohrungen entnommenen Proben zeigen Kornverteilungen gemäß Bild 12. Vorwiegend handelt es sich danach um einen schwach feinsandigen, schluffigen Ton, der im folgenden allgemein mit Ton 1 bezeichnet wird.

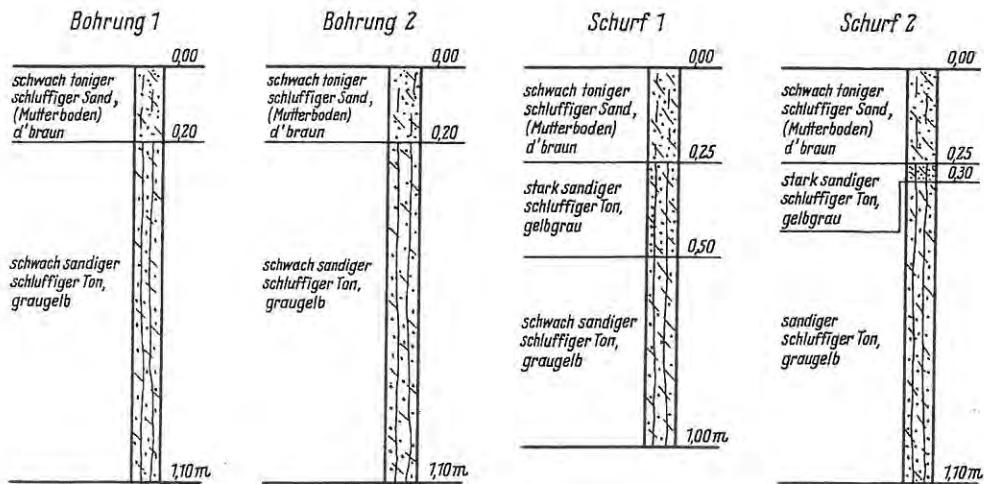
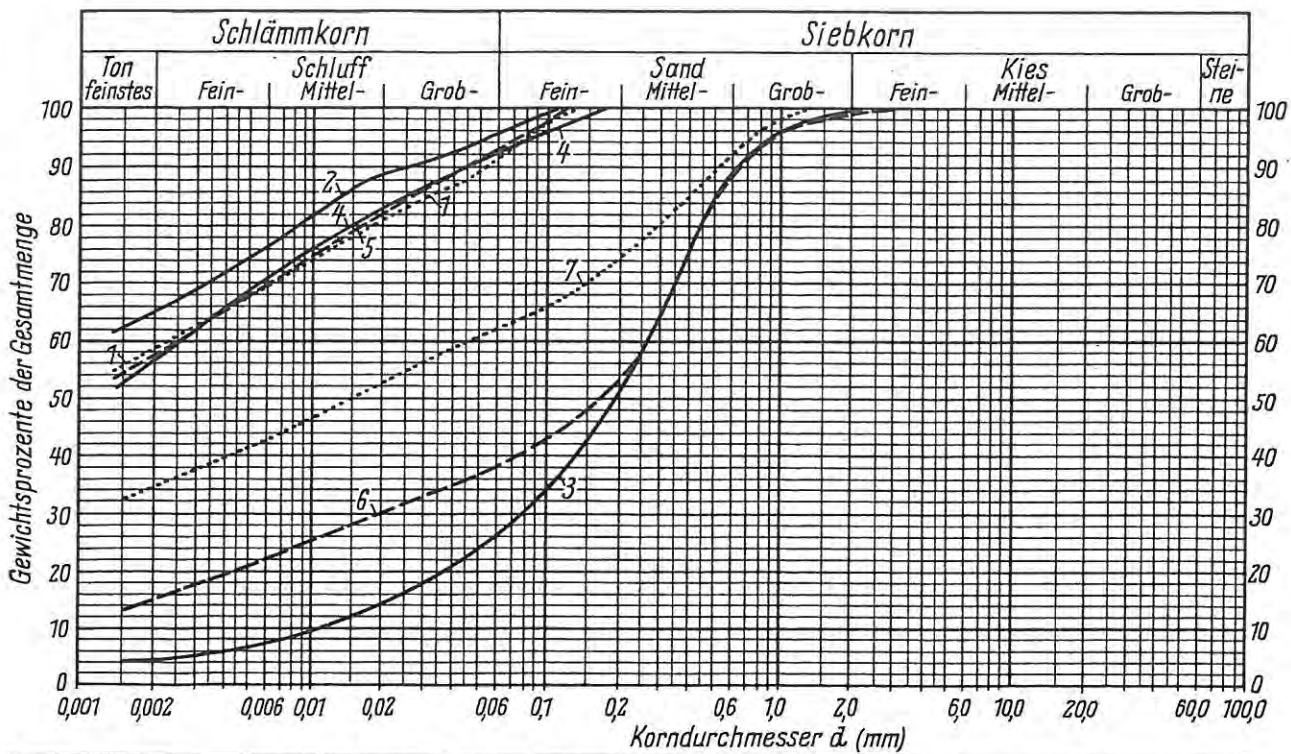


Bild 11:
Bodenaufschlüsse Lauf (Ton 1)



Kurve	Nr:	1	2	3	4	5	6	7	Arbeitsweise:
Labor	Nr:	17654	17664	17648	17650	17653	17657	17658	
Entnahmestelle	—	B1	B2	Sch1	Sch1	Sch1	Sch2	Sch2	
Probe	Nr:	1	2	1	3	6	1	2	Bemerkung:
Entnahmetiefe	m	0,40...0,60	0,60...0,80	0,05...0,25	0,60...0,80	0,60...0,80	0,05...0,25	0,30...0,50	
Tongehalt <0,002 mm	%	59	65	5	56	57	15	35	
Ungleichförmigkeitsgrad U	$\frac{d_{60}}{d_{10}}$	—	—	25	—	—	—	—	
Bodenart (nach DIN 4023)	—	Kurve 1,2,4,5 = schwach feinsandiger schluffiger Ton Kurve 3,6 = schwach toniger schluffiger Sand (Mutterboden) Kurve 7 = stark sandiger schluffiger Ton							* B=Bohrung / Sch=Schurf

Bild 12:
Kornverteilungskurven Lauf (Ton 1)

Je nach Tonanteil von etwa 35 bis 65 % liegen die Fließgrenzen bei 61,5 bis 78,5 % und die Ausrollgrenzen bei 20,2 bis 26,4 % bei entsprechenden Bildsamkeiten von 40,6 bis 53,1 %. Es liegt also ein hochplastischer Ton vor, der bei einem natürlichen Wassergehalt von 27,5 bis 36,9 % eine steife Konsistenz besitzt. Im Rahmenschergerät (10 x 10 cm) ergaben sich für eine Vorbelastung von 3 kg/cm² für zwei Proben mit unterschiedlichem Sandgehalt ein Reibungswinkel von 3 bzw. 6° bei einer Kohäsion von 0,8 bzw. 0,7 kg/cm². Der Porenwasserdruck wurde beim Abscheren nicht gemessen.

Im Gelände wurden die Versuche Nr. 76 bis 157 (Schrägzuganker), die Versuche Nr. 174 bis 183 (Schrägzuganker) und die Versuche Nr. 328 bis 372 (Zuganker) durchgeführt. Die zugehörigen Versuchsergebnisse sind in den Tabellen 5 und 6 aufgeführt.

Alle Versuche wurden hier bei einem Einschlagwinkel $\alpha = 90^\circ$ durchgeführt, da sich bei den Sandkastenversuchen zeigte, daß bei dieser Anordnung eine maximale Kraftaufnahme vorliegt.

Eine Zusammenfassung der Bodenkennziffern aller untersuchten Proben aus den Bodenaufschlüssen Wiese Lauf enthält die Tabelle 7.

2.1.3 Versuche im Labor

Um ohne größeren Aufwand Stabanker bei Zugbeanspruchung in verschiedenen Bodenarten zu untersuchen, wurden auch

im Laboratorium Versuche mit einem Modellanker durchgeführt. Hierbei wurde ein Stahlhohlzylinder mit 50 cm Innendurchmesser und 23 cm Höhe mit dem jeweiligen Boden gefüllt. Das Bodenmaterial wurde mit einem leichten Handstampfer verdichtet. In der Mitte des Behälters wurde ein Anker von 20 cm Länge (einschließlich 3 cm Spitze) und 2,7 cm Durchmesser eingeschlagen und nach Bild 13 mit

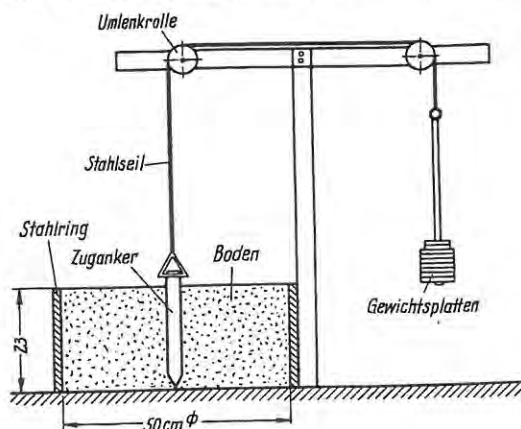
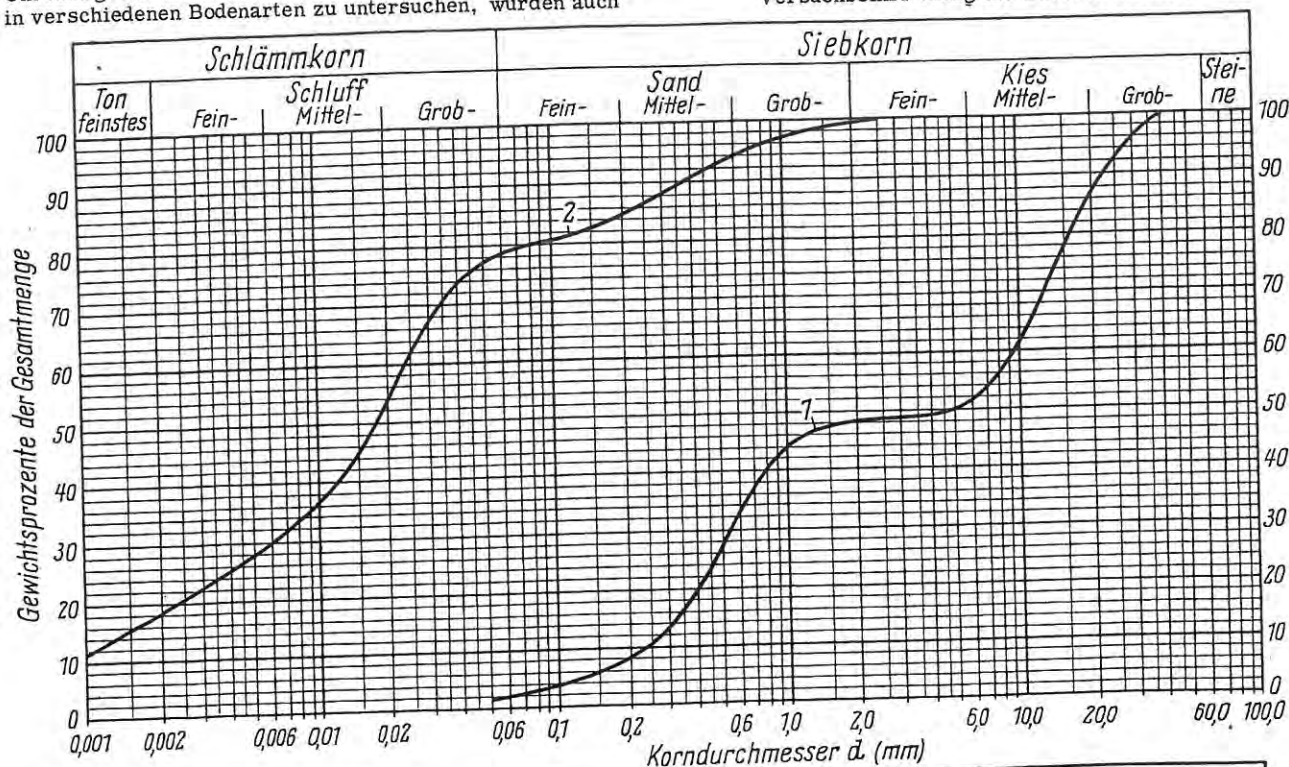


Bild 13: Versuchseinrichtung für Laborversuche.



Kurve	Nr.	Schlammkorn		Siebkorn						Steine
		Ton feinstes	Fein-	Schluff Mittel-	Grob-	Fein-	Sand Mittel-	Grob-	Fein-	
Labor	Nr.	1		2						Arbeitsweise: Sieb-Schlammanalyse
Entnahmestelle	—	Laborversuch		Laborversuch						
Probe	Nr.	—		—						
Entnahmetiefe	m	—		—						Bemerkung: *B=Bohrung / Sch=Schurf
Tongehalt <0,002 mm	%	—		18						
Ungleichförmigkeitsgrad U	$\frac{d_{60}}{d_{10}}$	39		—						
Bodenart (nach DIN 4023)	—	Sand und Kies		sandiger, toniger Schluff (Lehm)						

Bild 14: Kornverteilungskurven Laborversuche.

Gewichten belastet. Zusätzlich wurden Anker belastet, die nicht eingeschlagen, sondern in den Behälter gestellt und dann durch Bodeneinfüllung unter Verdichtung eingebaut wurden. Nur so war eine den Verhältnissen entsprechende Reibung zu erzielen, da ja nur eine geringe Einschlagtiefe vorliegt.

In der Tabelle 8 sind die Versuchsergebnisse unter Versuche-Nr. 470 - 530 zusammengestellt. Die Modellversuche wurden mit Sand 1 (Versuche-Nr. 470 bis 479), mit Sand und Kies (Versuche-Nr. 480 - 490) und mit Lehm (Versuche-Nr. 491 bis 530) durchgeführt.

Die Einbaudaten für den Sand 1 sind auf Tabelle 9 wiedergegeben. Die Lagerungsdichten liegen zwischen 24,6 bis 57,4 %, d. h. im lockeren bis dichten Bereich.

Der Sand und Kies, dessen Kornverteilung Bild 14 zeigt, hat eine ziemlich kubische und abgerundete Kornform. Auf Laborversuche zur Ermittlung der Lagerungsdichte und Scherfestigkeit wurde verzichtet, da das Grobkorn die Verwendung von Großgeräten bedingt und dies für den vorliegenden Zweck zu aufwendig erschien. Die Einbaudaten ohne Angaben der Lagerungsdichten enthält die Tabelle 10.

Bei dem Lehm handelt es sich nach der Kornverteilungskurve (Bild 14) um einen sandigen, tonigen Schluff. Bei einer Fließgrenze von 41,0 % und einer Ausrollgrenze von 18,9 % ergibt sich eine Bildsamkeit von 22,1 %. Es liegt mithin ein Boden von mittlerer Plastizität vor. Scherverversuche wurden wegen der stark wechselnden Einbauwassergehalte nicht durchgeführt. Auf Tabelle 11 sind die Einbaudaten des Lehms wiedergegeben.

2.1.4 Allgemeine Erfahrungen

Bei der Ausführung der Versuche wurden einige Beobachtungen gemacht, die erwähnenswert sind. Diese werden im folgenden kurz erläutert.

Bei den Schrägzugankern haben sich während der Belastung verschiedene Stabanker verbogen. Bild 15 zeigt zwei verbogene Anker. Kennzeichnend ist das knickartige Verbiegen. Der Anteil an wesentlich verbogenen Stabankern liegt allerdings nur bei 2 bis 3 %. In der Tabelle 12 sind die Abmessungen für einige verbogene Schrägzuganker aufgeführt.

Bei hoher Schrägzugbelastung schneiden sich die Stabanker ohne direkte Bildung eines Erdkeils in den Boden ein (Bild 16). Bei Sand, wo sich beim Austrocknen an der Oberfläche eine Kruste bildet, tritt eine allerdings nicht tief wirkende Keilbildung ein (Bild 17). Ein Teil der auf dem Bild sichtbaren Aufwölbung entsteht allerdings schon beim Eintreiben des Ankers. Diese Aufwölbung erfolgt nur bei nichtbindigen und dichtgelagerten Böden. Bei bindigen Böden im plastischen Zustand bildet sich meist eine kleine Mulde im Bereich des eingeschlagenen Ankers.

Bei hoher Belastung von Flügel- und Kreuzankern treten dagegen größere Bodenverschiebungen auf. Hier geht der Schnittvorgang schon in ein Erdwiderstandsproblem über, da hier größere Angriffsflächen vorliegen. Die Bilder 18 und 19 zeigen die Bildungen von Erdkeilen bei einem Flügel- und einem Kreuzanker. Ist die Erdoberfläche z. B. durch

Rasen befestigt, so ist die Keilbildung weniger groß und der Anker schneidet wieder mehr wie ein Stabanker in den Boden ein.

Bei schräg eingeschlagenen Ankern (z. B. Einschlagwinkel $\alpha = 45^\circ$) ist die Tragfähigkeit nicht besonders hoch. Die in den Tabellen aufgeführten Kräfte täuschen insofern, daß bei



Bild 16:
Einschneiden eines Schrägzugankers in den Boden.



Bild 17:
Aufwölbung des Bodens bei Verschiebungen im Sand.



Bild 18:
Bild eines Erdkeils bei Belastung eines Flügelankers.

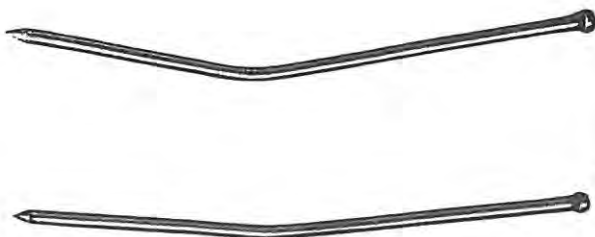


Bild 15:
Verbogene Schrägzuganker.



Bild 19:
Bildung eines Erdkeils bei Belastung eines Kreuzankers.



Bild 20:
Rissebild eines Erdkeils bei Belastung eines Kreuzankers.



Bild 21:
Herausziehen eines Schraubankers unter Mitnahme eines zylindrischen Erdkörpers.

dieser Höchstlast bereits sehr große Verschiebungen eingetreten sind. Es wurde festgestellt, daß Anker, die sich bei starker Belastung lotrecht, also unter einen Winkel von $\alpha = 90^\circ$ gestellt hatten, zunächst noch weitere Laststeigerungen aushalten, wobei die Verschiebungen je Laststufe wieder abnehmen. Bei weiterer Laststeigerung nimmt der Verschiebungsweg wieder zu und der Anker wird gezogen. Die größten Tragfähigkeiten zeigten bei gleichartigen Ankern immer diejenigen, die unter einem Einschlagwinkel von $\alpha = 90^\circ$ eingetrieben wurden. Die aufgenommene Zugkraft lag wesentlich über der von geneigten Ankern bei gleicher Einschlaglänge. Es wurden deshalb auch bei den Versuchen in Lauf nur noch Anker mit einem Einschlagwinkel von $\alpha = 90^\circ$ untersucht.

Bei der Belastung der Schraubanker bildet sich zunächst eine Rißfigur gemäß Bild 2C. Beim Herausziehen bildet sich kein Erdkegel, sondern es wird ein zylinderförmiger Erdkörper aus dem Boden gezogen (Bild 21). Der Zylinderdurchmesser entspricht in etwa dem Tellerdurchmesser des Schraubankers.

Bei den Versuchen im Sand drehten sich Schraubanker nur sehr wenig beim Herausziehen aus dem Boden. Dadurch wurde das ganze überlagernde Bodenmaterial aktiviert. In dem tonigen Boden wurde festgestellt, daß beim Erreichen der Höchstlast der Anker bereits eine ein- bis dreifache Umdrehung ausgeführt hatte. Die ursprüngliche Einschraublänge war also bereits nicht mehr gegeben. Dies wird auf den Einfluß der unterschiedlichen Reibungswinkel zurückgeführt. Entsprechend der Steigung der Schraube liegt nur im Sand eine selbstsperrende Schraube vor.

2.2 Versuche der Firma Stromeyer

Die Firma Stromeyer, Konstanz, führte mit verschiedenen Ankern auf ihrem Werksgelände Zugversuche aus. Die Ergebnisse wurden uns freundlicherweise zur Verwendung in dieser Arbeit überlassen.

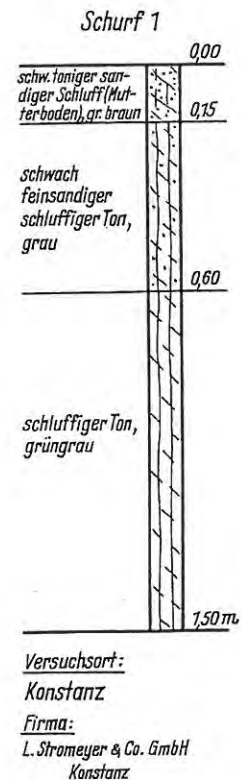
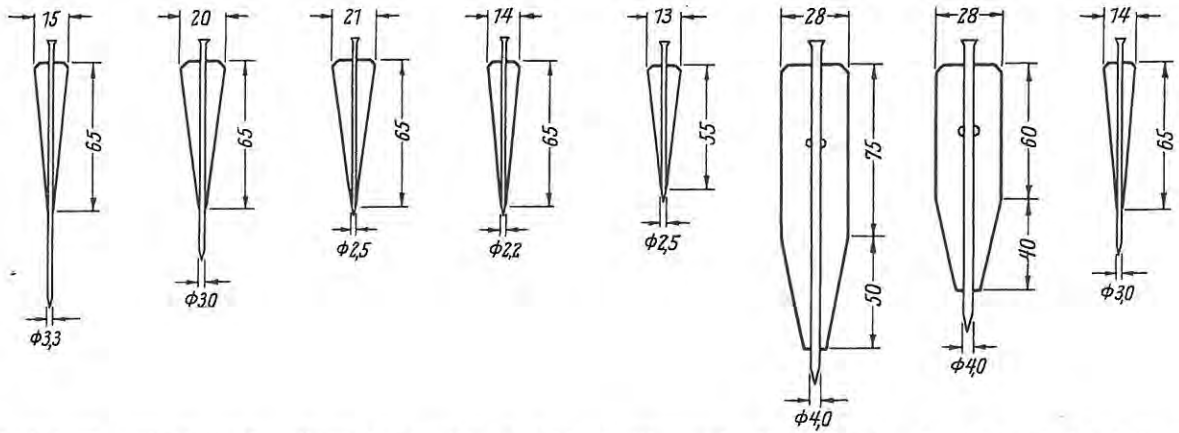


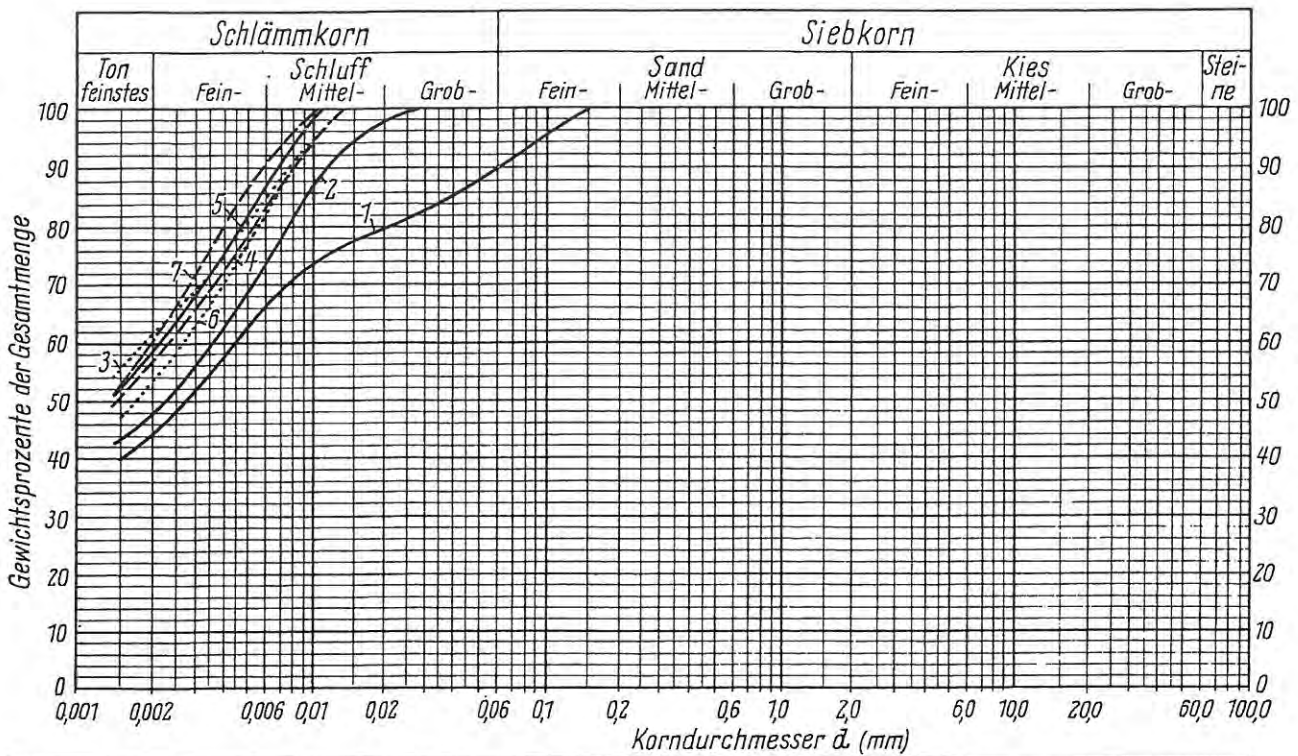
Bild 22:
Bodenaufschluß Konstanz (Ton 2) /.



Flügelanker I Flügelanker II Flügelanker III Flügelanker IV Flügelanker V Flügelanker VI Flügelanker VII Flügelanker VIII

Bild 23:

Flügelankerausbildung für die Versuche der Fa. Stromeier



Kurve	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	Arbeitsweise:
Labor	Nr.	20 288	20 289	20 290	20 291	20 292	20 293	20 294	
Entnahmestelle	—	Konstanz Sch 1							Bemerkung:
Probe	Nr.	4	5	6	7	8	9	10	
Entnahmetiefe	π	0,45...0,60	0,60...0,75	0,75...0,90	0,90...1,05	1,05...1,20	1,20...1,35	1,35...1,50	
Tongehalt <0,002 mm	%	44	48	62	57	58	53	60	
Ungleichförmigkeitsgrad U	$\frac{d_{60}}{d_{10}}$	—	—	—	—	—	—	—	
Bodenart (nach DIN 4023)	—	Kurve 1 = schwach feinsandiger, schluffiger Ton Kurve 2...7 = schluffiger Ton							

Bild 24:

Kornverteilungskurven Konstanz (Ton 2).

