Baugrubenverbau

Regelwerke: DIN 1054:2003-01, Ziff. 10 (Stützbauwerke und im Boden eingebettete Bauwerke)
EAB „Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben“
EAU „Empfehlungen des Arbeitsausschusses Ufereinfassungen“
DIN 4124:2002-10 „Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten“

Unterscheidung:

1. Geböschte Baugrube → Nachweis Böschungsbruch bzw. ggfs. ohne Nachweis gemäß DIN 4124
2. Grabenverbau → DIN 4124: Waagerechter/senkrechter Normverbau, Verbau mit Verbauplatten
3. Baugrubenverbau → Trägerbohlwand, Spundwand, Bohrpfahlwand, Schlitzwand → Bemessung nach EAB bzw. Spundwände ggfs. nach EAU

Unverbaute / geböschte Baugruben

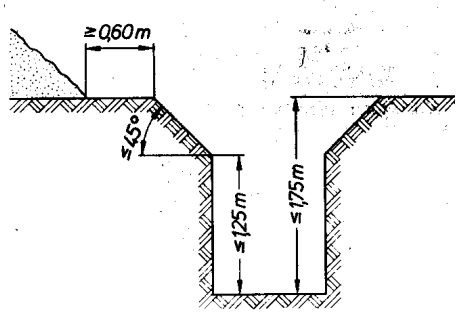


Bild 1. Graben mit abgeböschten Kanten

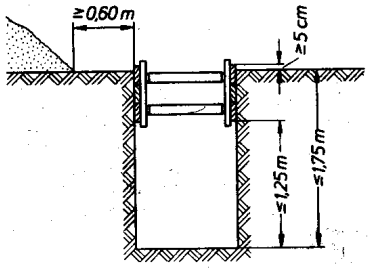


Bild 2. Teilweise gesicherter Graben

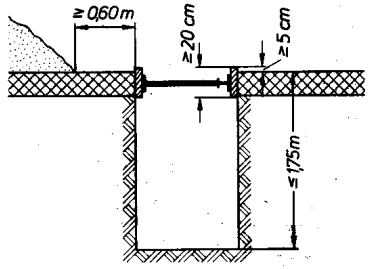


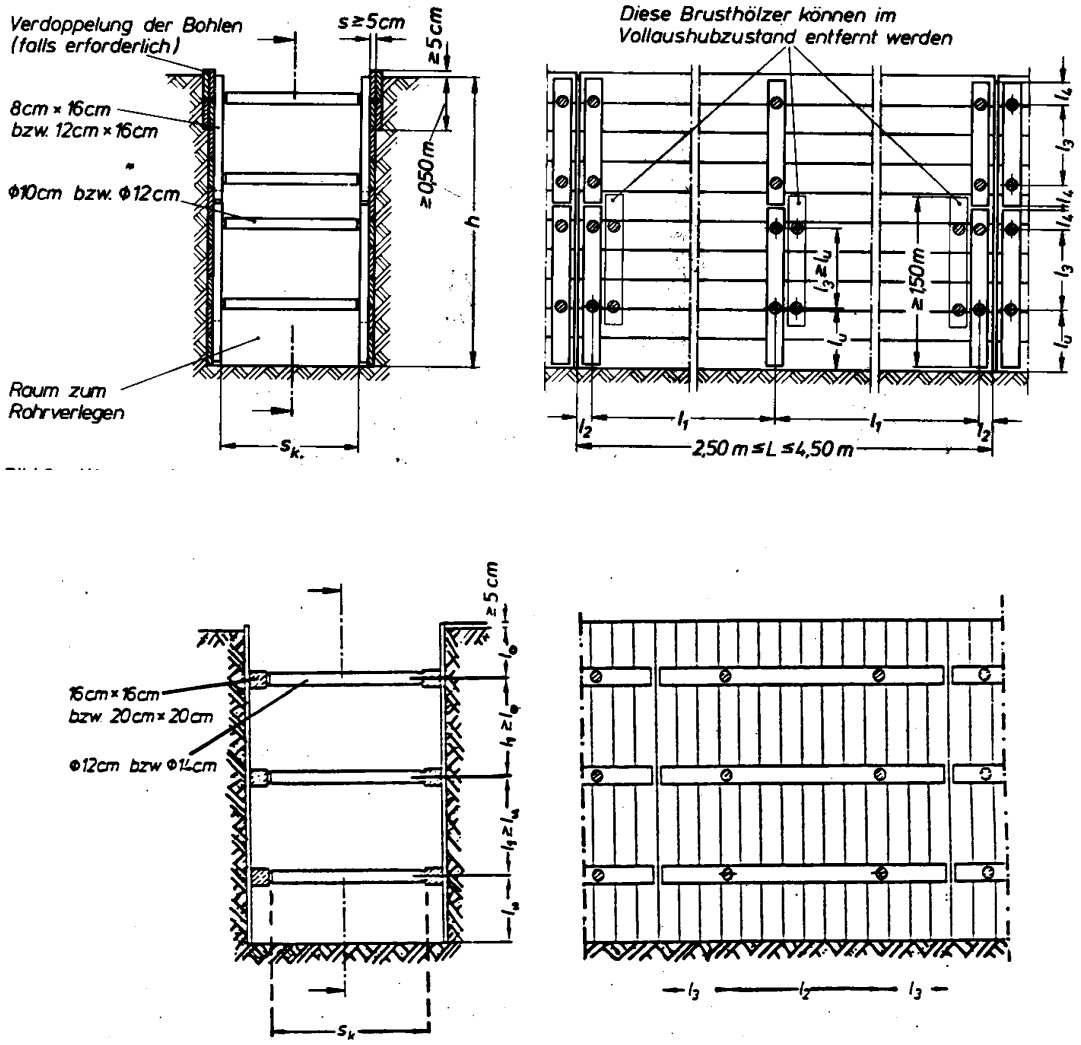
Bild 3. Graben mit Saumbohlen

- Unverbaut ist zulässig für h < 1,25 m (1,75 m)
- Ohne rechnerischen Nachweis sind folgende Böschungswinkel zulässig:
  45° bei nichtbindigen oder weichen bindigen Böden