Die Schichtung des Untergrundes im Bereich der Verankerungsversuche wurde durch eine Schürfgrube festgestellt. Das zugehörige Schichtenprotokoll ist auf Bild 22 dargestellt.

Es wurden nur Schrägzuganker belastet. Die Abmessungen der verwendeten Flügelerker gehen aus Bild 23 hervor. Die Versuchsergebnisse gibt die Tabelle 13 wieder. Dabei handelt es sich um die Versuche-Nr. 373 bis 398.

Aus der Schürfgrube wurden uns zur Ermittlung von Bodenkennziffern gestörte Bodenproben übergeben. Nach den Kornverteilungskurven auf Bild 24 handelt es sich bei dem unter der Mutterbodenüberdeckung anstehenden Boden um feinsandigen, schluffigen bzw. schluffigen Ton. Dieser Boden wird im folgenden allgemein mit Ton 2 bezeichnet. Bei einem Tonanteil (Korngröße $< 0,002$ mm) für den Ton 2 von 40 bis 62 % ergaben die Laborversuche Fließgrenzen von 44,0 bis 52,0 %, Ausrollgrenzen von 21,2 bis 23,5 %, und dementsprechend Bildsamkeiten von 22,8 bis 29,6 %. Diese Zustandsformen deuten auf einen Ton von mittlerer Plastizität hin. Der Ton 2 ist also weniger plastisch als der Ton 1, trotzdem er nach der Kornverteilung aus sehr feinkörnigem Material besteht. Die Tonmineralien haben also eine geringere Aktivität. Bei einem natürlichen Wassergehalt von 30,1 bis 35,4 % ergibt sich für den Untergrund allgemein eine weiche Konsistenz. Die Mineralien haben ein spezifisches Gewicht von $2,75 \text{ t/m}^3$. Wegen des Fehlens ungestörter Proben konnten keine Scherversuche durchgeführt werden. Eine Zusammenstellung der ermittelten Bodenkennziffern gibt die Tabelle 14.

2.3 Versuche der Firma Langer, Glienke u. Co.

Zur Überprüfung der Tragfähigkeit von Schraubankern in der Praxis wurden durch verschiedene Firmen Zugversuche auf Baustellen ausgeführt. Diese Schraubanker werden durch die Fa. Langer, Glienke u. Co., Leinfelden, hergestellt und vertrieben. Die Ergebnisse der Zugversuche wurden uns durch die Herstellerfirma freundlicherweise überlassen.

Die Zugversuche wurden an verschiedenen Orten durchgeführt. Die uns vorliegenden Angaben über die jeweilige Bodenschichtung enthalten die Bilder 25 bis 27. Die Belastung der Schraubanker (Firmenbezeichnung Montage-Anker) erfolgte mit einer Winde über eine Umlenkrolle. Die Kräfte wurden mit einem 10 t-Zugkraftmesser gemessen. Bei einigen Versuchen wurden die Anker über einen Dreibock belastet.

In der Tabelle 15 sind die Versuchsergebnisse (Versuche-Nr. 399 bis 442) mitgeteilt. Dabei ist, soweit diese gemessen wurde, zwischen einer maximalen Zugkraft und einer Gleitkraft unterschieden. Die Gleitkraft ist der Kraftaufwand, der benötigt wurde, um den Anker aus dem Boden zu ziehen. In den Tabellen ist die Ankertype mit drei Zahlengruppen bezeichnet. Erläuternd sei hierzu ein Beispiel gegeben. Es bedeutet z. B. 150/25/3,5, daß der Anker 150 cm lang ist und einen Tellerdurchmesser von 25 cm bei einem Schaftdurchmesser von 3,5 cm hat. Unter dem Einschraubwinkel α wird der bereits bekannte Einschlagwinkel α verstanden. Die Zugversuche erfolgten hier nicht nur lotrecht zur Bodenoberfläche, sondern auch unter einem bestimmten Winkel. Dabei wurden die Schraubanker so eingedreht, daß Zugrichtungen und Ankerachsen übereinstimmten.

Angaben über die Bodenkennziffern liegen nicht vor. Es wurden auch auf den verschiedenen Baustellen keine Bodenproben entnommen.

Weiter wurde durch die Firma Langer, Glienke u. Co. nach Abschluß der Forschungsarbeit noch eine umfangreiche Zusammenstellung übergeben (Tabelle 16), die auf zahlreichen Versuchen mit Schraubankern beruht, die vor kurzem ausgeführt wurden. In dem Erläuterungsbericht heißt es:

"Bei den angegebenen Haltekraften wurde davon ausgegangen, daß die Windungsscheibe des Ankers ca. 60 cm tief in der betreffenden Bodenart sitzt. Größere Einschraubtiefen eines Ankers bewirken nicht unbedingt automatisch einen höheren Wert der Haltekraft. Dies ist vielmehr nur dann der Fall, wenn tatsächlich festere Erdschichten er-

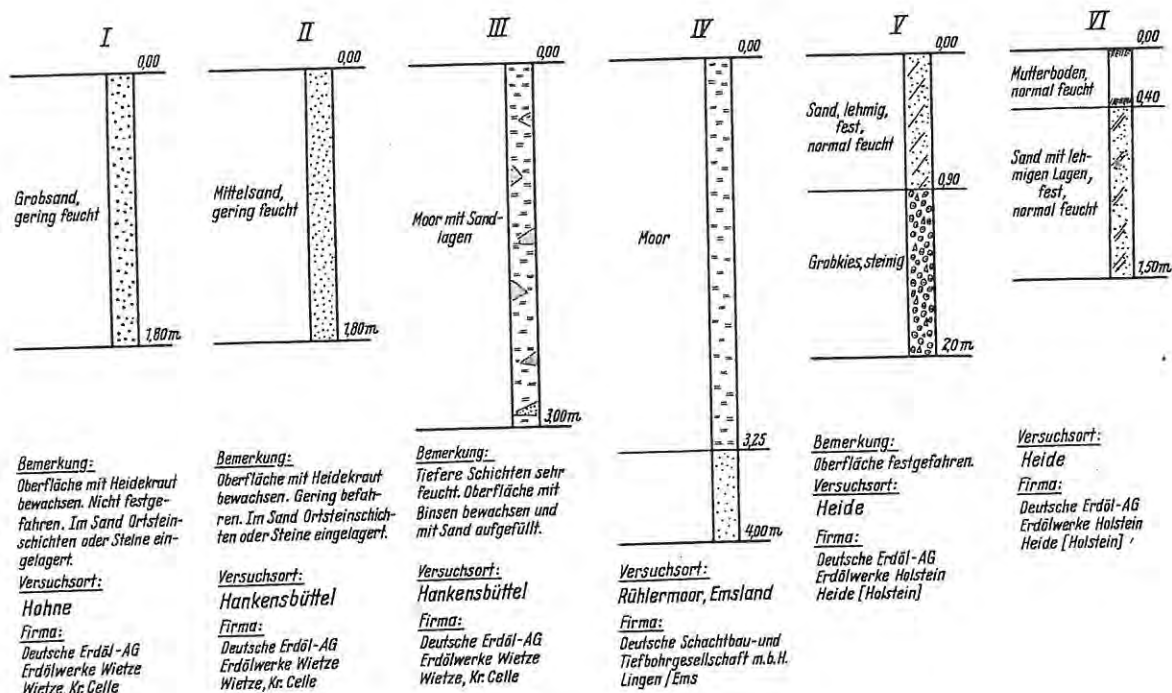


Bild 25:
Schichtenprofile I-VI für die Versuche der Firma Langer/Glienke.

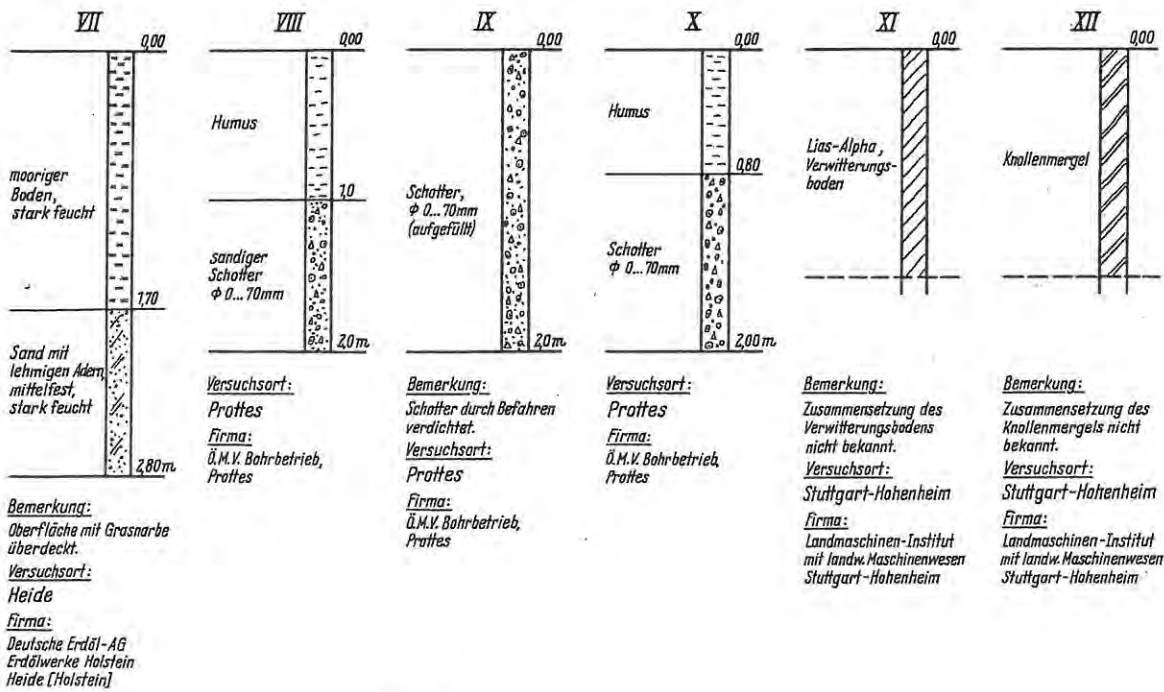


Bild 26:
Schichtenprofile VII-XII für die Versuche der Firma Langer/Glienke.

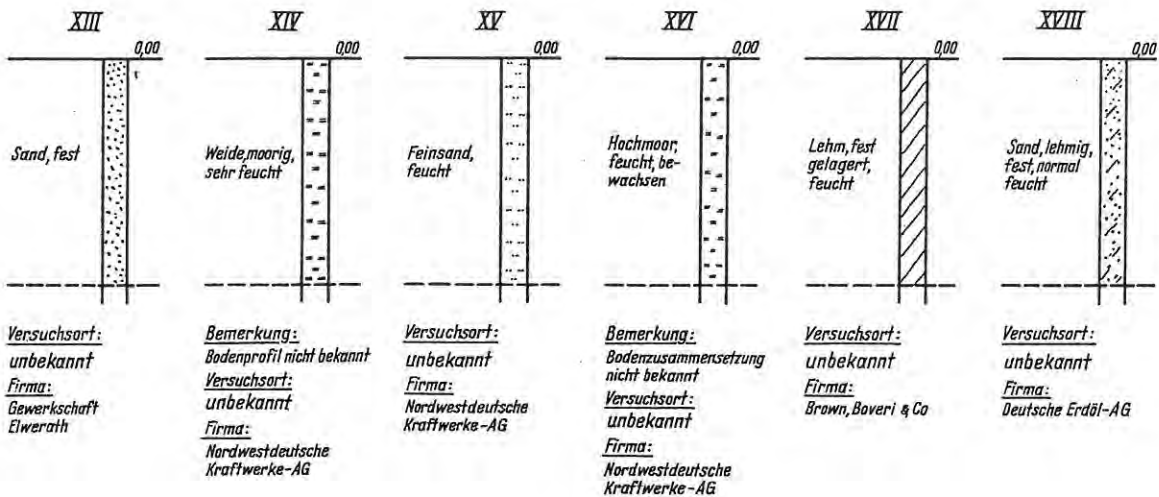


Bild 27:
Schichtenprofile XIII-XVIII für die Versuche der Firma Langer/Glienke.

reicht werden. Es ist unter Umständen möglich, daß durch tieferes Einsetzen der Anker in weiche Bodenschichten eindringt, womit die Belastbarkeit sogar verringert werden kann. Bei Dauerverankerungen soll oberhalb der Ankerscheibe immer 70 bis 100 cm Bodenaufgabe sein, die nicht jahreszeitlich bedingten Einflüssen (Feuchtigkeit, Austrocknung, Frost, Tauwetter) ausgesetzt ist. Dies entspricht bei üblichen gewachsenen Böden einer Gesamteinschraubtiefe des Ankers von ungefähr 1,20 - 1,50 m.

Bei ungezählten Versuchen wurden wesentlich höhere Haltekraftkräfte erreicht als in der Tabelle angegeben. Die Ermittlung der genauen Bodenart und deren Schichtung an der Einschraubstelle ist (ohne Einsatz von Prüfsonden) nicht immer ohne weiteres möglich.

In den weitaus meisten Fällen können jedoch mit ziemlicher Sicherheit die Tabellenwerte als Mindestrichtwerte angenommen werden. Die Ankerwerkstoffe selbst halten wesentlich höheren Belastungen stand.

2.4 Versuche von MÜLLER

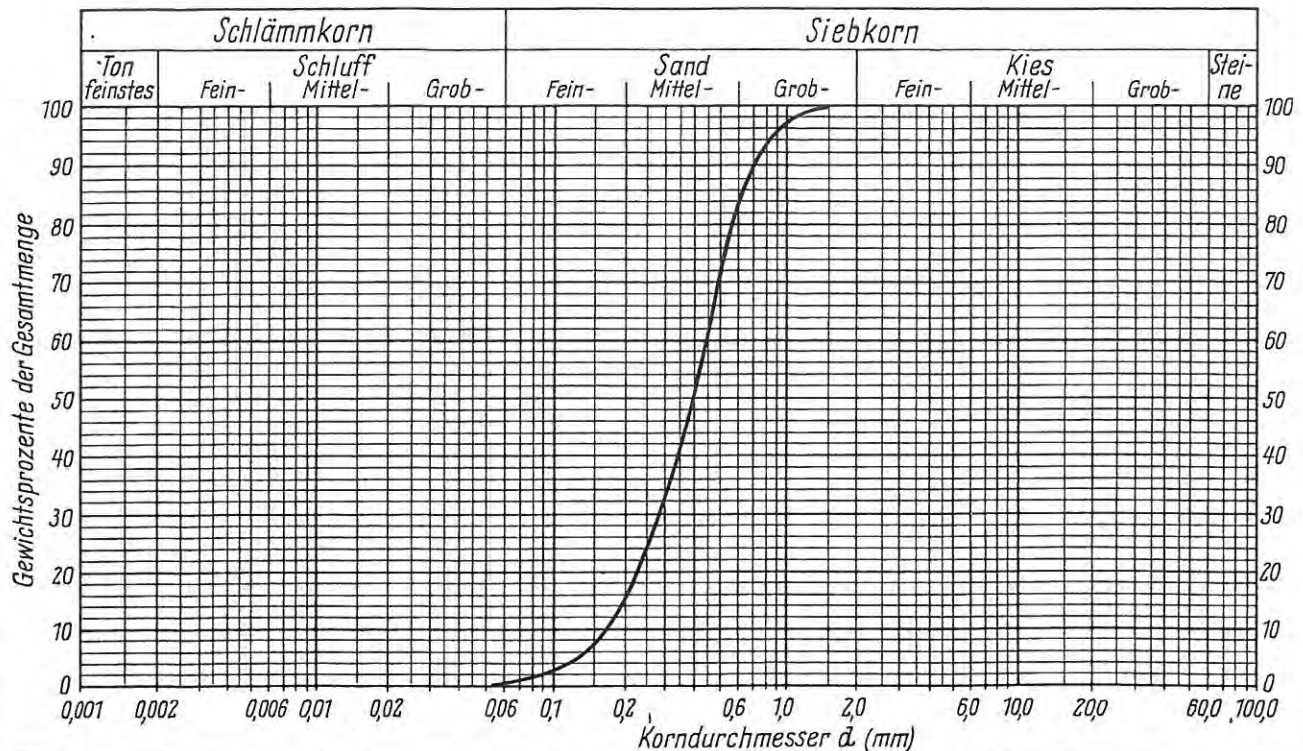
Zur Feststellung der Tragfähigkeit von Pfählen in Abhängigkeit von der Mantelreibung und dem Spitzenwiderstand führte R. MÜLLER Modellzugversuche zur Messung der Reibung durch (8). Die Modellabmessungen entsprechen ungefähr den bei Fliegenden Bauten verwendeten Zugankern. Die Modellpfähle wurden mit einem Flaschenzug gezogen.

Zwischen Flaschenzug und Pfahlkopf war ein geeichtes Dynamometer eingebaut. Die Versuche wurden in einem zylindrischen Behälter von 1 m Höhe und 1 m Durchmesser durchgeführt. Das Einschlagen der Modellpfähle erfolgte durch eine besondere Rammvorrichtung mit automatischer Auslösung des Fallgewichtes. Einige Pfähle wurden nicht eingerammt, sondern in den Behälter gesetzt und mit entsprechend verdichtetem Boden umhüllt.

Die gemessenen Zugkräfte und die zugehörigen Ankerabmessungen sind der Tabelle 17 zu entnehmen. Die Probelastungen von MÜLLER sind als Versuche-Nr. 443 bis 469 bezeichnet. Hierbei wurden nur die Versuche mit Stahlpfählen berücksichtigt. Die von MÜLLER außerdem noch untersuchten Modellpfähle aus Beton werden hier nicht behandelt.

Das von MÜLLER verwendete Material ist nach der Kornverteilungskurve auf Bild 28 ein ziemlich gleichförmiger Mittelsand. Über die Kornform liegen keine Angaben vor. Im Schergerät nach CASAGRANDE wurde ein Reibungswinkel von $\varphi = 31^\circ$ ermittelt. Das zugehörige Einbaumaßgewicht ist nicht bekannt. Als lockerste Lagerung wurde $n_0 = 41,2\%$ und als dichteste Lagerung $n_d = 30,0\%$ festgestellt. Das spezifische Gewicht der Mineralien beträgt $\gamma_s = 2,65 \text{ t/m}^3$.

Der bei diesen Versuchen verwendete Sand wird im folgenden allgemein mit Sand 2 bezeichnet.



Kurve	Nr.	—	Arbeitsweise:
Labor	Nr.	—	
Entnahmestelle	—	—	
Probe	Nr.	—	Siebanalyse
Entnahmetiefe	m	—	
Tongehalt <0,002 mm	%	—	Bemerkung:
Ungleichförmigkeitsgrad U	$\frac{d_{50}}{d_{10}}$	2,6	
Bodenart (nach DIN 4023)	—	Mittelsand	

* B=Bohrung / Sch=Schurf

Bild 28:

Kornverteilungskurve MÜLLER (Sand 2)

Die Versuche-Nr. 443 bis 462 und die Versuche-Nr. 465 bis 469 wurden mit trockenem Sand und die Versuche-Nr. 463 und 464 mit feuchtem Sand ($w = 8$ bis 9%) ausgeführt.

Die einzelnen Füllungen des Behälters hatten ein Porenvolumen von $n = 33,8$ bis $38,7\%$, d. h. eine Lagerungsdichte von $D = 22,8$ bis $66,1\%$. Dies entspricht einer lockeren bis dichten Lagerung. Auf Tabelle 18 sind die Lagerungsdichten für die einzelnen Versuche näher erläutert.

3. AUSWERTUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE

3.1 Allgemeines

Im folgenden wird untersucht, inwieweit Abhängigkeiten der Tragfähigkeiten mit anderen Größen bestehen. Es wird dann versucht, diese formelmäßig festzulegen. Wegen der verhältnismäßig geringen Anzahl von Versuchen und der wenigen untersuchten Bodenarten ist das allerdings nicht immer in allgemeingültiger Form möglich. Zudem liegen nicht zu allen hier ausgewerteten Belastungsversuchen Bodenkennwerte vor.

Unter Tragfähigkeit wird allgemein die bei den Versuchen erreichte höchste Belastung ohne Berücksichtigung der dabei aufgetretenen Verschiebung verstanden.

3.2 Auswertung für Schrägzuganker

3.2.1 Stabanker im Sand 1

Trägt man für die Versuche-Nr. 1 bis 75 die mittlere maximale Tragkraft in Abhängigkeit von der Einschlaglänge l' auf, so erhält man die aus Bild 29 zu ersiehenden Kurven. Bei der Auftragung wurden die Vorversuche (Versuche-Nr. 60 bis 63) und die Versuche, bei denen die Höchstlast nicht erreicht wurde (Versuche-Nr. 49, 50 und 64 bis 66), nicht berücksichtigt. Die gestrichelten Kurvenäste wurden entsprechend der Ähnlichkeit solcher Abhängigkeiten gezeichnet. Unterschiede in der Abhängigkeit der Tragfähigkeiten vom Zugwinkel β sind bei den Versuchen nicht zu ersehen, da die auftretenden Unterschiede im Bereich der Streuungen der Versuchswerte liegen.

Untersucht man das vorliegende Kräftebild theoretisch, so müßte es einen Zugwinkel zwischen $\beta = 0^\circ$ und $\beta = 45^\circ$ geben, wo vertikale und horizontale Kraftkomponente bezüglich Reibung und Erdwiderstand ein Maximum ergeben.

Stellt man wie in Bild 29 ähnliche Kurven für Stabanker mit 2,8 und 2,0 cm Durchmesser auf, so ergibt sich bezüglich der Stabanker mit 3,5 cm Durchmesser eine Abnahme der Tragfähigkeit um nur etwa 20 bzw. 30%. Der Einschlagwinkel hat dagegen einen wesentlichen Einfluß auf die Tragfähigkeit. Setzt man den Wert für $\alpha = 90^\circ$ mit 100% an, so ergibt sich ein Abfallen der Tragfähigkeit für gleiche Einschlaglängen l' bei $\alpha = 75^\circ$ auf etwa 70%, bei $\alpha = 60^\circ$ auf etwa 45% und bei $\alpha = 45^\circ$ auf etwa 30%.

Betrachtet man den Kurvenverlauf auf Bild 29, so sind zunächst positive Kurvenkrümmungen bis etwa 85 cm Einschlaglänge zu erkennen. Nach den Wendepunkten wird der Anstieg kleiner mit größerer Einschlaglänge. Die Kurve nähert sich einem oberen Grenzwert. Der Wendepunkt ist vermutlich dadurch bedingt, daß der Einfluß der vollen Einspannung überwiegt. Außerdem spielt hier die Durchbiegung und die Elastizität des Ankers eine gewisse Rolle. An Hand der verhältnismäßig wenigen Versuche mit Einschlaglängen über 85 cm läßt sich hier allerdings keine sichere Aussage treffen.

Die Kurven auf Bild 29 gelten für einen dichtgelagerten Sand ($D > 0,50$) und für einen Stabankerdurchmesser von 3,5 cm. Für kleinere Durchmesser von 2,8 und 2,0 cm sind entsprechend den Versuchsergebnissen auf Bild 29 Umrechnungsfaktoren angegeben.

Es soll zunächst versucht werden, durch Verwendung bekannter theoretischer Beziehungen eine Übereinstimmung mit diesen Versuchsergebnissen zu erzielen. Berechnet man mit

$$\lambda_p = \tan^2 (45 + \varphi/2) = \text{Erdwiderstandsbeiwert (1)}$$

φ = Winkel der inneren Reibung (Grad)

γ = Raumgewicht des Bodens (t/m^3)

b = Dalbenbreite (m)

t = Einbindetiefe des Dalbens (m)

die Tragfähigkeit P_s der Stabanker bei Schrägzug nach der Dalbenformel von BLUM [9]

$$P_s = \lambda_p \cdot \gamma \left(b \cdot \frac{t^2}{2} + \frac{t^3}{6} \right), \dots (1)$$

so ergeben sich bis etwa 80 cm Einschlaglänge geringere Werte. Die Formel gilt nur für lotrechte Dalben, also entsprechend bei Ankern für einen Einschlagwinkel $\alpha = 90^\circ$.

Setzt man für die Dalbenbreite b den Ankerdurchmesser d (m) und für t die Einschlaglänge l' (m), so erhält man:

$$P_s = \lambda_p \cdot \gamma \left(d \cdot \frac{l'^2}{2} + \frac{l'^3}{6} \right) \dots (2)$$

Darin bedeutet P_s die maximale Schrägzugkraft (t).

Zum Vergleich sind auf Bild 30 die Versuchsergebnisse für $\alpha = 90^\circ$ und die Tragfähigkeit nach der Dalbenformel für Ankerdurchmesser von $d = 3,5, 2,8$ und $2,0$ cm als Kurven aufgetragen. Die Wandreibung zwischen dem Erd- und dem Ankermaterial wurde vernachlässigt und demnach ein Wandreibungswinkel $\varphi = 0$ eingesetzt. Man sieht deutlich, daß die Dalbenformel bei größeren Einschlaglängen zu hohe Tragfähigkeiten liefert. Rechnet man nach der Dalbenformel für Stabanker mit Durchmessern von 2,8 und 2,0 cm, so ergeben sich im Vergleich mit den Ankern von 3,5 cm Durchmesser nur geringe Unterschiede bezüglich der Tragfähigkeit. Die Versuchsergebnisse zeigen aber für die verschiedenen obigen Durchmesser ihrem Wert nach bis zu

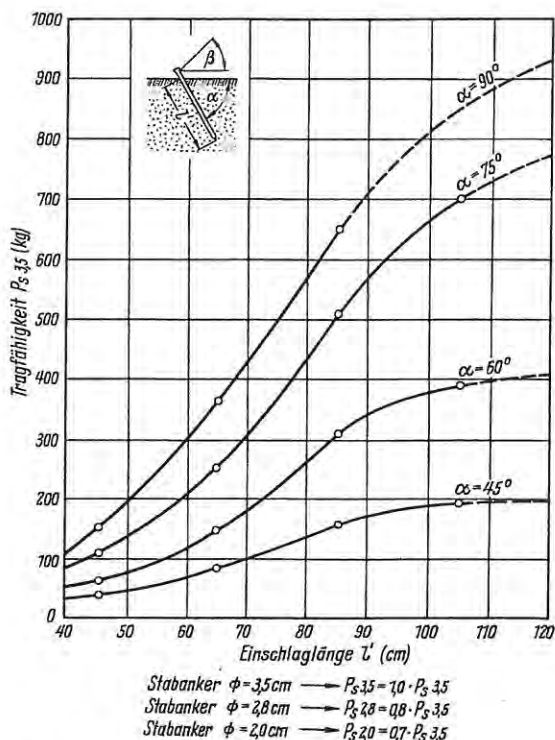


Bild 29:

Tragfähigkeit von Stabankern auf Schrägzug ($\beta = 15-45^\circ$) in Abhängigkeit von der Einschlaglänge für dicht gelagerten Sand

30 % unterschiedliche Tragfähigkeiten. Die genannte Dalbenformel ist also für die Bestimmung der Ankertragfähigkeit nicht geeignet.

Die in der DIN 4112, Beiblatt, Seite 5 (2), angegebene Formel

$$S = F \cdot \frac{\text{zul } \sigma}{1,5} = F \cdot \frac{1,5}{1,5} = F \quad \dots (3)$$

mit S = Tragfähigkeit (kg)

F = Querschnittsfläche des Ankers = $l \cdot d$ (cm²)

zul σ = zulässige Spannung (kg/cm²)

γ = Sicherheitsfaktor (1)

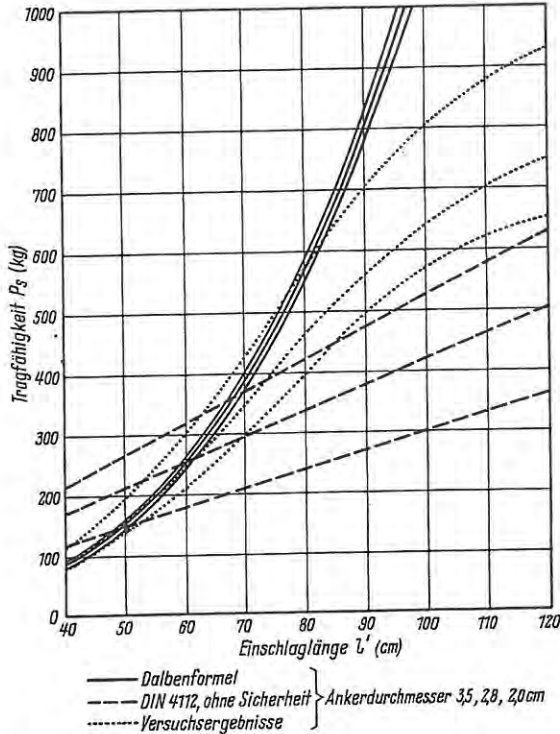


Bild 30:

Vergleich der Versuchsergebnisse für dicht gelagerten Sand mit der rechnerischen Tragfähigkeit nach der Dalbenformel und nach der DIN 4112 für Stabanker mit einem Einschlagwinkel von $\alpha = 90^\circ$.

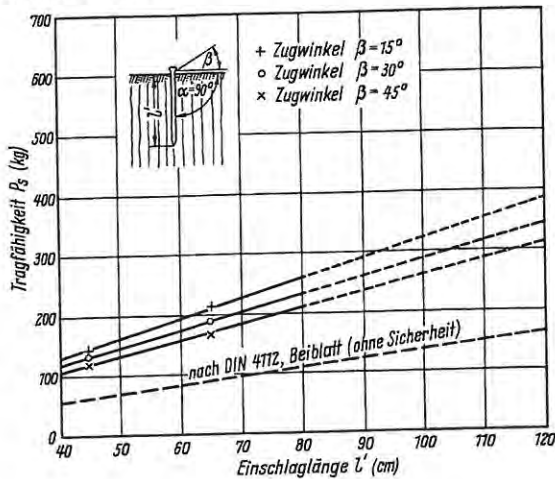


Bild 31:

Tragfähigkeit von Stabankern $\varnothing 2,0$ cm auf Schrägzug in Abhängigkeit von der Einschlaglänge für steifen Ton.

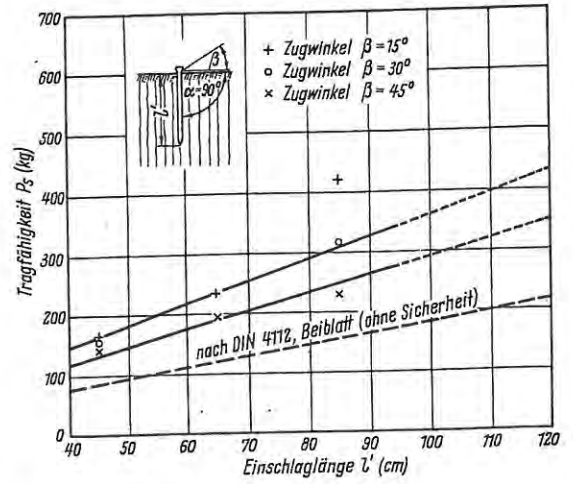


Bild 32:

Tragfähigkeit von Stabankern $\varnothing 2,8$ cm auf Schrägzug in Abhängigkeit von der Einschlaglänge für steifen Ton.

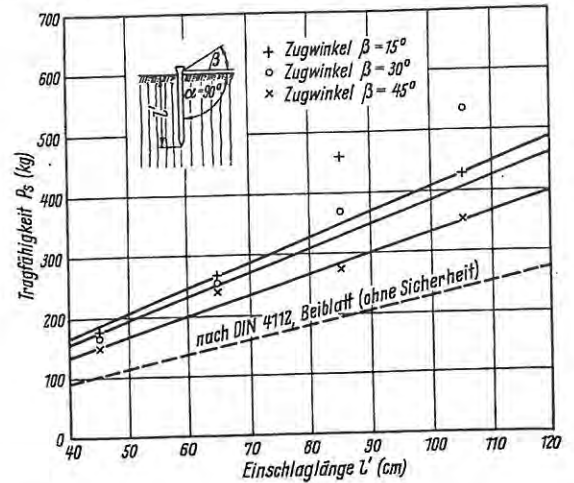


Bild 33:

Tragfähigkeit von Stabankern $\varnothing 3,5$ cm auf Schrägzug in Abhängigkeit von der Einschlaglänge für steifen Ton.

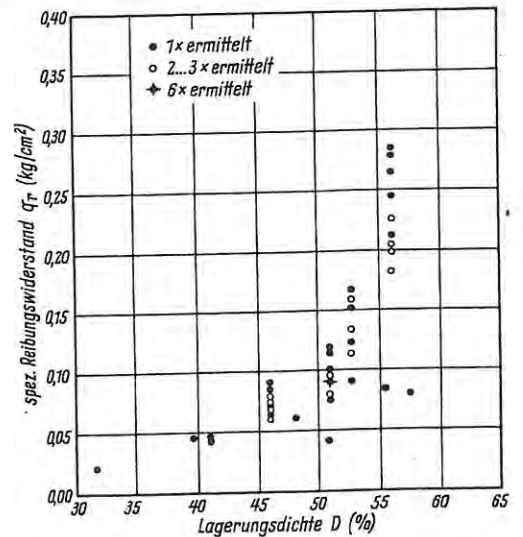


Bild 34:

Spezifischer Reibungswiderstand für Stabanker in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte in erdfeuchtem Sand.

ergibt dagegen ohne Berücksichtigung des Sicherheitsfaktors bei schon kleinen Einschlaglängen zu geringe Tragfähigkeiten im Vergleich mit den Versuchsergebnissen. Mit zunehmenden Einschlaglängen vergrößert sich die Differenz zwischen Versuchsergebnissen und DIN 4112 wesentlich. Die Formel nach DIN 4112 ist also wegen zu kleiner zulässiger Tragfähigkeiten für Schrägzuganker abzulehnen.

3.2.2 Kreuzanker im Sand 1

Die Versuche-Nr. 158 bis 165 mit Kreuzankern in dicht gelagertem Sand sind nur für eine Einschlaglänge von $l' = 65$ cm durchgeführt. Die Versuche ergeben trotz größerer Wirkungsbreite im Vergleich zum Stabanker ($\varnothing 3,5$ cm) nur etwa gleiche Tragfähigkeiten. Dies liegt vermutlich an der großen Schnittwirkung durch das scharfkantige Profil, da die Kreuzanker beim Versuch mit einer Hauptachse in Zugrichtung eingetrieben wurden. Bei einer Drehung des Ankers um 45° um die Längsachse ergibt sich wahrscheinlich eine etwas höhere Kraftaufnahme, da dann anstatt Schnittwirkung eine Art von Stauwirkung vorliegt. Dieser Vermutung wurde nicht weiter nachgegangen, da die Einschlagrichtung des Profils in der Praxis dem Zufall unterliegt und daher die ungünstigste Anordnung maßgebend ist. Von der Verwendung dieser Ankerart ist daher abzuraten, da sie aus einem teureren Profilstahl ohne sichtlichen Vorteil hergestellt werden müssen, d. h. unwirtschaftlich sind. Bei dieser Ankerform ist nur bei größeren Ankerlängen wegen des erhöhten Widerstandsmomentes ein Vorzug gegenüber der Stabform gegeben. Die Formel nach DIN 4112 ergibt eine stark überhöhte unzulässige Tragfähigkeit für Kreuzanker.

3.2.3 Flügelanker im Sand 1

Die Schrägzugversuche für Flügelanker (Versuche-Nr. 166 bis 173) sind ebenfalls nur für eine Einschlaglänge $l' = 65$ cm und Zugwinkeln von $\beta = 15^\circ$ und $\beta = 30^\circ$ in dicht gelagertem Sand ausgeführt worden. Diese Einschlaglänge entspricht der konstruktiven Gestaltung des gewählten Ankers. Auf eine Auftragung der Versuchsergebnisse wurde verzichtet, da es sich nur um einen speziellen Anker mit willkürlich zu wählenden Abmessungen handelt.

Die Tragfähigkeit des verwendeten Flügelankers entspricht bei einer Einbindelänge von 65 cm etwa dem eines Stabankers von 3,5 cm Durchmesser. Dies bedeutet, daß eine Verbreiterung des Ankers durch Bleche bei diesen Abmessungen keinen wesentlichen Einfluß haben. Erst größere Ankerbreiten und vor allem größere Einschlagtiefen können hier zur merkbaren Erhöhung der Tragfähigkeit führen. Wegen der großen Angriffsfläche ergeben sich auch hier wesentlich größere zulässige Tragfähigkeiten nach DIN 4112.

3.2.4 Stabanker im Ton 1

Die folgenden Aussagen beziehen sich auf die Versuche-Nr. 76 bis 157. Der Einschlagwinkel beträgt bei allen diesen Versuchen $\alpha = 90^\circ$. Der anstehende hochplastische Ton hat allgemein steife Konsistenz. Die gemittelten Versuchsergebnisse sind für die verschiedenen Ankerdurchmesser von 2,0, 2,8 und 3,5 cm den Bildern 31 bis 33 zu entnehmen. Man erkennt aus diesen Kurven eine Abnahme der Tragfähigkeiten mit Zunahme des Zugwinkels. Eine geringe Steigerung der Tragfähigkeit bedingt auch der zunehmende Ankerdurchmesser. Da zu wenig Versuche vorliegen und auch die Versuchsergebnisse stark streuen, wurde nur eine Gerade als untere Begrenzung eingezeichnet. Bei größeren Einschlaglängen wurden stärkere Streuungen der Versuchsergebnisse festgestellt. Die Kurven gelten nur, wenn sich der Anker selbst nicht verbiegt. Eine allgemein gültige Abhängigkeit läßt sich nicht aufstellen, da nur Versuchsergebnisse für eine einzige Bodenart mit einer bestimmten Konsistenz vorliegen.

Eine Verwendung der Formel nach DIN 4112, Beiblatt, Seite 5 (2), ergäbe ohne Berücksichtigung der 1,5-fachen Sicherheit bei Ton Tragfähigkeiten, die wesentlich kleiner als die Versuchsergebnisse sind. Die Formel nach DIN 4112 berücksichtigt aber weder den Einschlag- noch den Zugwin-

kel. Auch sind dort die möglichen Zustandsformen, die für das Verhalten von bindigen Böden maßgebend sind, überhaupt nicht in Rechnung gestellt. Diese Formel ist also auch für bindige Böden nicht brauchbar.

3.2.5 Flügelanker im Ton 1

Die Versuche-Nr. 174 bis 183 mit Flügelankern im Ton 1 sind nur für eine Einbindelänge unter einem Einschlagwinkel von $\alpha = 90^\circ$ durchgeführt worden. Die Einschlaglänge von 65 cm entspricht der konstruktiven Gestaltung des gewählten Ankertyps. Mit kleiner werdenden Zugwinkeln β ist eine deutliche Zunahme der Tragfähigkeiten festzustellen. Im Vergleich mit den Stabankern von 3,5 cm Durchmesser ist eine wesentliche Zunahme der Tragfähigkeiten bei entsprechender Einschlagtiefe nicht zu erkennen. Die Berechnung der Tragfähigkeit mit der Formel nach DIN 4112 ergibt zu hohe zulässige Belastungen.

3.3 Auswertung für Zuganker

3.3.1 Allgemeines

Für die Tragfähigkeit der achsial belasteten Zuganker ist die Reibung zwischen Ankerwerkstoff und Bodenmaterial maßgebend. Nach dem Coulombschen Reibungsgesetz gilt:

$$T = \tan \delta \cdot N \quad \dots (4)$$

mit $T =$ Reibungskraft (kg)

$\tan \delta =$ Reibungsbeiwert (1)

$N =$ Normalkraft (kg)

bedeuten.

Die Reibungskraft T ist also eine Funktion der lotrecht zur Gleitfläche wirkenden Normalkraft N . Je nach den bei der Reibung beteiligten Materialien ist die Größe des Reibungswinkels δ bzw. Reibungsbeiwertes $\tan \delta$ veränderlich.

In den vorliegenden Fällen handelt es sich um Haftreibung (Reibung der Ruhe). Gleitreibung tritt als trockene bzw. bei Abwesenheit von Wasser als gemischte Reibung erst dann auf, wenn der Anker in Bewegung ist. Erfahrungsgemäß sind beim Boden die Reibungswerte der Ruhe größer als die der Bewegung. Dies hängt mit den Verunreinigungen und Ungleichmäßigkeiten der sich berührenden Oberflächen zusammen.

Der Reibungsbeiwert wird bei gleichen Materialien vereinfachend als konstant angenommen. Dies gilt aber nur als erste Annäherung für trockene Oberflächen. Weiterhin ist die Reibungszahl auch vom spezifischen Druck abhängig. Bei der speziellen Anwendung des Coulombschen Reibungsgesetzes zur Berechnung von Zugankern ergibt sich die Frage, wie hoch die Normalkraft auf die Manteloberfläche des Ankers anzusetzen ist. Hier handelt es sich um ein räumliches Erddruckproblem. Der Ansatz des Erddrucks für kleine Flächen und unmittelbar unter der Erdoberfläche macht große Schwierigkeiten. Zur Erzeugung des aktiven Erddruckes ist eine Bewegung zum Anker hin erforderlich. Diese Bewegung liegt aber nicht vor. Der ohne Bewegung herrschende Ruhedruck ist aber zu gering, um die für die bei den Versuchen erreichten Tragfähigkeiten allein aus der resultierenden Normalkraft zu erklären.

Nimmt man die Versuchswerte und setzt für den Reibungsbeiwert $\tan \delta$ einen beliebigen konstanten Wert ein, so läßt sich ein Erddruckbeiwert λ errechnen. Bei einer Durchrechnung für verschiedene Fälle wurde festgestellt, daß dieser Erddruckbeiwert allgemein mit der Tiefe abnimmt und schon bei einheitlichen Bodenverhältnissen stark wechselt. Bei einer Vielzahl weiterer Versuche ließe sich hier möglicherweise eine exakte theoretische Grundlage finden.

Bedenkt man aber, daß dann die zur Berechnung erforderlichen Bodenkennziffern laufend durch zeitraubende und teurere Laborversuche ermittelt werden müßten, so kann auf Versuche in dieser Richtung verzichtet werden. Es wurde deshalb versucht, aus den vorliegenden Versuchs-

ergebnissen eine Formel zu finden, die sich ohne große Aufwendungen an bodenphysikalischen Untersuchungen und Aufschlüssen auf die Praxis übertragen läßt.

Dabei ergab die Formel

$$Z = \frac{1}{\nu} \cdot U \cdot t \cdot \mu \quad \dots (5)$$

mit Z = zulässige Zugkraft (kg)

ν = Sicherheitsgrad (1)

U = Umfang des Ankers (cm)

t = Einbindetiefe des Ankers (cm)

μ = spezifischer Reibungswiderstand (kg/cm²)

gemäß DIN 4112, Beiblatt, Seite 5 (2), die beste Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen.

Durch Umformung der Formel (5) und mit $\nu = 1$ läßt sich aus den Versuchsergebnissen der spezifische Reibungswiderstand μ durch einfache Rechnung bestimmen:

$$\mu = \frac{Z}{U \cdot t} \quad \dots (6)$$

Entsprechend den in dieser Abhandlung verwendeten Bezeichnungen wurde die Formel wie folgt abgeändert:

$$P_Z = \frac{1}{\nu_s} \cdot q_r \cdot F \quad \dots (7)$$

mit P_Z = zulässige Tragkraft für Zug (kg)

q_r = spezifischer Reibungswiderstand (kg/cm²)

F = bodenumhüllte Ankerfläche (cm²)

ν_s = Sicherheitsgrad (1)

3.3.2 Stabanker im Sand 1

Bei den Stabankern im Sand besteht nach den Versuchsergebnissen eine gewisse Abhängigkeit des spezifischen Reibungswiderstandes q_r von der Lagerungsdichte D . Für eine eindeutige Abhängigkeit sind zu wenig Versuchsergebnisse vorhanden und vor allem sind die ermittelten Lagerungsdichten nur über einen ziemlich engen Bereich (ca. $D = 45 - 56 \%$) verteilt. Rechnet man nach Gl. (6) die spezifischen Reibungswiderstände für die einzelnen Versuche aus, so ergeben sich im mitteldichten Sand Werte bis zu etwa $q_r = 0,10 \text{ kg/cm}^2$.

Im dichten Sand nimmt der Reibungswiderstand schnell zu und erreicht bereits bei einer Lagerungsdichte von $D=56 \%$ Größen von $q_r = 0,20 - 0,25 \text{ kg/cm}^2$. Die unterschiedliche Rauigkeit der Ankeroberfläche wurde dabei nicht berücksichtigt. Der Einfluß der Rauigkeit kann aus den Versuchsergebnissen auch nicht bestimmt werden, da die Unterschiede in der Tragfähigkeit zwischen ziemlich glatten und rauhen Ankern im Bereich der Streuungen der Ergebnisse liegen.

Theoretisch betrachtet müßte eine Zunahme der Ankerrauigkeit auch eine Vergrößerung des spezifischen Widerstandes bedingen.

Bei den Versuchen-Nr. 442 und 462 von MÜLLER, die größtenteils mit trockenem Sand durchgeführt sind, wurden spezifische Reibungswiderstände von 0,01 bis 0,028 kg/cm² je nach Lagerungsdichte errechnet. Diese Reibungsbeiwerte sind kleiner als die durch die Versuche im Sand 1 ermittelten. Die Versuche-Nr. 463 und 464 von MÜLLER mit feuchtem Material zeigen nur in einem Fall eine einigermaßen gute Übereinstimmung mit den im Sand 1 festgestellten Werten. Die eingerammten Modellpfähle (Versuche-Nr. 465 bis 269 von MÜLLER) im trockenen Sand weisen bei mitteldichter Lagerung in etwa gleiche q_r -Werte wie im feuchten Sand 1 auf. Bei dichter Lagerung ergeben sich allerdings kleinere Reibungswiderstände q_r als bei den Versuchen im Sand 1.

Allgemein wurde festgestellt, daß mit größer werdender Einschlaglänge l' eine Erhöhung des spezifischen Reibungswiderstandes q_r eintritt. Dies ist besonders bei sehr dichter Lagerung der Fall und bedingt durch den höheren Anpreßdruck bei Einspannung des Ankers im Boden. Die noch zu geringe Anzahl der Versuche ergibt für diese Tendenz aber keine eindeutige festzulegende Abhängigkeit. Auf Bild 34 ist die Abhängigkeit des spezifischen Reibungswiderstandes für Stabanker in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte im feuchten Sand aufgetragen. Mehrfach durch Versuche ermittelte q_r -Werte sind gesondert gekennzeichnet.

3.3.3 Stabanker im Sand und Kies

Für diese Bodenart liegen die Versuche-Nr. 480 bis 490 vor. Ein Vergleich zwischen Lagerungsdichte und spezifischem Reibungswiderstand ist hier nicht möglich, da nach der herkömmlichen Art eine Bestimmung der lockersten und dichtesten Lagerung wegen des Größtkorns nicht möglich ist. Auf eine Bestimmung der Lagerungsdichten in einem großen Rütteltopf wurde im Rahmen dieser Arbeit verzichtet.

Rechnerisch ergeben sich aus den Versuchen spezifische Reibungswiderstände von etwa 0,02 bis 0,09 kg/cm². Diese Werte sind wegen der kurzen Ankerlängen (Laborversuche) wohl als etwas zu niedrig zu betrachten. Bei erhöhtem Kiesanteil bzw. bei etwa reinen Kiesböden und einigermaßen dichter Lagerung ist durch Verspannung eine wesentliche Erhöhung der Reibungsbeiwerte zu erwarten. Das gilt auch für größere Einschlagtiefe, da dann ein Ausweichen des Bodenmaterials nach oben durch die Bodenüberdeckung verhindert wird.

3.3.4 Stabanker im Lehm

Die Versuche-Nr. 491 bis 530 wurden in lehmigem Boden durchgeführt. Für das Verhalten eines bindigen Bodens ist der Wassergehalt maßgebend. Deshalb wurde zum Vergleich der Versuchsergebnisse bezüglich des spezifischen Reibungswiderstandes die Konsistenzzahl herangezogen. Bei den vorliegenden Modellversuchen muß allerdings berücksichtigt werden, daß das Bodenmaterial gestört eingebaut wurde und bei gleicher Konsistenz ein unterschiedliches Porenvolumen in Abhängigkeit von der vorgenommenen Verdichtung vorliegt. Es ergeben sich spezifische Reibungswiderstände entsprechend Bild 35.

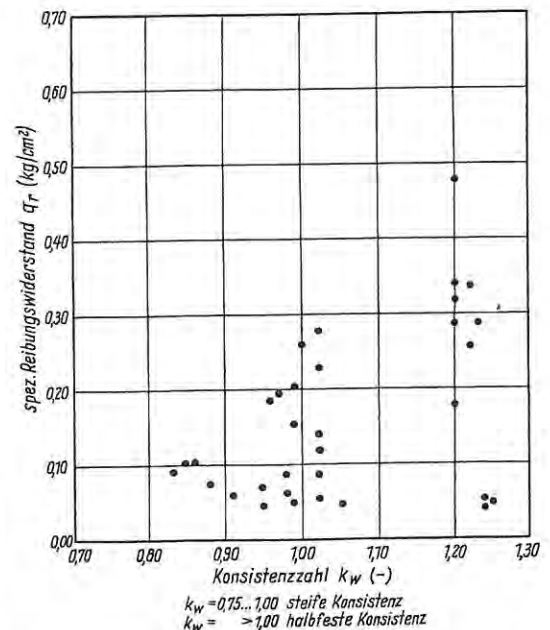


Bild 35:

Spezifischer Reibungswiderstand für Stabanker in Abhängigkeit von der Konsistenzzahl für Lehm.

3.3.5 Stabanker im Ton 1

Im Ton 1 wurden die Versuche-Nr. 328 bis 360 durchgeführt. Die zugehörigen Konsistenzzahlen k_w schwanken entsprechend den örtlichen Gegebenheiten des Versuchsfeldes nur in geringen Grenzen ($k_w = 0,78$ bis $0,84$). Die mittlere Konsistenzzahl beträgt $k_w = 0,81$. Die Auftragung auf

Bild 36 zeigt eine Konzentration der Versuchswerte im Bereich zwischen $q_r = 0,2$ bis $0,3$ kg/cm². Dieser q_r -Wert liegt wesentlich höher als der spezifische Reibungswiderstand für Lehm im entsprechenden Konsistenzbereich. Dies ist auf die höhere Plastizität und damit größere Kohäsion des Tonbodens zurückzuführen. Außerdem ist auch die Einschlagtiefe im Ton größer als im Lehm.

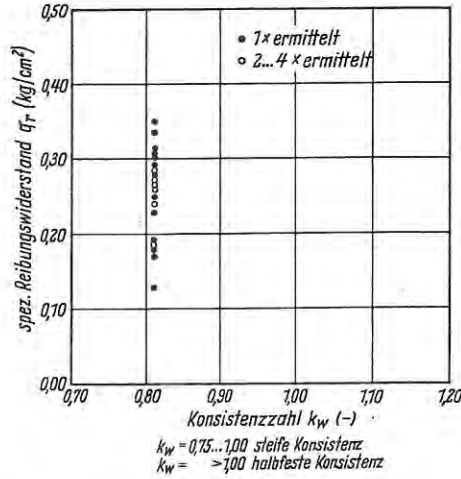


Bild 36: Spezifischer Reibungswiderstand für Stabanker in Abhängigkeit von der Konsistenzzahl für Ton:

3.3.6 Schraubanker im Sand 1

Mit Schraubankern im Sand 1 sind die Versuche-Nr. 284 bis 291 ausgeführt worden. Hier wird der Zugwiderstand hauptsächlich durch die Reibung zwischen Boden und Boden hervorgerufen, da das Ankermaterial aufgrund der konstruktiven Gegebenheiten nur mit den Schraubenkanten an der Reibung beteiligt ist. Bei den Versuchen zeigte es sich, daß sich beim Herausziehen eine Erdkegelbildung nur in der obersten Bodenschicht und dort nur in geringem Umfang einstellt. Es kann deshalb als Reibungsfläche mit genügender Genauigkeit eine Zylindermantelfläche mit dem Schraubendurchmesser als Durchmesser und der Schraubtiefe als Länge angenommen werden. Es müßten sich hier entsprechend dem an der Reibung beteiligten Material höhere q_r -Werte ergeben. Da sich aber das Bodenmaterial beim Einschrauben der Anker in einigermaßen dicht gelagerten Boden auflockert, ist dies nicht der Fall. Es ergibt sich die auf Bild 37 dargestellte Abhängigkeit zwischen Lagerungsdichte und spezifischem Reibungswiderstand. Mit größerer Einschraubtiefe ist eine Zunahme von q_r festzustellen. Eine genaue Abhängigkeit konnte jedoch wegen der geringen Anzahl der Versuche nicht ermittelt werden.