  60° bei mindestens steifen bindigen Böden
  80° bei Fels
  Voraussetzungen u. a.: h < 5 m, horizontales Gelände, begrenzte Verkehrslasten (s. DIN 4124)

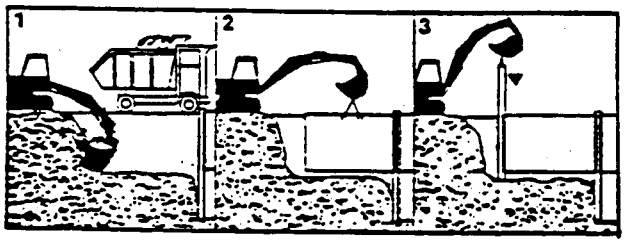


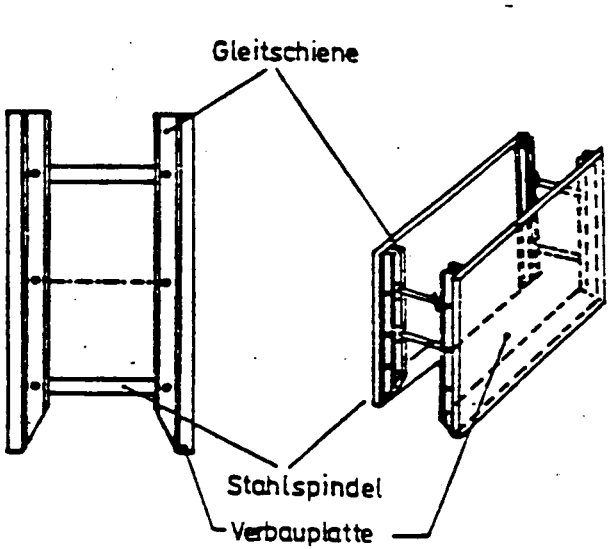
Erosionsschutz für Böschungen beachten!

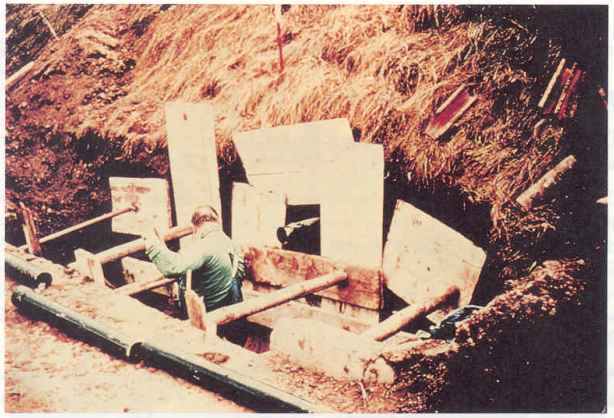
Waagerechter und senkrechter Normverbau



Grabenverbaugeräte (Verbauplatten)







Grobe Verletzung der DIN 4124 bei der Sicherung eines Leitungsgrabens (die rechnerische Standsicherheit war nur durch die "scheinbare Kohäsion" gewährleistet)

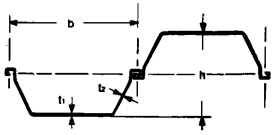
Spundwandverbau





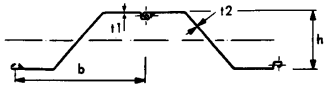
U-Profile

Die U-Reihe mit der bewährten Schloßform und der wirtschaftlichen Bohlenbreite von 60 cm.



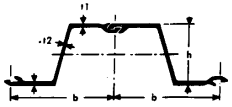
AZ-Profile

Die AZ-Reihe mit dem bewährten PU-Schloß. Besonders günstiges Verhältnis von Gewicht zu Widerstandsmoment.

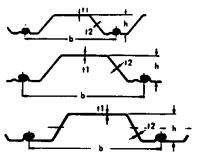


Z-Profile

Die BZ-Reihe mit den Doppelklauenschlössern. Die günstige Lage der Schloßmasse führt zu besonders leistungsfähigen Profilen.