Vergleicht man die Auftragungen auf Bild 37 mit der entsprechenden Abhängigkeit für Stabanker (Bild 34), so erkennt man, daß der Reibungswiderstand q_r im mitteldichten Bereich bei Schraubankern größer ist, im dichten Bereich dagegen kleiner. Dies erklärt sich durch die oben erwähnte Auflockerung beim Einschrauben der Anker. Mit dichter werdendem Boden wird die Auflockerung größer. Im Grenzfall einer sehr lockeren Lagerung ist erfahrungsgemäß sogar eine Verdichtung zu erwarten. Bei den Stabankern kommt bei größeren Einschlagtiefen noch der Einfluß der erhöhten Anpressung des Bodens durch die Einspannung in den Boden hinzu. Dadurch wird der Normaldruck auf die Mantelfläche des Ankers größer und damit auch die Reibungskraft. Nach der Tabelle 16 ergeben sich für feinkörnige Sande etwa gleiche spezifische Reibungswiderstände mit einem Mittelwert von $0,17$ kg/cm². Angaben über die Lagerungsdichte liegen hier leider nicht vor.

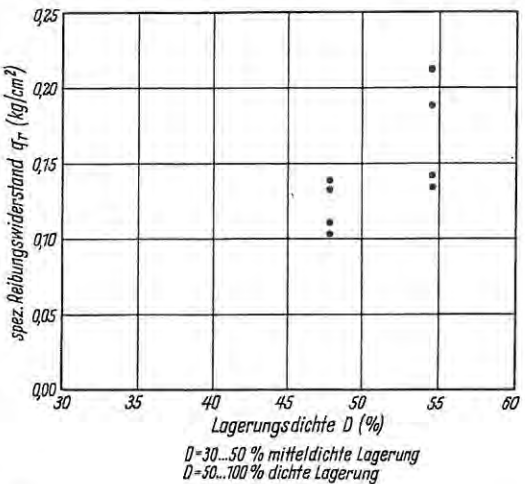


Bild 37: Spezifischer Reibungswiderstand für Schraubanker in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte in erdfeuchtem Sand

3.3.7 Schraubanker im Ton 1

Die Versuche mit Schraubankern im Ton 1 (Versuche-Nr. 361 bis 366) erfassen nur einen schmalen Bereich der Konsistenzzahlen k_w . Es läßt sich deshalb keine Kurve $q_r = f(k_w)$ auftragen. Der rechnerisch aus der maximalen Zugkraft und den Erdzylinder-Mantelflächen ermittelte spezifische Reibungswiderstand für den steifen Ton ($k_w = 0,78$ bis $0,84$) liegt zwischen $0,12$ bis $0,14$ kg/cm², schwankt also nur sehr gering. Ein Unterschied bezüglich der Einschraubtiefe ist hier nicht festzustellen. Die q_r -Werte sind kleiner als die q_r -Werte für Stabanker im Ton. Dies ist vermutlich auf die Auflockerung beim Eindrehen zurückzuführen. Außerdem muß berücksichtigt werden, daß über dem Ton eine etwa 25 cm mächtige Mutterbodenüberdeckung ansteht. Für einen ausgetrockneten Ton ergibt sich nach der Tabelle 16 ein mittlerer spezifischer Reibungswiderstand von $0,41$ kg/cm². Diese erhöhten q_r -Werte sind bedingt durch die wesentlich höheren Einbindetiefen in den Untergrund.

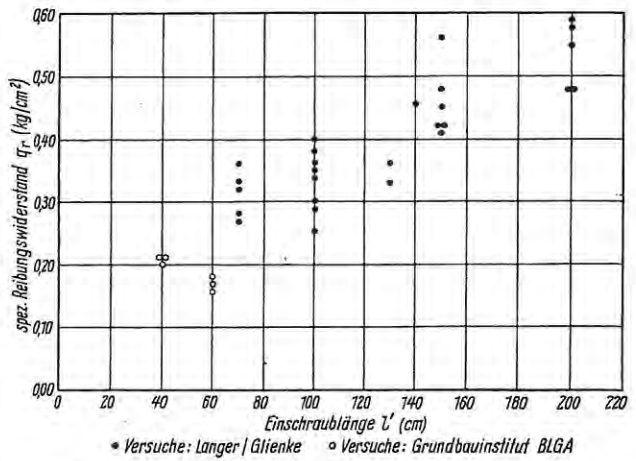


Bild 38: Spezifischer Reibungswiderstand für Schraubanker in Abhängigkeit von der Einschraublänge in steifem bis halbfestem Ton.

3.3.8 Drillanker im Sand 1

Der spezifische Reibungswiderstand q_r für Drillanker (Versuche-Nr. 292 bis 315) ist im Vergleich zu den Stabankern nur sehr klein (ca. $q_r = 0,05 - 0,09 \text{ kg/cm}^2$). Dies ist durch die Auflockerung des Sandes beim Einschlagen und auf die nicht selbstsperrende Drillung zurückzuführen. Der spezifische Reibungswiderstand wächst gering mit größer werdender Einschlaglänge.

Die Verwendung von Drillankern bietet also wegen der geringen Tragfähigkeit keine Vorteile, obwohl ihre Anfertigung teurer ist als die der Stabanker. Der einzige Vorteil ist wohl, daß sich diese Anker gut in dicht gelagerte grobkörnige Böden (Kies und Schotter) jeintreiben lassen.

3.3.9 Drillanker im Ton 1

Für die Drillanker im Ton 1 ergab sich bei den Versuchen Nr. 367 bis 369 ein mittlerer spezifischer Reibungswiderstand von $q_r = 0,05 \text{ kg/cm}^2$ bei einer Konsistenzzahl von $k_w = 0,78$ bis $0,84$. Dieser q_r -Wert ist also wesentlich kleiner als der bei vergleichbaren Stabankern im Ton ermittelte. Eine Verwendung dieser Anker als Zuganker ist deshalb auch bei bindigen Böden nicht vorteilhaft.

3.3.10 Kreuzanker im Sand

Die spezifischen Reibungswiderstände q_r für Kreuzanker in Sand 1 wurden aus den Versuchen-Nr. 316 bis 327 unter Berücksichtigung der verhältnismäßig großen Mantelfläche berechnet. Die q_r -Werte sind ebenfalls hier niedriger als bei den entsprechenden Stabankern und liegen im Mittel bei etwa $q_r = 0,10 \text{ kg/cm}^2$. Die niedrigen Reibungswiderstände sind vermutlich darauf zurückzuführen, daß die Mantelfläche wegen des kreuzförmigen Querschnittes beim Eintreiben nicht ganz vom Bodenmaterial umhüllt wird und deshalb nicht voll wirksam ist.

Die Kreuzanker ergeben bezüglich der Kraftaufnahme keine Vorteile gegenüber den einfachen Stabankern.

3.3.11 Kreuzanker im Ton 1

Bei den Versuchen-Nr. 370 bis 372 mit Kreuzankern in steifem Ton wurde der mittlere spezifische Reibungswiderstand mit $q_r = 0,03 \text{ kg/cm}^2$ für einen Konsistenzzahlbereich von $k_w = 0,78$ bis $0,84$ ermittelt. Auch im Ton liegen die vergleichbaren Werte für die entsprechenden Stabanker höher. Die Benutzung von Kreuzankern ergibt also auch bei bindigen Böden keine höheren aufnehmbaren Zugkräfte trotz der wesentlich vergrößerten Oberfläche gegenüber den vergleichbaren Stabankern, da die Fläche in ihrer Gesamtheit nicht wirksam wird.

3.3.12 Schraubanker in verschiedenen Böden

Für die nachträglich von der Firma Langer/Glienke überreichten Unterlagen (Tabelle 16) liegen keine Bodenkennziffern vor. Es wurde deshalb eine Auswertung nach der Einschraublänge vorgenommen. Für die einzelnen Bodenarten ergeben sich die in den Bildern 38 - 42 aufgezeichneten Abhängigkeiten zwischen der Einschraublänge l' und dem spezifischen Reibungswiderstand q_s . Zum Vergleich wurden auch, soweit vorhanden, hier unsere Versuchsergebnisse mit berücksichtigt. Die früheren Versuche der Firma Langer/Glienke (Tabelle 15) sind nur soweit wie möglich verwendet. Versuche mit unklaren Bodenangaben und geschichteten Bodenverhältnissen wurden nicht eingetragen.

Wenn auch allgemein eine starke Streuung der Ergebnisse vorliegt, so ergibt sich doch eine deutlich anwachsende Tendenz für erhöhte Einschraublängen, was durch den erhöhten Seitendruck durch die Erdauflast bedingt ist. Auf Bild 43 sind die mittleren spezifischen Reibungswiderstände in Abhängigkeit von der Einschraublänge für Schraubanker in verschiedenen Böden dargestellt. Für Sand liegen für größere Einschraublängen nur wenige Angaben vor, so daß hier die gezeichnete Kurve etwas unsicher ist.

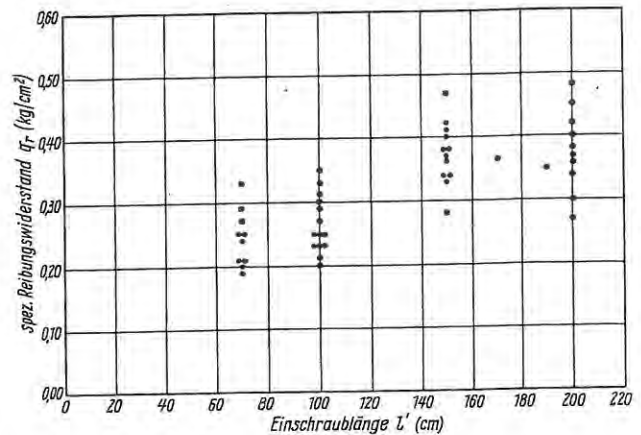


Bild 39:

Spezifischer Reibungswiderstand für Schraubanker in Abhängigkeit von der Einschraublänge in dichtgelagertem Kiessand.

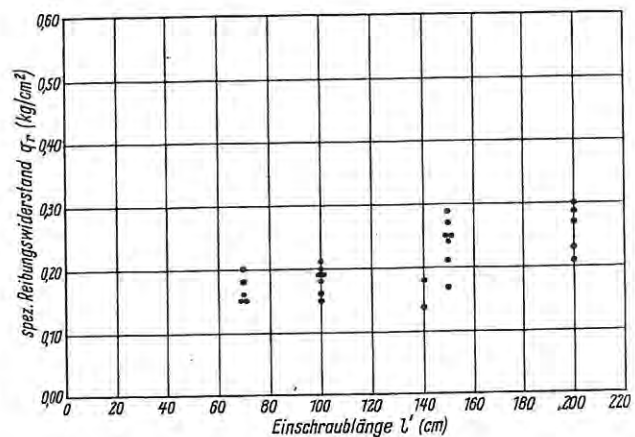


Bild 40:

Spezifischer Reibungswiderstand für Schraubanker in Abhängigkeit von der Einschraublänge in steifem Lehm.

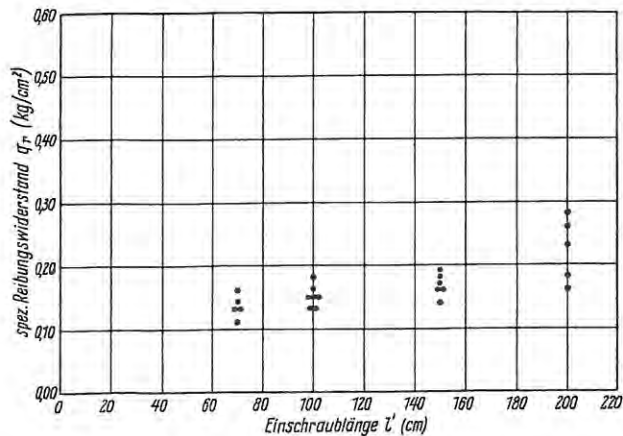


Bild 41:
Spezifischer Reibungswiderstand für Schraubanker in Abhängigkeit von der Einschraublänge in lockerem Aufschutt.

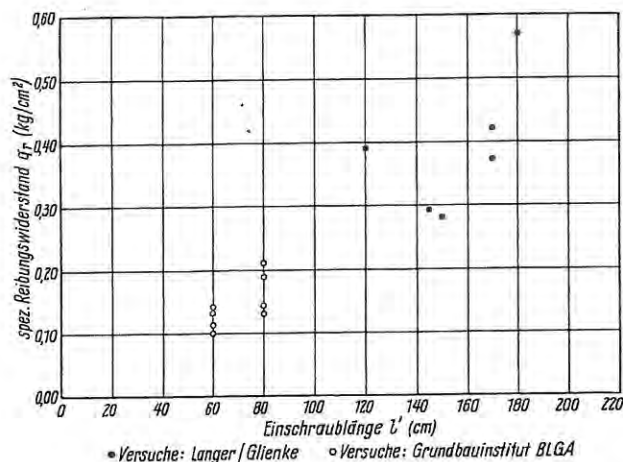


Bild 42:
Spezifischer Reibungswiderstand für Schraubanker in Abhängigkeit von der Einschraublänge in dichtgelagertem Sand.

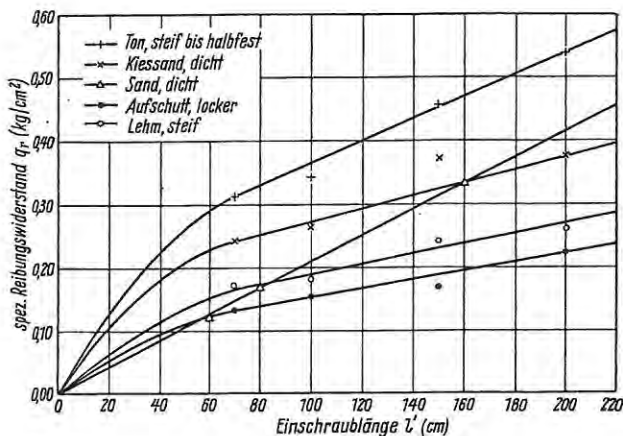


Bild 43:
Mittlerer spezifischer Reibungswiderstand für Schraubanker in Abhängigkeit von der Einschraublänge in verschiedenen Böden.

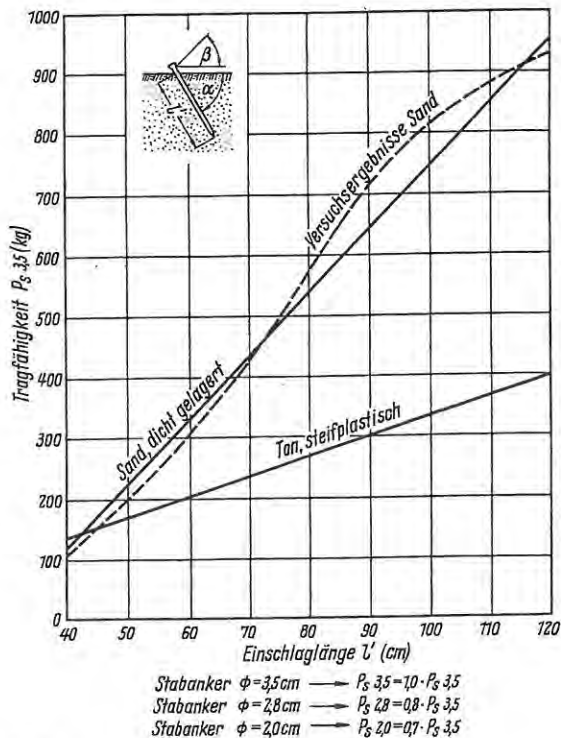


Bild 44:
Tragfähigkeit von Stabankern ϕ 3,5 cm auf Schrägzug ($\alpha = 90^\circ$, $\beta = 0 - 45^\circ$) in Abhängigkeit von der Einschraublänge für dichtgelagerten Sand und steifen Ton.

4. FOLGERUNGEN FÜR DIE PRAXIS

4.1 Allgemeines

Zur Berechnung der durch die Verankerung aufnehmbaren Kräfte werden im folgenden für die verschiedenen untersuchten Bodenarten Vorschläge unterbreitet. Dabei wird bewußt auf Formeln für Spezialanker wie z. B. Kreuz-, Drill- und Flügelanker verzichtet, da für die Festlegung einer Abhängigkeit hier zu wenig Versuchsergebnisse vorliegen. Für Spezialanker müssen bezüglich der Tragfähigkeit Erfahrungswerte und Probelastungen verwertet werden.

Selbstverständlich kann bei ähnlichen Bodenverhältnissen auch auf die Ergebnisse dieser Arbeit zurückgegriffen werden. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf gewöhnliche Stabanker. Diese Ankerart wird in der Praxis in etwa 80 bis 90 % aller Fälle verwendet. Anschließend wird noch auf den Schraubanker eingegangen, für den verschiedene Unterlagen vorliegen. Bei der Unsicherheit der augenscheinlichen Bestimmung der Bodenarten und deren Eigenschaften und der erfahrungsgemäß stark wechselnden Zusammensetzung der Schichten im näheren Bereich der Geländeoberfläche sollte man allgemein für die zulässige Tragfähigkeit unbedingt eine mindestens 2,5-fache Sicherheit berücksichtigen. Beachtet man u. a. noch, daß den Versuchsergebnissen statische Belastungen zugrunde liegen und die höchsten Belastungen aus dynamischen Beanspruchungen resultieren, so muß diese empfohlene Sicherheit durchaus als berechtigt gelten.

Die folgenden Erläuterungen und Schlussfolgerungen sind den praktischen Erfordernissen und Gegebenheiten entsprechend einfach gehalten. Sie gelten nur für zeitlich begrenzte Verankerungen. Bei Absicherungen für längere Zeiten sollte man in jedem Fall Probelastungen durchführen bzw. noch besser auf sichere Verankerungen z. B. mit Schwergewichtsan kern zurückgreifen. Für Dauerverankerungen empfehlen sich in jedem Falle Schwergewichtsanker, z. B. aus Beton.

4.2 Schrägzuganker

Auf Bild 44 sind die Abhängigkeiten zwischen Einschlaglänge l' und Tragkraft P_s für Sand und Ton gemäß den Bildern 29 und 33 aufgetragen. Die Kurven gelten nur für Stabanker bei einem Einschlagwinkel von $\alpha = 90^\circ$, einem Ankerdurchmesser von $d = 3,5$ cm und einem Zugwinkel von $\beta = 0$ bis 45° .

Für die Bodenart "steifer Ton" wurden die ungünstigsten Tragfähigkeiten für einen Zugwinkel von $\beta = 45^\circ$ zugrunde gelegt. Um eine einfache formelmäßige Bestimmung der aufnehmbaren Schrägzugkraft P_s zu ermöglichen, wurde die gekrümmte Kurve für Sand durch eine Gerade angenähert. Diese Annäherung ist als hinreichend genau zu betrachten, wie aus Bild 44 ersichtlich ist. Es ergibt sich dann für die beiden untersuchten Bodenarten und Anker von 3,5 cm Durchmesser folgende allgemeine Beziehung:

$$P_s = A \cdot l' - B \quad \dots (8)$$

In dieser Formel ist die Sicherheit $\nu_s = 2,5$ noch nicht berücksichtigt. Außerdem fehlt bei anderen Ankerdurchmessern als $d = 3,5$ cm noch ein dimensionsloser Umrechnungsfaktor f_d für den Ankerdurchmesser. Unter Einbeziehung dieser Größen ergibt sich als Formel zur Berechnung von Schrägzugankern:

$$P_s = \frac{1}{\nu_s} \cdot (A \cdot l' - B) \cdot f_d \quad \dots (9)$$

- mit
- P_s = zulässige Tragkraft für Schrägzug (kg)
 - ν_s = Sicherheit = 2,5 (1)
 - l' = Einschlaglänge (cm)
 - A = Konstante, von der Bodenart abhängig (kg/cm^2)
 - B = Konstante, von der Bodenart abhängig (kg)
 - f_d = Umrechnungsfaktor (1).

Entsprechend Bild 44 errechnen sich für die untersuchten Böden die Konstanten A und B gemäß Tabelle 19.

Ein Sand ist dicht gelagert, wenn die Lagerungsdichte $D > 50\%$ ist [7], [8]. Eine mitteldichte Lagerung liegt bei $D = 30$ bis 50% vor. Für dichtgelagerten kiesigen Sand haben die Werte ebenfalls Gültigkeit. Es sind dann jedoch höhere Tragfähigkeiten zu erwarten. Sie müßten noch durch Versuche ermittelt werden. Überwiegt der Kiesanteil, so werden sogar wesentlich größere Tragfähigkeiten vorliegen.

Ein Ton ist steif, wenn die Konsistenzzahl zwischen $k_w = 0,75$ bis $1,0$ liegt [7], [8]. Der Ton läßt sich in diesem Zustand nur schwer kneten und zu 3 mm dicken Walzen ausrollen ohne zu bröckeln und zu reißen. Für einen weichen Ton ($k_w = 0,50$ bis $0,75$), der sich leicht kneten läßt, sind die Tragfähigkeiten geringer. Ein halbfester Ton ($k_w > 1,0$) reißt und bröckelt beim Ausrollen in 3 mm dicke Walzen. Entsprechend der erhöhten Festigkeit nimmt auch die Tragfähigkeit zu.

Der Umrechnungsfaktor f_d für die Berücksichtigung des Ankerdurchmessers wurde durch Vergleich der Versuchsergebnisse gewonnen. Dabei wurde festgestellt, daß sich bezüglich des Durchmessers von $d = 3,5$ cm eine zunehmende Abminderung des Wertes f_d mit abnehmendem Ankerdurchmesser ergibt. Zur Vereinfachung wurde für beide Bodenarten ein einheitlicher Umrechnungsfaktor gemäß Tabelle 20 gewählt, der etwa dem Mittelwert und den gebräuchlichen Einschlaglängen entspricht. Zwischenwerte können geradlinig eingeschaltet werden. Der Ankerdurchmesser d sollte 1,5 cm nicht unterschreiten.

Die Tabelle 21 gibt einen Überblick über die nach Erfahrung je nach der Ankerlänge e etwa zu fordernden Mindestdurchmesser der Anker. Bei größeren Ankerlängen, als die dort angegebenen, neigt der Stab bei Belastung zu Verbiegungen, so daß dann andere Belastungsverhältnisse vorliegen. Auch sollte eine Einschlaglänge l' von 40 cm nicht unterschritten werden, falls der Untergrund nicht durch eine befestigte Decke gegen Ausweichen nach oben geschützt ist.

Die Formel (9) gilt nur für Einschlaglängen von $l' = 40$ bis 120 cm. Bei längeren Ankern, also größeren Werten für l' , sind die Rechengrundlagen für $l' = 120$ cm zu nehmen oder eine Probelastung durchzuführen, falls nicht aus Erfahrung die Tragfähigkeit bekannt ist. Bei Verwendung der Formel (9) darf der Zugwinkel nicht größer als $\beta = 45^\circ$ sein, weil dann ein Zuganker vorliegt, der nach der Formel (10) zu bemessen ist.

4.3 Zuganker

Für die Berechnung von Stabankern als Zuganker wird die Formel (7) vorgeschlagen. Unter Einbeziehung der Sicherheit ν_s ergibt sich dann folgende Beziehung:

$$P_z = \frac{1}{\nu_s} \cdot q_r \cdot F \quad \dots (10)$$

- mit
- P_z = zulässige Tragkraft für Zug (kg)
 - ν_s = Sicherheit = 2,5 (1)
 - q_r = spezifischer Reibungswiderstand für Stabanker (kg/cm^2)
 - F = Bodenumhüllte Ankerfläche = $l' \cdot d \cdot \pi$ (cm^2)

Zur Festlegung der Größe des spezifischen Reibungswiderstandes q_r wurde unter Verwendung der Versuchsergebnisse die Tabelle 22 aufgestellt. Sie wurde entsprechend ergänzt durch Werte nach MÜLLER-HAEFELI über Mantelreibung bei Freileitungsfundamenten [10]. Die Werte wurden etwas abgemindert, da bei den Versuchen MÜLLER-HAEFELI die Reibung zwischen Beton und Boden gemessen wurde. Die Ergänzungswerte können so lange als Anhalt zur Bestimmung der zulässigen Zugkraft verwendet werden, bis auch für diese Bodenarten Versuche vorliegen.

Es empfiehlt sich, bei der Wahl der q_r -Werte bei Einschlagtiefen $l' < 100$ cm nicht in den oberen Bereich der angegebenen Grenzen zu gehen. Bei Böden im Grundwasser ist bei Sand und Kies die zulässige Tragkraft um 50% abzumindern. Bindige Böden im Grundwasser sind wegen unübersehbarer Schmierwirkungen nicht mehr für eine Zugverankerung mit Stabanker geeignet.

Voraussetzung für die Gültigkeit der empfohlenen spezifischen Reibungswiderstände q_r ist, daß die Reibung auf der gesamten Einschlaglänge des Stabankers wirksam ist und bei bindigem Boden keine Schmierung durch eingedrungenes Oberflächen- bzw. Grundwasser erfolgt.

In besonders schwierigen Verankerungsfällen und bei Spezialankern empfiehlt es sich, in jedem Fall Probelastungen durchzuführen.

Alle Anker mit einem Zugwinkel größer als $\beta = 45^\circ$ sind nach der Formel (10) zu bemessen. Die Formel gilt nur für Stabanker. Reibungsflächenvergrößerungen durch Wahl anderer Querschnittsformen (z. B. Kreuzanker) ergeben bei Zugankern keine günstigeren Tragfähigkeiten. Da verrostete (rauh) Anker beim Eintreiben in den Boden meistens wieder geglättet werden, wurde auch eine Rauigkeit des Ankermaterials unberücksichtigt gelassen.

X 4.4 Schraubanker

Eine Sonderstellung nehmen die Schraubanker ein, da die in den Boden zu leitende Kraft in den meisten Fällen durch entsprechende Einschraubrichtung in die Ankerachse zu legen ist. Die Verwendung erstreckt sich dementsprechend auf Schrägzug- und Zugverankerung. Da bei der Beanspruchung der Schraubanker die Reibung zwischen Boden und Boden maßgebend ist und durch das Eindrehen eine gewisse Auflockerung bzw. Verdichtung erfolgt, gelten hier andere spezifische Reibungswiderstände als bei den Stabankern.

Zur Unterscheidung wurde deshalb auch hier die Bezeichnung q_s für den spezifischen Reibungswiderstand gewählt.

Aus den zahlreich vorliegenden Versuchen ergab die folgende Formel (11) eine ausreichende Genauigkeit zur Bestimmung der Tragfähigkeiten:

$$P_z = \frac{1}{v_s} \cdot q_s \cdot t \cdot d_s \cdot \pi \quad \dots (11)$$

mit P_z = Zulässige Tragkraft (kg)

$$v_s = \text{Sicherheit} = 3 \quad (1)$$

q_s = spezifischer Reibungswiderstand für Schraubanker (kg/cm²)

t = Einschraublänge (cm)

d_s = Schraubendurchmesser (cm)

$$\pi = 3,14 \quad (1)$$

Für den spezifischen Widerstand können die Werte nach Tabelle 23 entsprechend Bild 43 angesetzt werden, und zwar je nach Einschraublänge in dem betreffenden Boden. Überdeckungen aus schlechteren Böden dürfen nicht bei der Einschraublänge berücksichtigt werden. Einschraubängen unter 60 cm sind nicht zu empfehlen.

Wegen der möglichen Auflockerung des Untergrundes beim Einschrauben sollte man der Berechnung der Tragfähigkeit von Schraubankern mindestens eine 3-fache Sicherheit zugrunde legen. Im Bereich des Grundwassers ist bei bindigen Böden mit starker Abminderung des Reibungswiderstandes zu rechnen, der in Grenzfällen sogar auf null gehen kann. In gleichförmigen sandigen Böden ist durch Schlammwirkung des Grundwassers eine günstige Beeinflussung der Reibung zu erwarten.

4.5 Empfehlungen für die Praxis

Es folgen nun stichwortartig einige Empfehlungen für die Praxis, die sich aus den Versuchen ergeben haben.

- Eintreibrichtung der Schrägzuganker**
Schrägzuganker sind möglichst senkrecht in den Boden einzutreiben, da lotrechte Anker bei gleicher Einbindelänge eine erhöhte Tragkraft gegenüber geneigten Ankern haben.
- Kraftangriff bei Schrägzugankern**
Der Kraftangriffspunkt bei Schrägzugankern ist möglichst unmittelbar im Bereich der Bodenoberfläche bzw. unterhalb derselben zu wählen, da dann das Einspannmoment am kleinsten ist.
- Zulässige Verschiebung der Anker**
Tritt bei der Belastung von Schrägzugankern an der Erdoberfläche eine Verschiebung von etwa 2 cm und mehr auf, so sind zusätzliche Anker zur Verstärkung der Verankerung anzuordnen. Bei Zugankern besteht schon bei kleineren Verschiebungen die Gefahr der Überbelastung.
- Einschlagrichtung der Zuganker**
Zuganker sind unbedingt in Richtung der Zugkraft einzuschlagen, wenn nicht eine Verschiebungssperre z. B. durch eine Platte vorliegt. Bei geneigten Ankern besteht die Gefahr, daß sich bei seitlicher Verschiebung und dadurch bedingter alleiniger Aufnahme der Kräfte durch Zug fast keine Reibungsflächen mehr zur Verfügung stehen.

e) Eintreiben der Anker

Beim Eintreiben der Anker ist auf eine gute Führung zu achten. Bei Großzelten lohnt sich die Verwendung eines automatischen Schlaghammers, der bei entsprechender Konstruktion auch zum Ziehen benutzt werden kann.

Nach dem Eintreiben der Anker ist die Bodenoberfläche mit dem Fußgut an den Anker anzudrücken, damit Oberflächenwasser nicht zu leicht eindringen kann. Bei bindigen Böden ist darauf zu achten, daß keine nassen Zuganker eingeschlagen werden, da dann die Reibungskräfte wesentlich abgemindert werden.

f) Herstellung der Anker

Die Ankerspitzen werden am besten durch Schleifen hergestellt. Beim Schmieden ergibt sich leicht eine Querschnittsverbreiterung im Bereich der Ankerspitze. Dies wirkt sich ungünstig auf Zuganker aus, weil dann kein vollständiges Anliegen des Bodens an der Manteloberfläche gewährleistet und die Reibung abgemindert wird.

g) Ankergruppen

Reichen einzelne Anker zur Aufnahme der Kräfte nicht aus, so sind Ankergruppen zu schlagen bzw. andere Verankerungsmöglichkeiten zu schaffen. Die Abstände der einzelnen Anker sind dabei möglichst groß zu wählen und durch geeignete Verbindung eine gemeinsame Wirkung zu erzwingen.

Eine günstige Zugverankerung ergibt sich auch durch kreuzweise schräges Einschlagen von z. B. 4 Stabankern, die durch eine Kopfplatte geführt und gehalten werden. Solche Ankerböcke können auch durch Schrägzug belastet werden.

h) Anker auf befestigtem Gelände

Durch befestigte Oberflächen (Pflaster, Schotter oder sonstige Straßendecken) ergibt sich bei Schrägzugankern eine wesentliche Erhöhung der Tragfähigkeit durch Verspannung und Verhütung eines Aufbrechens der Bodenoberfläche.

i) Probebelastung

Bei großen Kräften und bei Spezialankern ist die Tragfähigkeit in Zweifelsfällen durch Probebelastungen nachzuweisen. Auf größeren Aufstellplätzen und bei größeren langfristig bleibenden Bauteilen sind allgemein Probebelastungen wirtschaftlich zu vertreten.

j) Anker in aufgefülltem Boden

Äußerste Vorsicht ist bei Verankerungen auf aufgefüllten Standplätzen geboten, da hier sehr unterschiedliche und lockere Untergrundverhältnisse zu erwarten sind.

k) Auswahl neuer Standplätze

Wenn neue Standplätze ausgewiesen werden, so sollte man darauf achten, daß der Boden bis etwa 1,5 m Tiefe nicht aus grobsteinigem oder felsigem Material besteht und außerhalb des Grundwasserspiegels liegt. Bei Grobkies und Steinen sind die Anker meist nur unter großen Mühen nach mehrmaligen Ansätzen einzutreiben. Die Wiedergewinnung der Anker ist hier sehr oft nur unter erhöhtem Kraftaufwand möglich. Am sichersten ist hier für Zuganker die Verwendung von Totlasten. Schrägzuganker haben in grobkörnigen Böden eine sehr hohe Tragfähigkeit.

l) Holzanker

Holzanker sind auf Schrägzug wegen der geringen Biegezugfestigkeit nur begrenzt belastbar. Zuganker aus Holz können bei rauher und unregelmäßiger Oberfläche wie Stahlanker berechnet werden.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- (1) RATTAY, W./REINHARDT, K.
Versuche mit Erdankern in natürlichem Maßstab.
Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für
Bauwesen, Leipzig, Heft 3, 1962
- (2) DIN 4112- Fliegende Bauten
Richtlinien für die Bemessung und Ausführung
März 1960
- (3) DIN 4112- Fliegende Bauten
Bemessung und Ausführung
Erläuterung zu den Richtlinien
Oktober 1962
- (4) FREI, Otto/TROSTEL, Rudolf:
Zugbeanspruchte Konstruktionen, Band I.
Ullstein Fachverlag Frankfurt/Berlin, 1962
- (5) BACHUS, Ernst:
Grundbaupraxis.
Springer-Verlag Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1950
- (6) SCHULTZE, Edgar/MUHS, Heinz:
Bodenuntersuchungen für Ingenieurbauten
Springer-Verlag Berlin/Göttingen, Heidelberg, 1950
- (7) MUHS, Heinz:
Die Prüfung des Baugrundes und der Böden.
Springer-Verlag Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1957
- (8) MÜLLER, Rudolf:
Modellversuche über das Zusammenwirken von Man-
telreibung, Spitzenwiderstand und Tragfähigkeit von
Pfählen.
Veröffentlichung des Institutes der Deutschen For-
schungsgesellschaft für Bodenmechanik an der Tech-
nischen Universität Berlin (DEGEBO), Heft 7,
Springer-Verlag Berlin, 1939
- (9) BLUM, Hermann:
Einspannungsverhältnisse bei Bohlwerken.
Verlag Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin, 1931

- (10) MÜLLER, A.G./HAEFELI, R:
Die Zugverankerung im Baugrund unter besonderer
Berücksichtigung der Fundationsprobleme des Frei-
leitungsbaues.
Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Ver-
eins Nr. 21, 1953

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die vorliegende Arbeit behandelt Belastungsversuche an Erdankern für "Fliegende Bauten" in Sand und Ton. Durch Auswertung der Versuchsergebnisse sind Formeln zur Bestimmung der Tragfähigkeit von Erdankern entwickelt worden. Außerdem werden in der Abhandlung praktische Erfahrungen für Verankerung von "Fliegenden Bauten" mitgeteilt.

S U M M A R Y

The present work deals with load tests on ground anchors for "overhung structures" (dismountable structures) in sand and clay. Formulas for the determination of the load bearing capacity of ground anchors have been developed by evaluating the test results. Furthermore, practical experience in the anchoring of "overhung structures" is also given in the discourse.

R É S U M É

Le présent ouvrage traite des essais de charge sur des tirants pour "bâtiments volants" (constructions démontables) dans du sable et de l'argile. Par l'évaluation des résultats d'essai, des formules pour la détermination de la capacité de charge de tirants ont été développées. De plus, des expériences pratiques dans l'ancrage de "bâtiments volants" sont communiquées dans l'ouvrage.

Anhang

Tabelle 1 bis 23

Tabelle 1 : Versuchsergebnisse für Schrägzuganker im Sand 1

Versuch Nr.	Ankerart	Anker- durchmesser d	Einbinde- länge l'	Einschlag- winkel α	Zug- winkel β	Füllung Nr.	max. Schrägzug Ps kg
1	Stabanker	3,5	45	90	45	2	130
2	"	3,5	45	90	30	2	140
3	"	3,5	45	90	15	3	170
4	"	3,5	45	75	45	2	100
5	"	3,5	45	75	30	3	120
6	"	3,5	45	75	15	4	90
7	"	3,5	45	60	45	2	60
8	"	3,5	45	60	30	3	70
9	"	3,5	45	60	15	4	50
10	"	3,5	45	45	45	4	40
11	"	3,5	45	45	30	2	40
12	"	3,5	45	45	15	4	30
13	"	3,5	65	90	45	3	320
14	"	3,5	65	90	30	2	410
15	"	3,5	65	90	15	3	380
16	"	3,5	65	90	15	7	350
17	"	3,5	65	75	45	3	250
18	"	3,5	65	75	30	2	260
19	"	3,5	65	75	15	3	250
20	"	3,5	65	60	45	3	160
21	"	3,5	65	60	30	2	150
22	"	3,5	65	60	15	3	150
23	"	3,5	65	45	45	4	80
24	"	3,5	65	45	30	2	80
25	"	3,5	65	45	15	3	70
26	"	3,5	65	90	30	2	380
27	"	2,8	65	90	30	7	320
28	"	2,8	65	90	15	9	350
29	"	2,8	65	75	30	7	280
30	"	2,8	65	75	30	9	260
31	"	2,8	65	75	15	9	250
32	"	2,8	65	60	30	7	140
33	"	2,8	65	60	30	9	100
34	"	2,8	65	60	15	9	190
35	"	2,8	65	45	30	8	110
36	"	2,8	65	45	15	9	80
37	"	2,0	65	90	30	7	270
38	"	2,0	65	90	15	9	240
39	"	2,0	65	75	30	7	230
40	"	2,0	65	75	15	9	240
41	"	2,0	65	60	30	8	110
42	"	2,0	65	60	15	9	120
43	"	2,0	65	45	30	8	80
44	"	2,0	65	45	15	8	70
45	"	3,5	85	90	45	8	580

Versuch Nr.	Ankerart	Anker- durchmesser d	Einbinde- länge l'	Einschlag- winkel α	Zug- winkel β	Füllung Nr.	max. Schrägzug Ps kg
46	"	3,5	85	90	30	5	700
47	"	3,5	85	90	15	5	670
48	"	3,5	85	75	45	8	490
49	"	3,5	85	75	30	4	> 660 *)
50	"	3,5	85	75	15	5	> 380 **)
51	"	3,5	85	60	45	8	320
52	"	3,5	85	60	30	4	310
53	"	3,5	85	60	15	5	300
54	"	3,5	85	45	45	4	160
55	"	3,5	85	45	30	4	150
56	"	3,5	85	45	15	5	160
57	"	3,5	85	45	15	8	160
58	"	3,5	85	75	30	5	540
59	"	3,5	100	60	30	1	600 +)
60	"	3,5	100	90	30	1	433 +)
61	"	3,5	100	75	45	1	333 +)
62	"	3,5	100	60	45	1	> 233 +)
63	"	3,5	105	90	45	8	> 600 **)
64	"	3,5	105	90	45	9	> 740
65	"	3,5	105	90	30	5	> 740
66	"	3,5	105	90	15	6	> 700
67	"	3,5	105	75	45	7	690
68	"	3,5	105	75	30	5	700
69	"	3,5	105	75	15	6	710
70	"	3,5	105	60	45	8	340
71	"	3,5	105	60	30	5	480
72	"	3,5	105	60	15	7	340
73	"	3,5	105	45	45	7	160
74	"	3,5	105	45	30	5	220
75	"	3,5	105	45	15	7	190
158	Kreuzanker	-	65	90	30	10	300
159	"	-	65	60	30	10	160
160	"	-	65	90	15	10	350
161	"	-	65	60	15	10	180
162	"	-	65	75	15	11	260
163	"	-	65	45	15	11	70
164	"	-	65	75	30	11	270
165	"	-	65	45	30	11	80
166	Flügelanker	(2,6)	65	90	30	10	320
167	"	(2,6)	65	60	30	10	180
168	"	(2,6)	65	90	15	10	340
169	"	(2,6)	65	60	15	10	200
170	"	(2,6)	65	75	15	11	280
171	"	(2,6)	65	45	15	11	110
172	"	(2,6)	65	75	30	11	230
173	"	(2,6)	65	45	30	11	100

*) Bodenoberfläche gefroren
#Schallast nicht erreicht

***) Rutschlast nicht erreicht

+) Vorversuch

Tabelle 2 : Versuchsergebnisse für Zuganker im Sand 1

Versuch	Ankerart	Anker- durchmesser	Einbinde- tiefe	Anker- oberfläche	Füllung	max. Zugkraft
Nr.	-	d	t	-	Nr.	Pz
-	-	cm	cm	-	-	kg
184	Stabanker	3,5	40	verrostet	12	90
185	"	3,5	40	"	12	80
186	"	3,5	40	"	12	90
187	"	3,5	40	"	13	40
188	"	3,5	40	"	13	40
189	"	3,5	40	"	13	40
190	"	3,5	40	ziemlich glatt	14	50
191	"	3,5	40	"	14	40
192	"	3,5	40	"	14	60
193	"	3,5	40	"	15	30
194	"	3,5	40	"	15	30
195	"	3,5	40	"	15	40
196	"	2,8	40	verrostet	12	70
197	"	2,8	40	"	12	80
198	"	2,8	40	"	13	35
199	"	2,8	40	"	13	40
200	"	2,8	40	ziemlich glatt	14	40
201	"	2,8	40	"	14	40
202	"	2,8	40	ziemlich glatt	15	30
203	"	2,8	40	"	15	25
204	"	2,0	40	verrostet	12	50
205	"	2,0	40	"	12	70
206	"	2,0	40	"	13	20
207	"	2,0	40	"	13	30
208	"	2,0	40	ziemlich glatt	14	40
209	"	2,0	40	"	14	40
210	"	2,0	40	"	15	20
211	"	2,0	40	"	15	20
212	"	3,5	60	verrostet	12	120
213	"	3,5	60	"	12	140
214	"	3,5	60	"	12	150
215	"	3,5	60	"	13	60
216	"	3,5	60	"	13	60
217	"	3,5	60	"	13	60
218	"	3,5	60	ziemlich glatt	14	110
219	"	3,5	60	"	14	90
220	"	3,5	60	ziemlich glatt	14	100
221	"	3,5	60	"	15	40
222	"	3,5	60	"	15	40
223	"	3,5	60	"	15	40
224	"	2,8	60	verrostet	12	150
225	"	2,8	60	"	12	130
226	"	2,8	60	"	12	140
227	"	2,8	60	"	13	50
228	"	2,8	60	"	13	50
229	"	2,8	60	"	13	40
230	"	2,8	60	ziemlich glatt	14	70
231	"	2,8	60	"	14	70
232	"	2,8	60	"	14	65
233	"	2,8	60	"	15	35
234	"	2,8	60	"	15	40
235	"	2,8	60	"	15	40
236	"	2,0	60	verrostet	12	90
237	"	2,0	60	"	12	90
238	"	2,0	60	verrostet	12	90

Versuch	Ankerart	Anker- durchmesser	Einbinde- tiefe	Anker- oberfläche	Füllung	max. Zugkraft
Nr.	-	d	t	-	Nr.	Pz
-	-	cm	cm	-	-	kg
239	"	2,0	60	"	13	40
240	"	2,0	60	"	13	45
241	"	2,0	60	"	13	30
242	"	2,0	60	ziemlich glatt	14	65
243	"	2,0	60	"	14	60
244	"	2,0	60	"	14	50
245	"	2,0	60	"	15	30
246	"	2,0	60	"	15	30
247	"	2,0	60	"	15	30
248	"	3,5	80	verrostet	12	300
249	"	3,5	80	"	12	320
250	"	3,5	80	"	12	320
251	"	3,5	80	"	13	110
252	"	3,5	80	"	13	100
253	"	3,5	80	"	13	110
254	"	3,5	80	ziemlich glatt	14	160
255	"	3,5	80	"	14	160
256	"	3,5	80	ziemlich glatt	14	180
257	"	3,5	80	"	15	70
258	"	3,5	80	"	15	65
259	"	3,5	80	"	15	80
260	"	2,8	80	"	12	95
261	"	2,8	80	"	12	85
262	"	2,8	80	"	12	95
263	"	2,8	80	"	13	50
264	"	2,8	80	"	13	45
265	"	2,8	80	"	13	45
266	"	2,8	80	"	14	75
267	"	2,8	80	"	14	80
268	"	2,8	80	"	14	65
269	"	2,8	80	"	15	30
270	"	2,8	80	"	15	30
271	"	2,8	80	"	15	35
272	"	3,5	100	verrostet	12	560
273	"	3,5	100	"	12	380
274	"	3,5	100	verrostet	12	440
275	"	3,5	100	"	13	170
276	"	3,5	100	"	13	170
277	"	3,5	100	"	13	170
278	"	3,5	100	ziemlich glatt	14	280
279	"	3,5	100	"	14	300
280	"	3,5	100	"	14	220
281	"	3,5	100	"	15	120
282	"	3,5	100	"	15	130
283	"	3,5	100	"	15	130
284	Schraubanker	(15)	60	"	16	380 *)
285	"	(15)	60	"	16	400 *)
286	"	(15)	60	"	17	310 *)
287	"	(15)	60	"	17	290 *)
288	"	(15)	80	"	16	710 *)
289	"	(15)	80	"	16	800 *)
290	"	(15)	80	"	17	520 *)
291	"	(15)	80	"	17	500 *)
292	Drillanker	-	40	ziemlich glatt	16	50
293	"	-	40	"	16	60

*) Ankerdurchmesser = Schraubendurchmesser

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Versuch	Ankerart	Anker- durchmesser	Einbinde- tiefe	Anker- oberfläche	Füllung	max. Zugkraft
Nr.	-	d	t	-	Nr.	Fz
-	-	cm	cm	-	-	kg
294	"	-	40	"	16	50
295	"	-	40	"	16	40
296	"	-	40	"	16	60
297	"	-	40	"	16	50
298	"	-	40	verrostet	17	30
299	"	-	40	"	17	30
300	"	-	40	"	17	30
301	"	-	40	"	17	30
302	"	-	40	"	17	30
303	"	-	40	"	17	30
304	"	-	60	"	16	100
305	"	-	60	"	16	110
306	"	-	60	"	16	120
307	"	-	60	ziemlich glatt	16	130
308	"	-	60	"	16	110
309	"	-	60	"	16	120
310	"	-	60	verrostet	17	60
311	"	-	60	"	17	60
312	"	-	60	"	17	50
313	"	-	60	ziemlich glatt	17	70
314	"	-	60	"	17	60
315	"	-	60	"	17	60
316	Kreuzanker	-	60	verrostet	16	150
317	"	-	60	"	16	160
318	"	-	60	"	16	160
319	"	-	60	ziemlich glatt	16	180
320	"	-	60	"	16	170
321	"	-	60	"	16	180
322	"	-	60	verrostet	17	90
323	"	-	60	"	17	90
324	"	-	60	"	17	90
325	"	-	60	ziemlich glatt	17	90
326	"	-	60	"	17	90
327	"	-	60	"	17	80

TABELLE 3: Dichteste und lockerste Lagerung Sand 1.

Versuch	dichteste Lagerung	lockerste Lagerung
Nr.	n_d	n_o
-	%	%
1	31,4	49,0
2	30,6	47,6
3	29,6	49,3
4	32,2	49,7
5	29,2	48,5
6	30,7	47,9

TABELLE 4: Bodenkennziffern der Sandkastenfüllungen (SAND 1)

Füllung	nat. Raumgewicht	Trockenraumgewicht	Wassergehalt	Porenvolumen	Lagerungsdichte
Nr.	γ	γ_t	w	n	D
-	t/m ³	t/m ³	%	%	%
1	1,82	1,67	9,1	37,1	61,5
2	1,86	1,70	9,8	36,0	66,8
3	1,90	1,72	10,5	35,1	71,2
4	-	-	-	-	-
5	1,76	1,65	7,1	37,8	58,0
6	1,80	1,67	7,8	37,0	62,0
7	1,89	1,74	8,7	34,5	74,1
8	1,88	1,74	8,7	34,5	74,1
9	1,89	1,72	10,2	35,1	71,2
10	1,94	1,77	9,9	33,3	80,0
11	1,83	1,67	9,5	36,8	62,9
12	1,75	1,64	6,9	38,2	56,1
13	1,73	1,61	7,2	39,2	51,0
14	1,74	1,62	7,4	38,9	52,7
15	1,69	1,58	6,8	40,3	45,9
16	1,76	1,63	8,2	38,5	54,6
17	1,71	1,59	8,0	39,9	47,8
Mittelwert aus 16 Versuchen	1,81	1,67	8,5	37,0	61,9

Tabelle 5: Versuchsergebnisse für Schrägzuganker im Ton 1

Versuch Nr.	Ankerart	Anker- durchmesser d cm	Einbinde- länge l' cm	Einschlag- winkel α °	Zug- winkel β °	max. Schrägzug Pa kg
76	Stabanker	3,5	45	90	45	160
77	"	3,5	45	90	45	140
78	"	3,5	45	90	45	160
79	"	3,5	45	90	30	180
80	"	3,5	45	90	30	160
81	"	3,5	45	90	30	160
82	"	3,5	45	90	15	190
83	"	3,5	45	90	15	180
84	"	3,5	45	90	15	160
85	"	2,8	45	90	45	140
86	"	2,8	45	90	45	140
87	"	2,8	45	90	45	150
88	"	2,8	45	90	30	160
89	"	2,8	45	90	30	150
90	"	2,8	45	90	30	160
91	"	2,8	45	90	15	160
92	"	2,8	45	90	15	180
93	"	2,8	45	90	15	150
94	"	2,0	45	90	45	120
95	"	2,0	45	90	45	120
96	"	2,0	45	90	45	130
97	"	2,0	45	90	30	130
98	"	2,0	45	90	30	130
99	"	2,0	45	90	30	120
100	"	2,0	45	90	15	150
101	"	2,0	45	90	15	150
102	"	2,0	45	90	15	130
103	"	3,5	65	90	45	220
104	"	3,5	65	90	45	250
105	"	3,5	65	90	45	240
106	"	3,5	65	90	30	250
107	"	3,5	65	90	30	280
108	"	3,5	65	90	30	240
109	"	3,5	65	90	15	260
110	"	3,5	65	90	15	280
111	"	3,5	65	90	15	260
112	"	2,8	65	90	45	190
113	"	2,8	65	90	45	190
114	"	2,8	65	90	45	200
115	"	2,8	65	90	30	250
116	"	2,8	65	90	30	220
117	"	2,8	65	90	30	230
118	"	2,8	65	90	15	230
119	"	2,8	65	90	15	240
120	"	2,8	65	90	15	230
121	"	2,0	65	90	45	190

Versuch Nr.	Ankerart	Anker- durchmesser d cm	Einbinde- länge l' cm	Einschlag- winkel α °	Zug- winkel β °	max. Schrägzug Pa kg
122	"	2,0	65	90	45	160
123	"	2,0	65	90	45	150
124	"	2,0	65	90	30	190
125	"	2,0	65	90	30	190
126	"	2,0	65	90	30	180
127	"	2,0	65	90	15	230
128	"	2,0	65	90	15	220
129	"	2,0	65	90	15	190
130	"	3,5	85	90	45	260
131	"	3,5	85	90	45	300
132	"	3,5	85	90	45	260
133	"	3,5	85	90	30	380
134	"	3,5	85	90	30	360
135	"	3,5	85	90	30	360
136	"	3,5	85	90	15	450
137	"	3,5	85	90	15	460
138	"	3,5	85	90	15	480
139	"	2,8	85	90	45	210
140	"	2,8	85	90	45	250
141	"	2,8	85	90	45	220
142	"	2,8	85	90	30	300
143	"	2,8	85	90	30	320
144	"	2,8	85	90	30	320
145	"	2,8	85	90	15	400
146	"	2,8	85	90	15	440
147	"	2,8	85	90	15	420
148	"	3,5	105	90	45	360
149	"	3,5	105	90	45	370
150	"	3,5	105	90	45	340
151	"	3,5	105	90	30	620
152	"	3,5	105	90	30	380
153	"	3,5	105	90	30	440
154	"	3,5	105	90	30	700
155	"	3,5	105	90	15	420
156	"	3,5	105	90	15	440
157	"	3,5	105	90	15	440
174	Flügelanker	(2,6)	65	90	45	260
175	"	(2,6)	65	90	45	260
176	"	(2,6)	65	90	45	180
177	"	(2,6)	65	90	45	200
178	"	(2,6)	65	90	30	270
179	"	(2,6)	65	90	30	240
180	"	(2,6)	65	90	30	290
181	"	(2,6)	65	90	15	320
182	"	(2,6)	65	90	15	340
183	"	(2,6)	65	90	15	380

Tabelle 6 : Versuchsergebnisse für Zuganker im Ton 1

Versuch Nr.	Ankerart	Anker- durchmesser d cm	Einbinde- tiefe t cm	Anker- oberfläche -	max. Zugkraft Pz kg
328	Stabanker	3,5	40	ziemlich glatt	120
329	"	3,5	40	"	100
330	"	3,5	40	"	120
331	"	2,8	40	"	100
332	"	2,8	40	"	100
333	"	2,8	40	"	80
334	"	2,0	40	"	70
335	"	2,0	40	"	70
336	"	2,0	40	"	70
337	"	3,5	60	"	220
338	"	3,5	60	"	160
339	"	3,5	60	"	160
340	"	2,8	60	"	140
341	"	2,8	60	"	130
342	"	2,8	60	"	100
343	"	2,0	60	"	170
344	"	2,0	60	"	100
345	"	2,0	60	"	100
346	"	2,8	60	ziemlich glatt	160
347	"	2,0	60	"	70
348	"	3,5	80	"	240
349	"	3,5	80	"	200
350	"	3,5	80	"	160
351	"	2,8	80	"	220
352	"	2,8	80	"	160
353	"	2,8	80	"	130
354	"	2,8	80	"	90
355	"	2,8	80	"	120
356	"	2,8	80	"	130
357	"	3,5	100	"	320
358	"	3,5	100	"	340
359	"	3,5	100	"	300
360	"	3,5	100	"	280
361	Schraubanker	(15)	40	"	400 *)
362	"	(15)	40	"	390 *)
363	"	(15)	40	"	410 *)
364	"	(15)	60	ziemlich glatt	520
365	"	(15)	60	"	460
366	"	(15)	60	"	500
367	Drillanker	-	60	"	160
368	"	-	60	"	140
369	"	-	60	"	160
370	Kreuzanker	-	60	"	220
371	"	-	60	"	200
372	"	-	60	"	210

*) Ankerdurchmesser =
Schraubendurchmesser

TABELLE 7: Bodenkennziffern TON 1

Labor-Nr. der Probe	Nr.		17 648	17 649	17 650	17 651	17 653a	17 653b	17 653c	17 653d	17 654
PROBENBEZEICHNUNG			schwach-fein-sandiger schluffiger Ton	schwach-fein-sandiger schluffiger Ton	schwach-fein-sandiger schluffiger Ton	schwach-fein-sandiger schluffiger Ton	schwach-fein-sandiger schluffiger Ton	schwach-fein-sandiger schluffiger Ton	schwach-fein-sandiger schluffiger Ton	schwach-fein-sandiger schluffiger Ton	schwach-fein-sandiger schluffiger Ton
Bodenart											
Farbe	-		dunkelbraun	gelbbraun	graugelb	graugelb	graugelb	graugelb	graugelb	graugelb	graugelb
Bohrung/Schürftgrube	Nr.		Sch 1	Sch 1	Sch 1	Sch 1	Sch 1	Sch 1	Sch 1	Sch 1	B 1
Probe	Nr.		1	2	3	4	6	7	8	9	1
Gestört (g)/ungestört (u)	-		u	u	u	u	u	u	u	u	g
Entnahmetiefe	von bis	m	0,05-0,25	0,40-0,60	0,60-0,80	0,80-1,00	0,55-0,80	0,55-0,80	0,55-0,80	0,55-0,80	0,40-0,60
BODENMECHAN. GRUNDWERTE											
Stoffgewicht	γ_s	t/m^3	(2,65)	(2,70)	2,70	(2,70)	(2,70)	(2,70)	(2,70)	(2,70)	(2,70)
Wassergehalt (nat)	w_n	%	23,7	35,2	36,9	31,8	29,9	27,5	28,2	31,5	30,6
Raumgewicht (nat)	γ	t/m^3	1,55	1,84	1,85	1,87	1,92	1,93	1,93	1,92	-
Porenanteil	n		0,527	0,496	0,500	0,474	0,453	0,439	0,443	0,459	-
Porenziffer $e=n/(1-n)$	e		1,114	0,984	1,000	0,901	0,828	0,783	0,795	0,848	-
KORNERTEILUNGEN											
Tongehalt (< 0,002 mm)	-	%	5	-	56	-	57	(57)	(57)	(57)	59
Ungleichförmigkeitsgrad $U = d_{60}/d_{10}$	U		25	-	-	-	-	-	-	-	-
Kornkennziffer	-		0370	-	6310	-	6310	(6310)	(6310)	(6310)	6310
ZUSTANDSFORMEN											
Fließgrenze	w_l	%	-	-	78,5	-	66,0	-	-	74,0	-
Ausröllgrenze	w_a	%	-	-	26,4	-	20,2	-	-	20,9	-
Bildsamkeit ($w_a - w_l$)	w_{fa}	%	-	-	52,1	-	44,8	-	-	53,1	-
Zustandszahl ($k_w = \frac{w_l - w_a}{w_{fa}}$)	k_w		-	-	0,80	-	0,78	-	-	0,80	-
Zustand	-		-	-	steif	-	steif	-	-	steif	-
SCHEINVERSUCH											
Winkel der inn. Reibung (Bruch)	ρ_b	Grad	-	-	3	-	-	-	-	-	-
Winkel der inn. Reibung (Gleiten)	ρ_g	Grad	-	-	3	-	-	-	-	-	-
Kohäsion bei $\sigma_v = 3 \text{ kg/cm}^2$	c	kg/cm^2	-	-	0,80	-	-	-	-	-	-

TABELLE 7: Bodenkennziffern TON 1 (Fortsetzung)

Labo-Nr. der Probe	17 655	17 658	17 657	17 658	17 659	17 660	17 662	17 663	17 664
PROBENBEZEICHNUNG	schwach-fein-sandiger schluffiger Ton	schwach-fein-sandiger schluffiger Ton	schwach-fein-sandiger schluffiger Ton	schwach-fein-sandiger schluffiger Ton	stark sandiger schluffiger Ton	stark sandiger schluffiger Ton	schwach-fein-sandiger schluffiger Ton	schwach-fein-sandiger schluffiger Ton	schwach-fein-sandiger schluffiger Ton
Bodenart	graugelb B 1	graugelb B 1	darkelbraun Sch 2	graugelb Sch 2	graugelb Sch 2	graugelb Sch 2	graugelb Sch 2	graugelb B 2	graugelb B 2
Farbe	graugelb	graugelb	darkelbraun	graugelb	graugelb	graugelb	graugelb	graugelb	graugelb
Bohrung/Schürfrube	B 1	B 1	Sch 2	Sch 2	Sch 2	Sch 2	Sch 2	B 2	B 2
Probe	2	3	1	2	3	4	6	1	2
gestört (g)/ungestört (u)	g	g	u	u	u	u	g	g	g
Entnahmetiefe	0,60-0,80	0,80-1,00	0,05-0,25	0,30-0,50	0,60-0,80	0,80-1,00	0,60-0,70	0,40-0,60	0,60-0,80
BODENMECHAN. GRUNDWERTE									
Stoffgewicht	(2,70)	(2,70)	(2,85)	(1,88)	(2,70)	(2,70)	(2,70)	(2,70)	2,70
Wassergehalt (nat)	29,5	28,3	19,7	29,0	30,1	29,6	23,7	33,3	31,7
Raumgewicht (nat)	-	-	1,75	1,89	1,89	1,89	-	-	65
Porenanteil	-	-	0,488	0,453	0,462	0,460	-	-	-
Porenziffer $e_n/(1-n)$	-	-	0,812	0,828	0,859	0,852	-	-	-
KORNVERTEILUNGEN									
Tongehalt (< 0,002 mm)	-	-	-	35	-	-	-	-	65
Ungleichförmigkeitsgrad $U = d_{60}/d_{10}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kornkennziffer	-	-	-	3340	-	-	-	-	7300
ZUSTANDSFORMEN									
Fließgrenze	67,5	63,5	-	61,5	-	62,5	-	74,5	70,0
Ausrollgrenze	21,2	21,7	-	20,9	-	20,3	-	24,8	23,9
Bildsamkeit ($w_{fa}=w_f-w_a$)	46,3	41,8	-	40,6	-	42,2	-	49,7	46,1
Zustandszahl ($k_w = \frac{w_f - w_n}{w_{fa}}$)	0,82	0,84	-	0,80	-	0,78	-	0,83	0,83
Zustand									
SCHERVERSUCH	steif	steif	-	steif	-	steif	-	steif	steif
Winkelder inn. Reibung (Bruch)	-	-	-	6	-	-	-	-	-
Winkelder inn. Reibung (Gleitfen)	-	-	-	6	-	-	-	-	-
Kohäsion bei $\sigma_v = 3 \text{ kg/cm}^2$	-	-	-	0,68	-	-	-	-	-

Tabelle 8: Versuchsergebnisse für Zuganker im Labor

Versuch Nr.	Ankerart	Anker- durchmesser d cm	Einbinde- tiefe t cm	Anker- oberfläche	max. Zugkraft P _z kg	Bodenart	Bemerkungen
470	Stabanker	2,67	20	ziemlich glatt	13,402	Sand I	Anker eingeschlagen
471	"	2,67	20	"	7,852	"	" "
472	"	2,67	20	"	6,952	"	" "
473	"	2,67	20	"	7,802	"	" "
474	"	2,67	20	"	2,682	"	" "
475	"	2,67	20	"	10,102	"	Anker eingestampft
476	"	2,67	20	"	14,102	"	" "
477	"	2,67	20	"	7,602	"	" "
478	"	2,67	20	"	3,552	"	" "
479	"	2,67	20	"	4,202	"	" "
480	Stabanker	2,67	20	"	14,902	Sand u. Kies	Anker eingeschlagen
481	"	2,67	20	"	9,852	"	" "
482	"	2,67	20	"	6,302	"	" "
483	"	2,67	20	"	3,602	"	" "
484	"	2,67	20	"	11,602	"	" "
485	"	2,67	20	"	21,102	"	Anker eingestampft
486	"	2,67	20	"	16,302	"	" "
487	"	2,67	20	"	10,502	"	" "
488	"	2,67	20	"	8,602	"	" "
489	"	2,67	20	"	7,102	"	" "
490	"	2,67	20	"	4,402	"	" "
491	Stabanker	2,67	20	"	46,852	Lehm	Anker eingeschlagen
492	"	2,67	20	"	36,102	"	" "
493	"	2,67	20	"	23,802	"	" "
494	"	2,67	20	"	18,602	"	" "
495	"	2,67	20	"	15,052	"	" "
496	"	2,67	20	"	15,102	"	Anker eingestampft
497	"	2,67	20	"	9,352	"	" "
498	"	2,67	20	"	8,252	"	" "
499	"	2,67	20	"	8,602	"	" "

Tabelle 8 (Fortsetzung)

Versuch	Ankerart	Anker- durchmesser	Einbinde- tiefe	Anker- oberfläche	max. Zugkraft	Notierart	Bemerkungen
Nr.	-	d	t	-	Pz	-	-
-	-	cm	cm	-	kg	-	-
500	"	2,67	20	"	7,802	r	" "
501	"	2,67	20	"	80,952	^	Anker eingeschlagen
502	"	2,67	20	"	30,102	*	" "
503	"	2,67	20	"	53,802	+	" "
504	"	2,67	20	"	30,602	*	" "
505	"	2,67	20	"	29,252	†	" "
506	"	2,67	20	"	48,602	†	" "
507	"	2,67	20	"	56,852	†	" "
508	"	2,67	20	"	48,102	^	" "
509	Stabanker	2,67	20	"	7,602	∗	Anker eingestampft
510	"	2,67	20	"	8,502	∗	" "
511	"	2,67	20	"	9,202	"	" "
512	"	2,67	20	"	7,552	∗	" "
513	"	2,67	20	"	8,102	∗	" "
514	"	2,67	20	"	38,852	∗	Anker eingeschlagen
515	"	2,67	20	"	34,352	"	" "
516	"	2,67	20	"	31,102	†	" "
517	"	2,67	20	"	33,102	∗	" "
518	"	2,67	20	"	26,102	∗	" "
519	"	2,67	20	"	14,702	"	Anker eingestampft
520	"	2,67	20	"	14,902	†	" "
521	"	2,67	20	"	10,602	∗	" "
522	"	2,67	20	"	8,602	"	" "
523	"	2,67	20	"	15,102	†	Anker eingeschlagen
524	"	2,67	20	"	17,602	∗	" "
525	"	2,67	20	"	17,402	†	" "
526	"	2,67	20	"	17,602	∗	" "
527	Stabanker	2,67	20	"	11,702	∗	Anker eingestampft
528	"	2,67	20	"	10,102	∗	" "
529	"	2,67	20	"	12,102	∗	" "
530	"	2,67	20	"	7,602	"	" "

Copie

Tabelle 9: Einbaudaten für Laborversuche im Sand 1

Ver-such	Wasser-gehalt	Naßraum-gewicht	Trockenraum-gewicht	Poren-volumen	Lagerungs-dichte
Nr.	w	γ_n	γ_t	n	D
-	%	t/m ³	t/m ³	%	%
470	8,0	1,74	1,65	37,9	57,4
471	8,2	1,65	1,56	41,3	41,1
472	6,1	1,71	1,61	39,3	50,8
473	6,0	1,65	1,56	41,3	41,2
474	6,0	1,52	1,44	45,9	18,8
475	5,9	1,69	1,60	39,8	48,2
476	5,2	1,72	1,63	38,4	55,5
477	5,3	1,63	1,55	41,5	39,8
478	5,0	1,56	1,51	43,2	31,7
479	5,2	1,54	1,47	44,7	24,6

Tabelle 11: Einbaudaten für Laborversuche im Lehm.

Ver-such	Wasser-gehalt	Naßraum-gewicht	Trockenraum-gewicht	Konststanz-zahl
Nr.	w	γ_n	γ_t	k _w
-	%	t/m ³	t/m ³	-
491	18,4	1,70	1,43	1,02
492	18,4	1,66	1,40	1,02
493	18,4	1,61	1,36	1,02
494	18,4	1,56	1,32	1,02
495	18,5	1,51	1,28	1,02
496	18,0	1,71	1,45	1,04
497	18,0	1,64	1,39	1,04
498	17,7	1,60	1,36	1,05
499	17,7	1,56	1,33	1,05
500	17,7	1,51	1,29	1,05
501	14,5	1,70	1,49	1,20
502	14,4	1,66	1,45	1,20
503	14,4	1,53	1,34	1,20
504	14,5	1,50	1,31	1,20
505	14,4	1,45	1,27	1,20
506	14,2	1,56	1,36	1,22
507	14,2	1,59	1,39	1,22
508	13,8	1,54	1,35	1,23
509	13,6	1,55	1,36	1,24
510	13,4	1,61	1,42	1,25
511	13,6	1,56	1,38	1,24
512	13,4	1,50	1,32	1,25
513	13,4	1,52	1,34	1,25
514	19,0	1,91	1,60	1,00
515	19,1	1,86	1,55	0,99
516	19,8	1,81	1,51	0,96
517	19,6	1,76	1,47	0,97
518	19,2	1,69	1,41	0,99
519	19,3	1,83	1,54	0,98
520	19,3	1,81	1,52	0,98
521	19,3	1,75	1,47	0,98
522	19,2	1,71	1,43	0,98
523	22,7	1,92	1,57	0,83
524	22,3	1,88	1,53	0,85
525	22,0	1,83	1,50	0,86
526	22,0	1,79	1,47	0,86
527	21,6	1,90	1,56	0,87
528	20,8	1,86	1,54	0,91
529	20,1	1,81	1,51	0,94
530	20,0	1,77	1,47	0,95

Tabelle 10: Einbaudaten für Laborversuche im Sand und Kies

Ver-such	Wasser-gehalt	Naßraum-gewicht	Trockenraum-gewicht	Poren-volumen
Nr.	w	γ_n	γ_t	n
-	%	t/m ³	t/m ³	%
480	3,9	1,97	1,90	28,5
481	3,9	2,02	1,94	26,6
482	3,9	1,93	1,86	30,0
483	3,9	1,88	1,81	31,7
484	3,9	1,98	1,91	28,1
485	3,9	2,01	1,93	27,1
486	3,9	1,97	1,90	28,4
487	3,9	1,92	1,85	30,1
488	3,9	1,89	1,82	31,5
489	3,9	1,84	1,77	33,1
490	3,9	1,80	1,74	34,5

Tabelle 12: Nähere Erläuterungen zu verbogenen Stabankern.

Ver-such	Einschlag-tiefe	Anker-durchmesser	max. Schrägzug	Biegeschenkel		Stich
				oben	unten	
Nr.	t	d	P _s	a	b	h
	cm	cm	kg	cm	cm	cm
37	65	2,0	270	24	36	3
39	85	2,0	230	25	35	6
41	65	2,0	110	27	33	1,5
71	106	3,5	480	56	44	6

Tabelle 13: Versuchsergebnisse für Schrägzuganker im Ton 2.

Labor-Nr. der Probe	Nr.	20 288	20 289	20 290	20 291	20 292	20 293	20 294
- PROBENBEZEICHNUNG	-	schw. feinsandiger, schluffiger Ton	schluffiger Torf	schluffiger Ton	schluffiger Ton	schluffiger Ton	schluffiger Ton	schluffiger Ton
Bodenart	-							
Farbe	Nr.	grau Sch 1	grüngrau Sch 1	grüngrau Sch 1	grüngrau Sch 1	grüngrau Sch 1	grüngrau Sch 1	grüngrau Sch 1
Bohrung/Schürfgrube	Nr.	4	5	6	7	8	9	10
Probe	-							
gestört (g) ungestört (u)	-	g	g	g	g	g	g	g
Entnahmetiefe	von-bis	0,45-0,60	0,60-0,75	0,75-0,90	0,90-1,05	1,05-1,20	1,20-1,35	1,35-1,50
BODENMECHAN. GRUNDWERTE								
Stoffgewicht	λ_s	-	-	2,75	-	-	-	-
Wassergehalt (nat)	w_n	31,5	30,1	31,6	31,9	31,4	33,6	35,4
Raumgewicht (nat)	γ	-	-	-	-	-	-	-
Porenanteil	n	-	-	-	-	-	-	-
Porenziffer $e = n/(1-n)$	e	-	-	-	-	-	-	-
KORNVERTEILUNGEN								
Tongehalt (< 0,002 mm)	-	44	48	62	57	58	53	60
Ungleichförmigkeitsgrad $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	U	-	-	-	-	-	-	-
Kornkennziffer	-	4510	5500	6400	6400	6400	5500	6400
ZUSTANDSFORMEN								
Fließgrenze	w_f	52,0	44,0	50,0	-	-	-	-
Ausrollgrenze	w_a	22,4	21,2	23,5	-	-	-	-
Bildsamkeit ($w_a - w_f - w_a$)	w_{fa}	29,6	22,8	26,5	-	-	-	-
Zustandszahl ($k_w = \frac{w_f - w_n}{w_{fa}}$)	k_w	0,69	0,61	0,69	-	-	-	-
Zustand		weich	weich	weich	-	-	-	-

Tabelle 14: Bodenkennziffern (Ton 2).

Versuch	Ankerart	Anker- durchmesser	Einbinde- länge	Einschlag- winkel	Zug- winkel	max. Schrägzug	Bemerkungen
Nr.	-	d	l	α	β	Ps	-
-	-	cm	cm	°	°	kg	-
373	Stabanker	3,0	ca. 105	60	60	600	
374	"	3,0	ca. 105	90	30	900	
375	Kreuzanker	-	ca. 60	60	60	200	Anker Ausbildung (Bild 31)
376	"	-	ca. 60	90	30	600	Anker Ausbildung (Bild 31)
377	Flügelanker	(3,3)	ca. 110	60	60	500	Flügelanker I (Bild 33)
378	"	(3,3)	ca. 110	90	30	800	Flügelanker I (Bild 33)
379	"	(3,0)	ca. 90	60	60	400	Flügelanker II (Bild 33)
380	"	(3,0)	ca. 90	90	30	700	Flügelanker II (Bild 33)
381	"	(2,5)	ca. 70	60	60	300	Flügelanker III (Bild 33)
382	"	(2,5)	ca. 70	90	30	300	Flügelanker III (Bild 33)
383	"	(2,2)	ca. 70	60	60	300	Flügelanker IV (Bild 33)
384	"	(2,2)	ca. 70	90	30	600	Flügelanker IV (Bild 33)
385	"	(2,5)	ca. 55	60	60	200	Flügelanker V (Bild 33)
386	"	(2,5)	ca. 55	90	30	400	Flügelanker V (Bild 33)
387	"	(4,0)	ca. 140	60	60	2600	Kraft 35 cm unter Bodenoberfläche angreifend. Flügelanker VI (Bild 33)
388	"	(4,0)	ca. 140	90	30	2100	Flügelanker VI (Bild 33)
389	"	(4,0)	ca. 115	60	60	1600	Flügelanker VI (Bild 33)
390	"	(4,0)	ca. 115	90	30	1800	Flügelanker VI (Bild 33)
391	Flügelanker	(4,0)	ca. 140	60	60	2100	Flügelanker VI (Bild 33), Kraft am Kopf angreifend
392	"	(4,0)	ca. 140	90	30	1900	Flügelanker VI (Bild 33) Kraft am Kopf angreifend
393	drei Flügelanker	(3,0)	ca. 90	60	60	400	Flügelanker VIII (Bild 33)
394	"	(3,0)	ca. 90	90	30	1900	Flügelanker VIII (Bild 33)
395	fünf Flügelanker	(3,0)	ca. 90	60	60	1100	Flügelanker VIII (Bild 33)
396	"	(3,0)	ca. 90	90	30	1600	Flügelanker VIII (Bild 33)
397	"	(3,0)	ca. 90	60	60	1200	Flügelanker II (Bild 33)
398	"	(3,0)	ca. 90	90	30	2000	Flügelanker II (Bild 33)

Tabelle 15: Versuchsergebnisse für Zuganker
in verschiedenen Böden

Versuch	Ankerart	Typ	Einbinde- tiefe	Einschraub- winkel	max. Zugkraft	Gleitkraft	Bemerkungen
Nr.	-	-	c	°	Pz	Pg	-
-	-	-	cm	°	kg	kg	-
399	Schraubanker	180/25/3,0	180	60	7500	-	Schichtenprofil I
400	"	150/14/2,5	150	45	3300	-	"
401	"	200/30/3,5	180	45	8300	-	"
402	"	180/25/3,0	180	45	5800	-	Schichtenprofil II
403	"	150/14/2,5	150	60	2000	-	"
404	"	150/14/2,5	150	45	ca.0	-	Schichtenprofil III
405	"	300/30/4,0	300	45	> 5800	-	"
406	"	180/25/3,5	170	45	3200	-	"
407	"	175/25/3,0	550	45	8000	5200	Schichtenprofil IV
408	"	175/25/3,0	550	45	9200	6600	"
409	"	200/25/3,0	120	45	1800	1000	Schichtenprofil V
410	"	150/20/2,5	100	45	2700	1300	"
411	"	150/14/2,5	120	45	3700	1500	"
412	"	80/14/1,8	80	45	400	150	"
413	"	200/25/3,0	200	45	7900	5600	Schichtenprofil VI
414	"	150/20/2,5	150	45	3500	1600	"
415	"	150/14/2,5	150	45	4300	2000	"
416	"	120/14/1,8	120	45	2000	-	"
417	"	200/25/3,0	200	45	2300	1200	Schichtenprofil VII
418	"	150/20/2,5	150	45	2100	900	"
419	"	150/14/2,5	150	45	1500	200	"
420	"	300/25/3,0	300	45	8000	3000	"
421	"	200/20/3,5	190	45	8200	-	Schichtenprofil VIII
422	"	200/30/3,5	160	45	10200	-	"
423	"	200/30/3,5	160	45	6900	4800	"
424	"	200/20/3,5	190	45	4200	-	Schichtenprofil IX
425	"	200/30/3,5	170	45	11100	3900	"
426	"	200/20/3,5	180	45	14400	-	Schichtenprofil X
427	"	150/15/1,6	150	90	1200	-	Schichtenprofil XI
428	"	150/13/2,2	140	90	900	-	"
429	"	150/18/2,5	140	90	1200	-	"
430	"	150/15/1,6	130	90	2200	-	Schichtenprofil XII
431	"	150/13/2,2	130	90	2000	-	"
432	"	150/18/2,5	140	90	3000	-	"
433	"	150/12/1,8	100	90	1200	-	"
434	"	150/14/2,5	120	45	2200	-	Schichtenprofil XIII
435	"	200/30/3,5	170	45	4500	-	"
436	"	150/20/2,5	145	45	2800	-	Schichtenprofil XIV
437	"	180/25/3,0	110	45	2400	-	"
438	"	150/20/2,5	145	45	2000	-	Schichtenprofil XV
439	"	200/30/3,5	170	45	4000	-	"
440	"	200/30/3,5	170	90	1900	-	Schichtenprofil XVI
441	"	180/25/3,0	120	45	4500	-	Schichtenprofil XVII
442	"	150/14/2,5	120	45	5200	-	Schichtenprofil XVIII

TABELLE 16: Haltekraft von Schraubankern in Abhängigkeit von Bodenart, Scheibengröße und Einschraubtiefe
(nach Fa. Langer/Glienke)

Scheibendurchmesser (mm)	Einschraubtiefe (m)	Fetter Ton, stark ausgetrocknet, auch durchsetzt mit Steinen	Kies-Sand-Gemische gut abgestuft; Kiese, gleichkörnig mit wenig Feinbestandteilen	Kiessand, grobkörnig, dicht gelagert	Lehm, steif (leicht bis schwer kneubar)	Aufschutt, nicht verdichtet, gering gebunden ; Sand, feinkörnig
1	2	3	4	5	6	7
100	0,70 1,00	615 950	520 800	420 650	320 500	250 400
130	0,70 1,00 1,50	910 1400 2550	780 1200 2300	600 950 2100	450 750 1500	380 600 1000
150	0,70 1,00 1,50 2,00	1100 1700 3000 5500	950 1450 2800 4000	700 1100 2400 3200	600 880 1800 2500	450 720 1200 2200
200	0,70 1,00 1,50 2,00	1600 2500 4500 7350	1450 2200 4000 6000	1100 1700 3600 4800	900 1300 2700 3800	700 1100 1800 3500
250	0,70 1,00 1,50 2,00	1500 2300 6600 7500	1400 2000 5500 5800	1100 1600 3300 4300	800 1200 2500 3300	700 1000 1700 2500
300	1,00 1,50 2,00	9000 4200 7500	7500 3600 6800	5700 2800 6000	4300 2200 4500	3300 1800 3000
350	1,00 1,50 2,00	12000	10000	8000	6300	5700

Tabelle 17: Versuchsergebnisse im Sand 2.

Versuch	Ankerart	Anker- durchmesser	Einbinde- tiefe	Anker- oberfläche	max. Zugkraft
Nr.	-	d	t	-	Pz
-	-	cm	cm	-	kg
443	Stabanker	8	70-75	ziemlich glatt	65
444	"	8	70-75	"	100
445	"	8	70-75	"	100
446	"	8	70-75	"	65
447	"	8	70-75	"	135
448	"	8	70-75	"	105
449	"	5,3	70-75	"	35
450	"	5,3	70-75	"	27
451	"	5,3	70-75	"	32
452	"	5,3	70-75	"	35
453	"	5,3	70-75	"	30
454	"	5,3	70-75	"	25
455	"	4	70-75	"	25
456	"	4	70-75	"	25
457	"	4	70-75	"	15
458	"	4	70-75	"	10
459	"	4	70-75	"	40
460	"	4	70-75	"	25
461	"	4	70-75	"	35
462	"	4	70-75	"	22
463	"	4	70-75	"	65
464	"	4	70-75	"	90
465	"	4	70-75	"	152
466	"	4	70-75	"	130
467	"	4	70-75	"	87
468	"	4	70-75	"	50
469	"	4	70-75	"	27

Tabelle 18: Lagerungsdichten für die Versuche von MÜLLER

Ver-such	Poren-volumen	Lagerungs-dichte
Nr.	n	D
-	%	%
443	37,0	37,5
444	35,8	48,2
445	35,8	50,9
446	36,4	42,9
447	34,5	59,8
448	34,5	59,8
449	36,0	46,4
450	36,8	39,3
451	-	-
452	34,7	58,0
453	-	-
454	-	-
455	34,4	60,7
456	35,0	55,4
457	35,3	52,7
458	36,5	42,0
459	34,0	64,3
460	35,2	53,6
461	34,5	59,8
462	36,2	44,6
463	37,2	35,7
464	33,8	66,1
465	33,8	66,1
466	34,5	59,8
467	35,8	48,2
468	37,4	33,9
469	38,7	22,3

Tabelle 21: Ankermindestdurchmesser und zugehörige Ankerlängen

Ankerlänge l	cm	40	60	80	100	120
Ankerdurchmesser d	cm	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5

Tabelle 22: Spezifische Reibungswiderstände q_r für Stabanker in verschiedenen Böden

Bodenart	Spezifischer Reibungswiderstand q_r
-	kg/cm ²
Kies, sandig, dicht gelagert, feucht	0,10 - 0,20
Sand, dicht gelagert, feucht	0,10 - 0,25
Sand, mitteldicht, gelagert, feucht	0,05 - 0,10
Sand, locker gelagert, feucht	0,02 - 0,05
Sand, lehmig, dicht gelagert, feucht	0,05 - 0,10
Lehm, steifplastisch	0,05 - 0,25
Lehm, halbfest	0,25 - 0,40
Ton, steifplastisch	0,15 - 0,30
Ton, halbfest	0,30 - 0,50

Tabelle 19: Konstanten A und B für Schrägzuganker

Bodenart	Konstanten	
	A	B
-	kg/cm	kg
Sand, dicht	10,5	300
Ton, steif	3,4	0

Tabelle 20: Umrechnungsfaktoren f_d für Schrägzuganker

	Ankerdurchmesser in cm		
	2,0	2,8	3,5
Umrechnungsfaktor f_d	0,7	0,8	1,0

Tabelle 23: Spezifische Reibungswiderstände q_s für Schraubanker in verschiedenen Böden

Bodenart	Spezifischer Reibungswiderstand q_s
-	kg/cm ²
Kiessand, dicht gelagert, feucht	0,20 - 0,40
Sand, dicht gelagert, feucht	0,10 - 0,45
Lehm steif	0,15 - 0,30
Ton, steif bis halbfest	0,30 - 0,55
Aufschutt, locker gelagert	0,10 - 0,25

1. Fortschritte und Forschungen im Bauwesen

Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart-O.

- Heft 1:** Technische Entwicklung und Kostensenkung im Wohnungsbau. Arbeiten und Ergebnisse des Instituts für Bauforschung e. V., Hannover. 1949/50. Von Dr.-Ing. *Wolfgang Triebel*. 32 Seiten DIN A 4, mit 46 Abbildungen. 3,50 DM. Vergriffen.
- Heft 2:** Schallschutz. 1952. 136 Seiten DIN A 4, mit 90 Abbildungen und 20 Zahlentafeln. 7,60 DM. Vergriffen.
Inhalt: Vorwort von *Bernhard Wedler* — Schalltechnische Untersuchungen von Wänden und Decken von *Theodor Kristen* und *Helmut Brandt* — Der Schallschutz von Decken und Wänden. Zusammenfassende Darstellung neuerer Erkenntnisse von *Karl Gösele* — Nährungsweise Berechnung der von einem schwimmenden Estrich zu erwartenden Verbesserungen von *Lothar Cremer*.
- Heft 3:** Entwicklung der Kalksandsteine. Feuchtigkeit in Außenwänden. 1952. 79 Seiten DIN A 4, mit 35 Abbildungen und 30 Zahlentafeln. 6,— DM.
Inhalt: Versuche zur Fortentwicklung des Kalksandsteins von *Alfred Hummel* — Der Feuchtigkeitsgehalt von Außenmauern in bewohnten Gebäuden von *Walter Schüle* — Die Durchlässigkeit von Bau- und Dämmstoffen für Wasserdampfdiffusion und die dadurch bedingte Möglichkeit einer Wanddurchfeuchtung von *J. S. Cammerer* und *P. Görting*.
- Heft 4:** Anhydrit. 1952. 60 Seiten DIN A 4, mit 1 Karte, 18 Abbildungen und 6 Zahlentafeln. 8,50 DM.
Inhalt: Vorwort von *Otto Graf* — Anhydritvorkommen von *Manfred Frank* — Eigenschaften von Anhydritbindern als Bindemittel im Hochbau von *Kurt Walz* — Versuche mit Anhydrit von *Wilhelm Pickel*.
- Heft 5:** Putzen mit Maschinen. Bericht über Geschichte und Stand der Entwicklung von *Ludwig Bölkow*. 1952. 36 Seiten DIN A 4, mit 26 Abbildungen. 4,80 DM. Vergriffen.
- Heft 6:** Holzfenster, Verbesserung der Konstruktion und der Fertigung, der Beschläge und der Getriebe. Von *Heinrich Rettig*. 1952. 52 Seiten DIN A 4, mit 72 Abbildungen. 4,— DM.
Inhalt: Kostensenkung bei Bautischlerarbeiten durch neuzeitliche Arbeitsweisen — Die Fenster für den Wohnungsbau müssen vereinfacht und verbessert werden — Einsteckband und Aufsatzband — Getriebe für aufgehende Mittelstücke bei Drehfügel Fenstern.
- Heft 7:** Rationalisierung im Wohnungsbau. Ausbauwürdigkeit von Brandruinen. 1952. 110 Seiten DIN A 4, mit 69 Abbildungen und 6 Zahlentafeln. 9,60 DM.
Inhalt: Beiträge zur Rationalisierung im Wohnungsbau von *Wolfgang Triebel* — Über die Ausbauwürdigkeit von Brandruinen von *Karlhans Weisse* unter Mitwirkung von *W. Finkbeiner*, *F. Furlinger*, *H. Gerlach*, *C. Hahn*, *H. Korth* und *B. Wedler*.
- Heft 8:** Über die Tragfähigkeit von Mauerwerk, insbesondere von stockwerkshohen Wänden. Von *Otto Graf*. 1952. 51 Seiten DIN A 4, mit 40 Abbildungen und 17 Zahlenzusammenstellungen. 3,70 DM.
- Heft 9:** Versuche für den Holzbau. 1953. 138 Seiten DIN A 4, mit 163 Abbildungen und 32 Zahlentafeln. 14,70 DM.
Inhalt: Vorwort von *Otto Graf* — Versuche mit zweiteiligen, geleimten Holzstützen von *Karl Egner* — Biege- und Knickversuche mit zusammengesetzten Holzdruckstäben von *Karl Möhler* — Spalten und Tragfähigkeit von Nagelverbindungen von *Gerhard Marten* — Verhalten von Nagelverbindungen mit dicken Drahtstiften von *Karl Egner* — Über die erforderliche Mindestdicke hölzerner Dachschalungen mit Querverbindungen von *Karl Egner* und *Gerhard Marten* — Biegeschwellbelastung 35 m langer, genagelter Vollwandträger von *Karl Egner*.
- Heft 10:** Angemessenes Tageslicht im Wohnungsbau. Von *W. Büning*. 1953. 73 Seiten DIN A 4, mit 38 Abbildungen und 19 Zahlentafeln. 6,— DM.
Inhalt: Hygiene und Tagesbeleuchtung — Ermittlung angemessener Fenster.
- Heft 11:** Holzschutz. 1953. 59 Seiten DIN A 4, 14 Kunstdrucktafeln mit 24 Abbildungen, 1 Zahlentafel. 6,50 DM.
Inhalt: Vorwort von *Bernhard Wedler* — Holzzerstörende Pilze in Berliner Gebäuden nach dem Krieg von *Gerda Theden* — Über den Hausbockkäfer von *Kurt Schuch* — Verblautes Holz von *Herbert Zycha* — Laboratoriumsversuche über die Eignung pilzwidriger Stoffe zur Behandlung schwammbefallenen Mauerwerks von *Gerda Theden*, *Käthe Starfinger* und *Günther Becker* — Über Wert und Grenzen von Laboratoriumsversuchen auf dem Holzschutzgebiet von *Günther Becker* — Zur Frage der chemischen Schutzbehandlung von Bauholz von *Karl Storch* — Holzschutzbücher und -schriften für den Baufachmann von *Werner Bauendamm*.
- Heft 12:** Die Bauvorbereitung in der Praxis des Wohnungsbaus. Aus Arbeiten des Instituts für Bauforschung e. V., Hannover. Von *Wolfgang Triebel*. 1954. 47 Seiten DIN A 4, mit 51 Abbildungen. 4,50 DM.
- Heft 13:** Die Steigerung der Maurerleistung durch Verwendung großformatiger Mauersteine. Von *Helmut Schönefeld*. 1953. 51 Seiten DIN A 4, mit 29 Abbildungen und 5 Zahlentafeln. 5,10 DM.
Ergebnisse arbeitstechnischer Versuche des Instituts für Bauforschung e. V., Hannover, in den Jahren 1950 und 1951.
- Heft 14:** Rationelle Küchen. Forschungsergebnisse aus einer Untersuchung über Arbeitsablauf und Betriebsformen in Küchen. Von *Margarete Müller*. 1953. 50 Seiten DIN A 4, mit 34 Abbildungen. 6,50 DM.
- Heft 15:** Stuckgips und Putzgips. Physik.-technologische Eigenschaften und ihre Prüfung. Von *Walter Albrecht*. 1953. 91 Seiten DIN A 4, mit 32 Abbildungen und 5 Zahlentafeln. 7,80 DM.
Ergebnisse von Versuchen mit Stuckgips und Putzgips für die Normung der Eigenschaften dieser Gipse, durchgeführt in der Forschungs- und Materialprüfungsanstalt für das Bauwesen an der Technischen Hochschule Stuttgart.

- Heft 16:** Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit von Zentralwaschanlagen und Einzelwaschküchen. 1954. 70 Seiten DIN A 4, mit 26 Abbildungen und 3 Tabellen. 7,35 DM.
Inhalt: Aufgaben und Ziele der Wäschereiforschung im Wohnungs- und Siedlungswesen von *Kurt Weber* — Die Wirtschaftlichkeit von Zentralwaschanlagen. Bericht der Arbeitsgruppe *Theodora Meyer-Köring, Walter Knies, Hans Lach* und *Werner Tesch* — Hauswaschküchen mit neuzeitlicher Maschinenausstattung zur Selbstbedienung von *Max Hauschild*.
- Heft 17:** Grundbau, Vorschriften und Versuche. Teil I. 1954. 174 Seiten DIN A 4, mit 121 Abbildungen und Tabellen. 14,90 DM.
Inhalt: Vorwort von *Bernhard Wedler* — Die in verschiedenen Ländern zulässigen Bodenpressungen von *Edgar Schultze* — Normen auf dem Gebiete des Erd- und Grundbaus von *Hans Petermann* — Ergebnisse von Probelastungen auf großen Lastflächen zur Ermittlung der Bruchlast im Sand. 1. Bericht (Versuche durchgeführt im Jahr 1951) von *Heinz Muhs*; 2. Bericht (Versuche, durchgeführt im Jahr 1952) von *Hermann Kahl* — Beitrag zur Auswertung von Baugrund — Probelastungen (auf nicht bindigen Böden) von *Wulf Niebuhr* — Einfluß von Fehlerquellen bei Kompressionsversuchen von *Heinz Muhs* und *Manfred Kany* — Das seitliche Nichtanliegen der Bodenprobe im Kompressions-Apparat als Fehlerquelle beim Druck-Setzungs-Versuch von *Hans Leussing* — Fehlerquellen und deren Ausschaltung beim Druck-Setzungs-Versuch (Kompressionsversuch) von *Josef Schmidbauer*.
- Heft 18:** Spannungsoptische Untersuchungen. 1955. 43 Seiten DIN A 4, mit 11 Abbildungen, 3 Zahlentafeln, 23 Bildtafeln. 16,40 DM.
Inhalt: *Gustav Mesmer*: Grundlagen und neuere Möglichkeiten des spannungsoptischen Verfahrens — *Kurt Hirschfeld*: Die Spannungsverteilung in Fundamentquerschnitten.
- Heft 19:** Koch- und Heizgeräte im sozialen Wohnungsbau. 1955. 23 Seiten DIN A 4, mit 23 Abbildungen, 3 Tabellen und 3 Zahlentafeln. 5,80 DM.
Inhalt: Koch- und Heizgeräte im sozialen Wohnungsbau; Bericht über eine Umfrage des Bundesministers für Wohnungsbau von *Wilhelm Raiss* — Übersicht neuzeitlicher transportabler Koch- und Heizgeräte bzw. Feuerstätten von *Georg Zimmermann*.
- Heft 20:** Versuche für den Holzbau. Teil II. 1955. 108 Seiten DIN A 4, mit 259 Abbildungen und 64 Zahlentafeln. 34,— DM.
Inhalt: Vorwort von *Otto Graf* — Versuche mit verleimten Holzstützen, II. Teil von *Karl Egner* — Biege- und Knickversuche an Stützen mit zusammengesetzten, kontinuierlich vernagelten Holzquerschnitten von *Karl Möhler* — Folgerungen aus den Karlsruher und Stuttgarter Knickversuchen der letzten Jahre von *Karl Egner* und *Karl Möhler* — Versuche über die Tragfähigkeit von Dübelverbindungen in Schräganschlüssen von *Karl Egner* und *Hans Kolb* — Versuche mit Bolzenverbindungen (Schraubenbolzen) von *Karl Egner* — Versuche über den Einfluß der Nagelfestigkeit und der Holzfestigkeit auf die Widerstandsfähigkeit von genagelten Holzverbindungen von *Wilhelm Sloy* und *Frans Mlynek* — Über den Einfluß der Nagelabstände auf die Tragfähigkeit vierseitig gedeckter, genagelter Zugstöße von *Karl Egner* — Über den Einfluß der Querschnittverschwächung durch Drahtstifte auf die Tragfähigkeit hölzerner Bauteile von *Karl Egner* und *Hans Kolb* — Untersuchungen mit Leimen für tragende Bauteile von *Karl Egner* — Festigkeitsversuche mit Nadelholzderbstangen von *Hans Kolb* — Festigkeitseigenschaften vergüteter Hölzer (Zusammenfassende Übersicht) von *Helmut Brüning* — Künstliche Holz Trocknung in Schweden und Finnland von *Hans Kolb*.
- Heft 21:** Erprobung der Arbeitsküche auf ihre praktische Anwendbarkeit und zweckmäßige Möbelleistung. Ergebnisse aus zwei arbeitstechnischen Untersuchungen der Bundesforschungsanstalt für Hauswirtschaft. Von *Sabine Scherrinsky*. 1955. 24 Seiten, 38 Abb. 8,— DM.
- Heft 22:** Das Verhalten von Wohnhauswänden bei Bergschäden. Von *Ernst Rausch*, unter Mitarbeit von *Walter Buttman* und *Manfred Adler*. 1955. 34 Seiten DIN A 4, mit 70 Abb. 9,50 DM.
- Heft 23:** Schallschutz. Teil II. 1956. 80 Seiten DIN A 4, mit 146 Abbildungen. 13,80 DM.
Inhalt: Körperschallmessung und Körperschalldämpfung von *Erwin Meyer* und *Marie-Luise Exner* — Bauakustische Vergleichsmessungen von *Albrecht Eisenberg* — Die Bestimmung des dynamischen Elastizitätsmoduls von Trittschalldämmstoffen von *Walter Bach* und *Karl Gösele* — Zusammendrückbarkeit schwimmender Asphaltstriche auf Dämmschichten von *Theodor Kristen, Erich Schönian* und *Adolf Meyer* — Experimentelle Untersuchungen über die Wirkungsweise von schwimmenden Estrichen von *Karl Gösele* — Luft- und Trittschalldammung von Stahlbetondecken mit schwimmenden Estrichen aus Hartgipsasphalt und Zement von *Theodor Kristen* und *Hans Werner Müller* — Das schalltechnische Verhalten von zweischaligen Massivdecken von *Karl Gösele* — Schalltechnische Untersuchungen an Wänden und Decken von *Theodor Kristen* und *Helmut Brandt* — Bauakustische Untersuchungen an ECA- und anderen Vergleichsbauten. Zusammenfassender Bericht über Messungen mehrerer Institute in ausgeführten Bauten von *Albrecht Eisenberg*.
- Heft 24:** Versuche an Mörteln. 1956. 44 Seiten DIN A 4, 53 Abbildungen mit 19 Tabellen. 12,70 DM.
Inhalt: Versuche an Mörteln für freistehende Schornsteine von *Alfred Hummel* — Versuche an Mauermörteln von *Alfred Hummel* und *Karlhans Wesche* — Braunkohlenfilterasche als Baustoffbindemittel von *Joachim Endell* — Über den Einfluß von Verzögerern auf die Eigenschaften von Gipsbrei und Gipsmörtel von *Walter Albrecht*.
- Heft 25:** Grundbau. Teil II. 1955. 33 Seiten DIN A 4, 67 Abbildungen. 10,— DM.
Inhalt: Zusammenfassende Darstellung des Stands von Wissenschaft und Technik der dynamischen Baugrunduntersuchungen von *Hans-Ulrich Smolczyk* — Derzeitiger Stand des Spitzendruck-Sondierverfahrens von *Hermann Kahl*.
- Heft 26:** Gerüstbau. 1956. 68 Seiten DIN A 4, 134 Abbildungen. 14,50 DM.
Inhalt: Neuerungen im Gerüstbau nach der Gerüstordnung DIN 4420 von *P. Mlosch* — Verwendungs- und Bauart der Gerüste im Hochbau von *A. Chossy*.
- Heft 27:** Baulicher Feuerschutz. 1957. 100 Seiten DIN A 4, mit 165 Abbildungen und 7 Tafeln. 15,50 DM.
Inhalt: Baulicher Feuerschutz von *B. Wedler* — Einige grundsätzliche Mängel des bautechnischen Brandschutzes von *R. Schubert* — Stahlbeton, Stahlstiege und Beton bei Feuereinwirkung von *B. Wedler* — Verhalten von Wänden aus verschiedenartigem Beton, aus Wandbauplatten und aus Mauersteinen bei Feuerbeanspruchung von *K. Wals, Th. Kristen, G. Blunk* und *J. Sirey* — Widerstandsfähigkeit von Stahlbauten im Feuer von *W. Mokeit* — Brandversuche mit Stahlstützen in England von *P. Boué* — Feuersicherheit von Hausschornsteinen von *H. Seekamp* und *K. Möhler* — Baulicher und betrieblicher Feuerschutz in der Landwirtschaft von *W. Harms* — Feuerschutz von Holz und Holzkonstruktionen von *H. Seekamp* — Baulicher Feuerschutz im Industrie- und Gewerbebau von *P. Mlosch*.
- Heft 28:** Tragfähigkeit sandiger Böden. Verhalten von Sand beim Bruch, Probelastungen und Bodenspannungsmessungen. 1957. 39 Seiten DIN A 4, mit 64 Abbildungen. 9,80 DM.
Inhalt: Ergebnisse von Probelastungen auf großen Lastflächen zur Ermittlung der Bruchlast im Sand. 3. Bericht (Versuche 1953 in lockerem bis mitteldichtem Sand) von *Hermann Kahl* und *Heinz Muhs*. Deutsche Forschungsgesellschaft für Bodenmechanik (Degebo), Berlin — Beschreibung und Auswertung von Versuchen zur Feststellung der scheinbaren Kohäsion von erdfeuchtem Sandboden von *Hermann Kahl* und *Hans Neuber*, Degebo Berlin — Auswertung der bei den Probelastungen auf großen Lastflächen in den Jahren 1952 bis 1954 vorgenommenen Bodenspannungsmessungen von *Hermann Kahl, Heinz Muhs* und *Hans Neuber*, Degebo Berlin.

2. Berichte aus der Bauforschung

Vertrieb durch

Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin - Wilmersdorf

- Heft 1: Baukosten im Wohnungsbau.**
Berlin 1956, 43 Seiten DIN A 4 mit 50 Bildern und 24 Zahlentafeln. 10,60 DM.
Auswirkung genereller Planungsmaßnahmen. Forschungsauftrag des Bundesministers für Wohnungsbau, durchgeführt vom Institut für Bauforschung e. V., Hannover, unter Leitung von Oberregierungsrat Dr.-Ing. *Wolfgang Triebel*, bearbeitet von Architekt *Karl Richard Kränzer*.
- Heft 2: Brandversuche an Hausschornsteinen aus Mauerwerk und Formstücken.**
Berlin 1956, 48 Seiten DIN A 4, mit 153 Bildern und 18 Zahlentafeln. 15,40 DM.
Durchgeführt von der Bundesanstalt für Materialprüfung in Berlin-Dahlem und der Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine an der Technischen Hochschule Karlsruhe, bearbeitet von Dr.-Ing. *Horst Seckamp* und Dr.-Ing. *Karl Möhler*.
- Heft 3: Neuzzeitliche Zentralheizungsanlagen im Wohnungsbau.**
Berlin 1956, 62 Seiten DIN A 4, mit 81 Bildern und 55 Zahlentafeln. **Vergiffen**.
Untersuchungen an neueren Heizungssystemen und Kesseln, durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungsbau von Prof. Dr.-Ing. *W. Reiß*, Institut für Heizung und Lüftung, Technische Universität Berlin-Charlottenburg, unter Mitarbeit von D.-Ing. *Bang*, Dr. *Bradke*, Dipl.-Ing. *Gier*, Dipl.-Ing. *Lenz*, Prof. Dr. *Liese*, Prof. Dr.-Ing. *Roedler*.
- Heft 4: Holzwolle-Leichtbauplatten.**
Berlin 1957, 50 Seiten DIN A 4, mit 47 Bildern und 28 Zahlentafeln. 13,— DM.
Eigenschaften, Feuchtigkeits- und Frostbeanspruchung. Untersuchungen und Versuche, durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungsbau von Prof. Dr.-Ing. *Th. Kristen* und Reg.-Rat Dr.-Ing. *Westhoff*; Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung der Technischen Hochschule Braunschweig, Prof. Dr.-Ing. *R. Rüsck*, Prof. *A. Stois* † und Konservator *J. Hierl*. Materialprüfungsamt für das Bauwesen der Technischen Hochschule München.
- Heft 5: Feuchtigkeitsregelung, Durchfeuchtung und Wärmeleitfähigkeit bei Baustoffen und Bauteilen.**
Berlin 1957, 60 Seiten DIN A 4, mit 66 Bildern und 53 Zahlentafeln. 15,— DM.
Untersuchungen und Versuche, durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungsbau von Dr.-Ing. *J. S. Cammerer*, Forschungsbau Tutzing, Obb., und Dr.-Ing. *H. Schäche*; Institut für technische Physik, Stuttgart.
- Heft 6: Rationalisierung der Maurerarbeiten.**
Berlin 1957, 43 Seiten DIN A 4, mit 40 Bildern und 8 Zahlentafeln. 12,— DM.
Forschungsauftrag des Bundesministers für Wohnungsbau, durchgeführt vom Institut für Bauforschung e. V., Hannover, unter Leitung von Oberreg.-Rat Dr.-Ing. *Wolfgang Triebel*, bearbeitet von Dr.-Ing. *Helmud Schönfeld*.
- Heft 7: Holzschutz im Bauwesen.**
Berlin 1957, 36 Seiten DIN A 4, mit 27 Bildern und 10 Zahlentafeln. 12,— DM.
Untersuchungen und Versuche im Auftrage des Bundesministers für Wohnungsbau, durchgeführt in der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Hann.-Münden, der Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin-Dahlem, und der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Reinbeck bei Hamburg.
- Heft 8: Wärme- und Feuchtigkeitsschutz in Wohnbauten (1. Heft).**
Berlin 1958, 88 Seiten DIN A 4, mit 122 Bildern und 34 Zahlentafeln. 14,20 DM.
Reihen-Vergleichsversuche an künstlich bewohnten Versuchsbauten der Freiland-Versuchsstelle bei Holzkirchen/Obb., durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungsbau und anderer Stellen. Bericht über die Versuchszeit 1952 bis 1956, erstattet durch *H. Reiser*, *H. Künzel*, *D. v. Soden* unter Mitarbeit von *E. Hardtwig*, *W. Frank*, *H. Knodel* und *H. Labus*; Institut für technische Physik, Stuttgart.
- Heft 9: Gründungen im Wohnungsbau.**
Berlin 1958, 35 Seiten DIN A 4, mit 45 Bildern und 5 Zahlentafeln. 11,60 DM.
Untersuchungen und Versuche über die Tragfähigkeit von dünnen Stahlbetonpfählen (1. Versuchsreihe 1953 bis 1957), durchgeführt von *Hans Petermann*, Bremen; *Erich Lackner*, Bremen; *Wolfram Schenk*, Hamburg; und über die Tragfähigkeit des Baugrundes unter Hausfundamenten, durchgeführt von *Hans Ulrich Smolczyk*, Berlin.
- Heft 10: Mörtel und Putz.**
Berlin 1958, 116 Seiten DIN A 4, mit 74 Bildern und 82 Zahlentafeln. 15,— DM.
Untersuchungen und Versuche, durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungsbau von o. Prof. Dr.-Ing. *Th. Kristen* und Reg.-Rat Dr.-Ing. *R. Czech*, Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung der Technischen Hochschule Braunschweig; Dr. *F. Henkel*, Materialprüfungsamt für das Bauwesen der Technischen Hochschule München; Oberreg.-Rat Dr. phil. *K. Charissius*, Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin-Dahlem; o. Prof. Dr.-Ing. *K. Gaede*, Technische Hochschule Hannover.
- Heft 11: Außenwände, Luftschichten und Feuchtigkeitsverteilung.**
Berlin 1959, 64 Seiten DIN A 4, mit 70 Bildern und 16 Zahlentafeln. 9,— DM.
Untersuchungen und Versuche, durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungsbau von Reg.-Baurat *G. Muthesius*. Institut für Bauforschung e. V., Hannover; Dr.-Ing. habil. *J. S. Cammerer*, Forschungsbau, Tutzing/Obb.; o. Prof. Dr.-Ing. *Th. Kristen*; und Dr.-Ing. *G. Blunk*, Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung der Technischen Hochschule Braunschweig; Dr.-Ing. *H. Schäche*, Institut für technische Physik, Stuttgart.
- Heft 12: Gemauerte Wände, Druckversuche.**
Berlin 1959, 56 Seiten DIN A 4, mit 69 Bildern und 24 Zahlentafeln. 13,— DM.
Durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungsbau von der Amtlichen Forschungs- und Materialprüfungsanstalt für das Bauwesen, Otto-Graf-Institut, an der Technischen Hochschule Stuttgart; und Materialprüfungsamt der bayerischen Landesgewerbeanstalt in Nürnberg.
- Heft 13: Körperschall in Gebäuden.**
Berlin 1960, 64 Seiten DIN A 4, mit 73 Bildern und 8 Zahlentafeln. 13,50 DM.
Untersuchungen über die Schalldämmung, durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungsbau vom Institut für Technische Akustik der Technischen Universität Berlin; dem Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung der Technischen Hochschule Braunschweig; dem Dritten Physikalischen Institut der Universität in Göttingen und dem Institut für Technische Physik in Stuttgart.
- Heft 14: Schallschutz von Bauteilen.** **Vergiffen**
Berlin 1960, 126 Seiten DIN A 4, mit 136 Bildern und 16 Zahlentafeln. 19,50 DM.
Untersuchungen und Versuche, durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungsbau vom Institut für Technische Akustik der Technischen Universität Berlin, dem Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung der Technischen Hochschule Braunschweig, dem Staatlichen Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen, Dortmund-Aplerbeck und dem Institut für Technische Physik, Stuttgart.
- Heft 15: Wärme und Feuchtigkeit, Wärmeübergang, Wärmebedarf, Feuchtigkeit in Putzen und Wänden.**
Berlin 1960, 60 Seiten DIN A 4, mit 59 Bildern und 32 Zahlentafeln. 12,50 DM.
Untersuchungen und Versuche, durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungsbau von Dr.-Ing. habil. *J. S. Cammerer*, Forschungsbau Tutzing/Obb.; Prof. Dr.-Ing. *O. Krischer*, Lehrstuhl für Heizungs- und Trocknungstechnik an der Technischen Hochschule Darmstadt; und o. Prof. Dr.-Ing. habil. *Th. Kristen* und Obergeringieur Dr.-Ing. *H. J. Wierig*, Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung der Technischen Hochschule Braunschweig.

- Heft 16: Wärme- und Feuchtigkeitsschutz in Wohnbauten (2. Heft)** Vergriffen
 Berlin 1960, 68 Seiten DIN A 4, mit 71 Bildern und 29 Zahlentafeln. 15,50 DM.
 Reihen-Vergleichsversuche an künstlich bewohnten Versuchsbauten der Freiland-Versuchsstelle bei Holzkirchen/Obb., durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungsbau und anderer Stellen. Bericht über die Versuchszeit von 1956 bis 1959, erstattet durch *H. Reiter, H. Künzel, W. Frank* und *H. Labus*; Institut für technische Physik, Stuttgart.
- Heft 17: Bauforschung im Hansaviertel.**
 Berlin 1961, 120 Seiten DIN A 4, mit 146 Bildern und 21 Zahlentafeln. 14,40 DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungsbau mit Unterstützung des Senators für Bau- und Wohnungswesen, Berlin; von *G. Meyer-Ehlers*, Pädagogische Hochschule Berlin; *W. Triebel, G. Braun, H. Becker, P. Carlsen*, Institut für Bauforschung Hannover; *H. Muks*, Deutsche Forschungs-Gesellschaft für Bodenmechanik (BDEGEB), Berlin; *W. Reiß*, Institut für Heizung und Lüftung an der Technischen Universität, Berlin; *L. Cremer*, Institut für Technische Akustik an der Technischen Universität, Berlin; *W. Caemmerer* und *P. Schneider*, Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin-Dahlem; *F. Roedler* und *G. Schlüter*, Bundesgesundheitsamt, Berlin-Dahlem.
- Heft 18: Tragfähigkeit und Setzungen sandiger Böden**
 Berlin 1961, 98 Seiten DIN A 4, mit 151 Bildern und 18 Zahlentafeln. 20,— DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungsbau von Dr.-Ing. *Muks* und Dipl.-Ing. *Kahl*, Deutsche Forschungsgesellschaft für Bodenmechanik (DEGEBO) Berlin.
- Heft 19: Setzungen von Bauwerken und ihre Vorhersage**
 Berlin 1961, 56 Seiten DIN A 4, mit 23 Bildern und 5 Zahlentafeln. 13,60 DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage der Deutschen Forschungsgemeinschaft und des Bundesministers für Wohnungsbau von Dr.-Ing. *H. Neuber*, Forschungsgesellschaft für Bodenmechanik (DEGEBO) Berlin, jetzt Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld, Westwall 124.
- Heft 20: Hausschornsteine, heiztechnische Belastbarkeit, Zugstörungen durch Windeinfluß**
 Berlin 1961, 88 Seiten DIN A 4, mit 83 Bildern und 11 Zahlentafeln. 12,20 DM.
 Untersuchungen und Versuche durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungsbau von *H. Lenz* und *F. Zimmermann*, Institut für Heizung und Lüftung der Technischen Universität Berlin (Direktor Prof. Dr. Ing. *W. Reiß*), *K. J. Bauermeister*, Institut für Strömungsmechanik der Technischen Hochschule Braunschweig (Leitung: Prof. Dr. *H. Schlichting*).
- Heft 21: Gemauerte und vorgefertigte Wände**
 Berlin 1962, 64 Seiten DIN A 4, mit 51 Bildern und 42 Zahlentafeln. 13,50 DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung von *P. Carlsen*, Institut für Bauforschung e. V. Hannover, *H. Adam*, Institut für Bauforschung e. V. Hannover, *W. Dressel, J. Schmidt, H. Brocker* Institut für Arbeitswissenschaft, Stuttgart.
- Heft 22: Wärmetechnische, heiztechnische und raumklimatische Untersuchungen.**
 Berlin 1962, 53 Seiten DIN A 4 mit 46 Bildern und 20 Zahlentafeln. Vergriffen.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung von *W. Schüle, R. Jenisch* und *U. Faulstich*, Institut für Technische Physik der Fraunhofer Gesellschaft Stuttgart, *J. S. Cammerer*, Forschungsbau Tutzing/Obb.
- Heft 23: Wärmeschutz, Feuchtigkeit, Dampfdiffusion und Tauwasserbildung, Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen.**
 Berlin 1962, 64 Seiten DIN A 4 mit 36 Bildern und 40 Zahlentafeln. 16,00 DM.
 Untersuchungen und Versuche durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung und anderer Stellen von *J. S. Cammerer*, Forschungsbau Tutzing/Obb., *W. Schüle*, Institut für Technische Physik der Fraunhofer-Gesellschaft Stuttgart und *O. Krischer*, Lehrstuhl für Heizungs- und Trocknungstechnik an der Technischen Hochschule Darmstadt.
- Heft 24: Holznagelbau-Versuche*).**
 Berlin 1962, 72 Seiten DIN A 4, mit 74 Bildern und 22 Zahlentafeln. 14,20 DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung sowie anderer Stellen von *K. Egner, F. Dürr, H. Kolb*, Otto-Graf-Institut an der Technischen Hochschule Stuttgart und *K. Möhler*, Technische Hochschule Karlsruhe.
 *) Bei Bestellung ist der Titel „Holznagelbau-Versuche in der Bauforschung“ anzugeben.
- Heft 25: Holzleimbau.**
 Berlin 1962, 78 Seiten DIN A 4, mit 96 Bildern und 27 Zahlentafeln. 18,20 DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung sowie anderer Stellen von *K. Egner, H. Dorn* und *H. Kolb*, Otto-Graf-Institut an der Technischen Hochschule Stuttgart.
- Heft 26: Holzschutz im Bauwesen. (2. Heft).**
 Berlin 1962, 72 Seiten DIN A 4 mit 39 Bildern und 19 Zahlentafeln. 16,— DM.
 Untersuchungen und Versuche durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung von *K. Egner* und *H. Sinn*, Amtliche Forschungs- und Materialprüfungsanstalt für das Bauwesen, Otto-Graf-Institut, Stuttgart, *A. Körtling*, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Hannover-Münden, *G. Becker* und *M. Gersonde*, Bundesanstalt für Materialprüfung Berlin, *W. Bavendamm*, Bundesanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Reinbeck b. Hamburg, *K. Storch*, Technische Zentralstelle der Deutschen Forst-Wirtschaft, Hamburg.
- Heft 27: Die Beheizung von Wohngebäuden.**
 Berlin 1963, 119 Seiten DIN A 4 mit 118 Bildern und 56 Zahlentafeln, 24,25 DM.
 Untersuchungen über Einrichtungskosten, Betriebskosten und Betriebseignung verschiedener Heizungssysteme, durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung.
 1. Beitrag von *W. Reiß* und *E. Töpfer*, Institut für Heizung und Lüftung der Technischen Universität Berlin: Die wirtschaftliche Beheizung kleiner Geschöbwohnungen; Untersuchungen über Einrichtungskosten, Brennstoffverbrauch und Betriebseignung verschiedener Heizsysteme sowie Messungen zur Kennzeichnung des Raumklimas.
 2. Beitrag von *H. G. Belitz* und *D. Gerdes*, Institut für Bauforschung e. V., Hannover, Institut für Thermodynamik der Technischen Hochschule Hannover: Herstellungs- und Betriebskosten verschiedener Heizungsarten bei unterschiedlicher Voraussetzung des Klimas, der Baugestaltung, der Bauausführung und der Nutzung.
- Heft 28: Holzbau-Versuche (I. Teil).**
 Berlin 1963, 74 Seiten DIN A 4, mit 109 Bildern und 41 Zahlentafeln. 24,40 DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung von *K. Egner* und *H. Kolb*, Otto-Graf-Institut an der Technischen Hochschule Stuttgart; *K. Möhler*, Technische Hochschule Karlsruhe.
- Heft 29: Entstehen und Verhalten ortsüblicher Außenputze. Vergleichsuntersuchungen zur Bestimmung des Mischungsverhältnisses von Mörteln.**
 Berlin 1963, 120 Seiten DIN A 4, mit 146 Bildern und 139 Zahlentafeln. 25,50 DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung von *W. Piepenburg* und *K. Alberti*, Köln, unter Mitwirkung der Materialprüfungsanstalten.
- Heft 30: Flachgegründete Streifenfundamente.**
 Berlin 1963, 94 Seiten DIN A 4, mit 126 Bildern und 30 Zahlentafeln. 34,50 DM.
 Beitrag zur Ermittlung der Verteilung der Normal- und Schubspannungen an der Sohle von Streifenfundamenten und zur Bemessung flachgegründeter Streifenfundamente aus unbewehrtem Beton — Versuche und Bemessungsverfahren — im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung und der Stiftung für Forschungen im Wohnungs- und Siedlungswesen, durchgeführt von der Deutschen Gesellschaft für Bodenmechanik, Berlin, der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) Berlin-Dahlem und dem Materialprüfungsamt der Technischen Hochschule München, und bearbeitet von *H. Bub*, München.

- Heft 31: Die Schornsteinanlage im Wohnungsgrundriß und im Gebäude**
 Berlin 1963, 93 Seiten DIN A 4, mit 101 Bildern und 22 Zahlentafeln, 21,— DM.
 Grundlagen für die bauliche Beurteilung der behördlichen Vorschriften über Lichtweite und Feuerstättenbelegung der Haus-
 schornsteine;
 Untersuchungen, durchgeführt im Auftrage der Stiftung für Forschungen im Wohnungs- und Siedlungswesen.
 von *H. Bels*, Institut für Heizung und Lüftung der Technischen Universität Berlin.
- Heft 32: Flachgründungen — Grundbruch und Setzungen**
 Berlin 1963, 131 Seiten DIN A 4, mit 144 Bildern und 11 Zahlentafeln, 40,50 DM.
 1. Bericht: Über die Tragfähigkeit von mittig, vertikal belasteten Flachgründungen im Sand von *L. Naujoks*;
 2. Bericht: Über die zulässige Belastung nichtbindender Böden von *H. Mühs*;
 3. Bericht: Über die zulässige Belastung bindiger Böden von *S. Jänke*.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung.
- Heft 33: Holzbau-Versuche (II. Teil)**
 Berlin 1963, 66 Seiten DIN A 4, mit 95 Bildern und 25 Zahlentafeln, 18,40 DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung,
 von *K. Möhler*, Technische Hochschule Karlsruhe; *K. Egner* und *P. Jagfeld*, Otto-Graf-Institut der Technischen Hochschule
 Stuttgart.
- Heft 34: Brandschutz — Versuche an Baustoffen**
 Berlin 1963, 94 Seiten DIN A 4, mit 105 Bildern und 25 Zahlentafeln, 23,60 DM.
 3 Berichte über Untersuchungen von Baustoffen mit dem Brandschachtverfahren u. dgl. von *H. Dorn* und *K. Egner*;
 2 Berichte über Branduntersuchungen an Dacheindeckungen von *H. Seekamp* und *W. Becker*
 1 Bericht über Branduntersuchungen an Lichtbändern aus Kunststoffen von *W. Westhoff* und *E. Rumberg*;
 1 Bericht über Untersuchungen für ein Prüfverfahren „Leichtentflammbarkeit der Baustoffe“ von *H. Seekamp* und *G. Rosske*
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung und der
 Stiftung für Forschungen im Wohnungs- und Siedlungswesen.
- Heft 35: „Luftschall, Trittschall, Körperschall“**
 Berlin 1964, 85 Seiten DIN A 4, mit 100 Bildern und 10 Zahlentafeln, 16,80 DM.
 Untersuchungen und Versuche, durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raum-
 ordnung von *Th. Kristen*, *H. Schulze* und *R. Palasy*, Braunschweig, *K. Gösele* und *O. Bürk*, Stuttgart, *A. Eisenberg*, Dortmund
 und *P. Schneider*, Berlin.
- Heft 36: Baumaschinen für den Hoch- und Wohnungsbau**
 Berlin 1964, 95 Seiten DIN A 4, mit 120 Bildern und 22 Zahlentafeln, 16,60 DM.
 Untersuchungen über zweckmäßige Auswahl und wirtschaftlichen Einsatz, durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für
 Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung im Institut für Bauforschung e. V. Hannover von *W. Triebel*, *L. Schmechel*
 und *K. H. Gajewski*.
- Heft 37: Grundbau; Bodenuntersuchungen, Stahlbetonpfähle, Porenwasserdruck, Gleitwiderstand**
 Berlin 1964, 112 Seiten DIN A 4, mit 97 Bildern und 21 Zahlentafeln, 32,— DM.
 5 Berichte mit Untersuchungen und Versuchen im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raum-
 ordnung sowie anderen Stellen.
 1. „Vergleich von Meßergebnissen der Isotopsonde und der Drucksonde“ von *J. Homilius* und *S. Lorch*
 2. „Über die Tragfähigkeit von Stahlbetonpfählen“ von *H. Ebner*,
 3. „Entwicklung und Erprobung eines kombinierten Bohr- und Entnahmeverfahrens mit kleinem Durchmesser“ von *K. F.*
Henke und *H. Müller-Welt*,
 4. „Über den Gleitwiderstand zwischen Erdstoffen und Bauwerksflächen“ von *F. W. Neuffer* (†), *A. Leibnitz* und *R. Enders*,
 5. „Die Theorien über den Porenwasserdruck im Erddamm- und ihre Beurteilung durch Versuche und Messungen“ von
B. Alpmann.
- Heft 38: Baulicher Brandschutz (Bauteile)**
 Berlin 1964, 115 Seiten DIN A 4 mit 95 Bildern und 61 Zahlentafeln, 31,— DM.
 Untersuchungen über das Brandverhalten von Bauteilen aus Stahlbeton und Spannbeton, Holz und Stahl, durchgeführt im
 Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung und der Stiftung für Forschungen im
 Wohnungs- und Siedlungswesen von *Horst Seekamp* und *Wolfram Becker* Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin-Dahlem,
Theodor Kristen, *Karl Koräna* und *Hans-Joachim Wierig*, Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau der Technischen
 Hochschule Braunschweig, *Hans Dorn* und *Karl Egner*, Otto-Graf-Institut an der Technischen Hochschule Stuttgart.
- Heft 39: Ausbildung der Fugen im Großtafelbau**
 Berlin 1964, 39 Seiten DIN A 4 mit 95 Bildern, 8,50 DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung von
R. v. Halasz und *G. Tantow*.
- Heft 40: Fußwärme, Wärmeschutz, Sonnenwärmeeinstrahlung und Raumklima**
 Berlin 1964, 80 Seiten DIN A 4 mit 70 Bildern und 22 Zahlentafeln, 16,30 DM.
 Untersuchungen und Auswertungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raum-
 ordnung von *W. Schüle*, Institut für Technische Physik, Stuttgart, *F. Roedler*, *G. Schlüter* Institut für Wasser-, Boden-
 und Luftthygiene im Bundesgesundheitsamt Berlin-Dahlem und *J. S. Cammerer* Forschungsbaubau Tutzing/Obb.
- Heft 41: Windkräfte am Bauwerk**
 Berlin 1964, 94 Seiten DIN A 4 mit 54 Bildern, 30 grafischen Tafeln und 396 Quellenangaben,
 22,40 DM.
 Untersuchungen durchgeführt mit Unterstützung des Ministeriums für Landesplanung, Wohnungsbau und öffentliche Arbei-
 ten des Landes Nordrhein-Westfalen von *G. Lusch*, vorgelegt von *E. Truckenbrodt*.
- Heft 42: Außenputze, Innenputze, Außenwandverkleidungen**
 Berlin 1965, 146 Seiten DIN A 4, mit 120 Bildern und 48 Zahlentafeln, 28,— DM.
 Untersuchungen über Wärme- und Feuchtigkeitseinwirkungen, Haftung. Durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für
 Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung von *W. Albrecht*, *W. Steinbach*, Otto-Graf-Institut an der Technischen Hochschule
 Stuttgart, *Fr. Henkel*, Materialprüfungsamt für das Bauwesen der Technischen Hochschule München, *H. Künzel*, Institut für
 Technische Physik der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart.
- Heft 43: Putzhftung, Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Baustoffkennwerte von Putz
 und Putzträgern**
 Berlin 1965, 152 Seiten DIN A 4, mit 58 Bildern und 74 Tafeln, 11,60 DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung von *H. Weigler*,
 Institut für Massivbau der Technischen Hochschule Darmstadt (Direktor: Prof. Dr.-Ing. A. Mehmel).
- Heft 44: Korrosion von Metallen im Bauwesen**
 Berlin 1965, 70 Seiten DIN A 4 mit 14 Bildern und 76 Zahlentafeln, 17,60 DM.
 Untersuchungen über das Verhalten von Metallen ohne und mit Schutzüberzügen, die in Gips, Mörtel, oder Beton ohne und mit
 Frostschutzmitteln eingebettet waren. Durchgeführt im Auftrag des Bundesministers für Wohnungswesen und Städtebau von
W. Wiederholt und *J. Sonntag*, Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin-Dahlem.
- Heft 45: Schubfestigkeit der Vertikalfugen und Verteilung der Horizontalkräfte im Großtafelbau**
 Berlin 1965, 52 Seiten DIN A 4 mit 84 Bildern und 50 Zahlentafeln, 23,00 DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrag des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton mit Unterstützung des Deutschen
 Betonvereins und der Stiftung für Forschungen im Wohnungs- und Siedlungswesen, von *R. von Halasz* und *G. Tantow*, Berlin.

- Heft 46: Die Tragfähigkeit gemauerter Wände und Pfeiler, Untersuchungen verschiedener Einflüsse.**
 Berlin 1966, 126 Seiten DIN A 4, mit 105 Bildern und 61 Zahlentafeln. 28,80 DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen und Städtebau von *W. Albrecht* und *H. Schneider*, Otto-Graf-Institut an der Technischen Hochschule Stuttgart; *Th. Kristen* und *B. Brandstädter*, Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau der Technischen Hochschule Braunschweig; *A. Hummel* und *B. Schlotmann*, Institut für Bau-
 forschung der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen; *H. Hilsdorf* und *J. Hierl*, Materialprüfungsamt für das
 Bauwesen der Technischen Hochschule München.
- Heft 47: Holzbau-Versuche (III. Teil).**
 Berlin 1966, 118 Seiten DIN A 4, mit 91 Bildern, 43 Diagrammen, 19 Zahlentafeln und
 19 grafischen Tafeln. 30,— DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen und Städtebau und anderer Stellen, von
K. Köhler, Technische Hochschule Karlsruhe; *K. Egner*, *P. Jagfeld* und *H. Kolb*, Otto-Graf-Institut der Technischen Hochschule
 Stuttgart; *R. v. Halász*, *E. Cziesielski*, Technische Universität Berlin, Institut für Baukonstruktionen und Festigkeit.
- Heft 48: Wärme und Feuchtigkeitsschutz, Temperaturverhältnisse in Wohngebäuden.**
 Berlin 1966, 82 Seiten DIN A 4, mit 95 Bildern und 16 Zahlentafeln. 17,— DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen und Städtebau von *W. Frank*, *H. Künzel*
 und *W. Schüle*, Institut für Technische Physik der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart.
- Heft 49: Tragfähigkeit von Pfählen, Großversuche und ihre Auswertung.**
 Berlin 1967, 101 Seiten DIN A 4, mit 204 Bildern und 40 Zahlentafeln. 26,70 DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen und Städtebau und anderer Stellen, von
H. Petermann, *E. Lachner* und *W. Schenck*.
- Heft 50: Schlag- und Stoßbeanspruchung von Wänden.**
 Leichte Trennwände, Außenwandelemente, Brandwände.
 Berlin 1967, 42 Seiten DIN A 4, mit 24 Bildern und 9 Zahlentafeln. 9,50 DM.
 Untersuchungen und Überlegungen, durchgeführt und ausgewertet im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen und
 Städtebau sowie der Stiftung für Forschungen im Wohnungs- und Siedlungswesen von *W. Struck* und *W. Böhmert*, Bundesanstalt
 für Materialprüfung, Berlin; *C. Meyer-Ottens*, Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau der Technischen Hochschule
 Braunschweig; *H. Bub*, Oberste Baubehörde im Bayer. Staatsministerium des Innern, München.
- Heft 51: Wasserdampfdurchlässigkeit und Feuchtigkeitsverteilung bei Baustoffen und Bauteilen.**
 In Vorbereitung.
- Heft 52: Kunststoffe im Wohnungsbau.**
 Ergebnisbericht des Ländervergleichsprogramms. „Rationalisierung des Innenausbauens
 unter besonderer Berücksichtigung von Kunststoffen, Teil A“.
 Berlin 1967, 82 Seiten DIN A 4, mit 115 Bildern und 8 Zahlentafeln. 25,—DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen und Städtebau von *Heinrich Th. Schmidt*,
 Rimbach/Odenw.
- Heft 53: Kunststoffe im Wohnungsbau, vorgefertigte Installationen.**
 Ergebnisbericht des Ländervergleichsprogramms. „Rationalisierung des Innenausbauens
 unter besonderer Berücksichtigung von Kunststoffen, Teil B“.
 Berlin 1967, 35 Seiten DIN A 4, mit 68 Bildern und 11 Zahlentafeln. 5,10 DM.
 Untersuchungen durchgeführt im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen und Städtebau von *Gerhard Drees*, Stuttgart
 und *Heinrich Th. Schmidt*, Rimbach/Odenw.
- Heft 54: Untersuchungen von Verankerungspfählen für fliegende Bauten.**
 Berlin 1967, 40 Seiten DIN A 4 mit 44 Bildern und 23 Zahlentafeln. 11,20 DM.
 Forschungsbericht im Auftrag des Ministers für Wohnungsbau und öffentliche Arbeiten des Landes Nordrhein-Westfalen von
Manfred Kany und *Helmut Becker*, Grundbauinstitut Bayerische Landesgewerbeanstalt Nürnberg.

Bei Bestellung eines Heftes ist neben der Heftfolge auch der Titel anzugeben.