Schloßleichtprofile



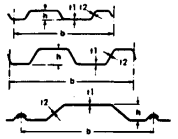
KL 1, das leichte Schloßprofil für den geschlossenen Verbau.

KL 2, das gängige Schloßprofil für den dichten Verbau.

KL 2/7 mit 7 mm Wandstärke besonders stabil.

KL 3, das robuste Schloßprofil für den schweren Verbau.

Kanaldielen



KD III, KD III S, die Allround-Kanaldiele für die Standardtiefen.

KD VI L, KD VI, die schwere und robuste Kanaldiele für große Tiefen.

KD 800, die wirtschaftliche Kanaldiele für schnellen Rammfortschritt.

Einrammen von Spundbohlen

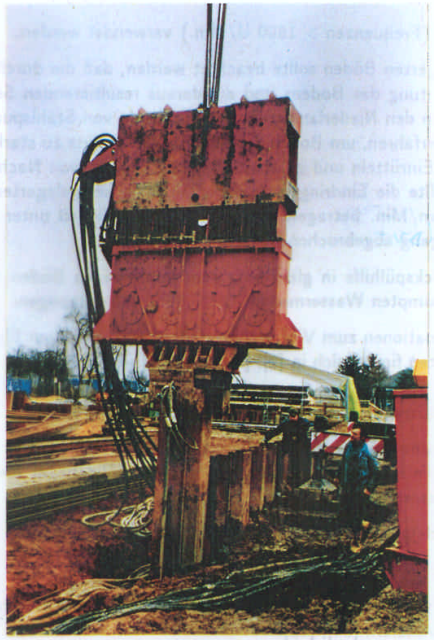
Leichte Rammung	Mittelschwere Rammung	Schwere Rammung
Moor, Torf, Schlick, Klei	Mittelsand, Grobsand, Feinkies } mittel- dicht gelagert	Mittelkies, Grobkies, Feinkies, Feinsand } dicht gela- lagert
Mittelsand, Grobsand, Kies (ohne Steine) } locker gela- gert	Ton, Lehm } steif	Schluff, Lehm, Ton } halb- fest - fest
		Geschiebemergel
		Fels

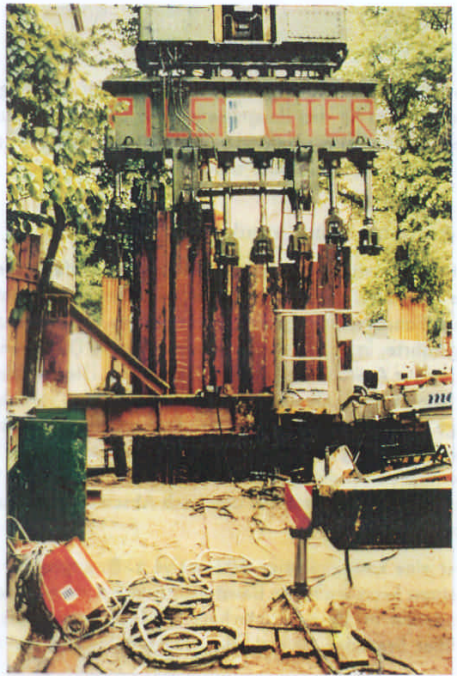




Einvibrieren und Einpressen von Spundbohlen

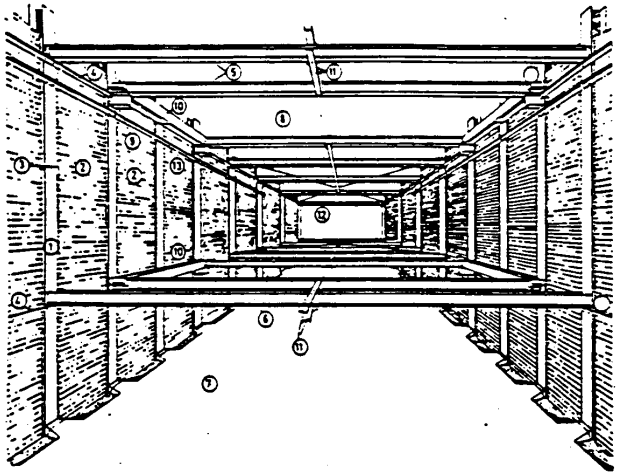
Eignung zum Vibrieren (Einrütteln)		
gut	**bedingt**	**nicht geeignet**
Kies (rund)	Kies (eckig)	Kies mit bindigen Beimengungen
Sand (rund)	Sand (eckig)	Sand (eckig, trocken)
Lehm (breiig - weich)	Lehm (steif)	Mergel (steif)
Löß (breiig - weich)	Löß (steif)	Ton (steif - fest)
Schlick (breiig - steif)		





Eignung für das Einpreßverfahren		
gut	**bedingt**	**nicht geeignet**
Ton (weich-halbfest)	Ton (fest))	Kies (sehr dicht)*
Schluff (weich-halbfest)	Schluff (fest)	Sand (sehr dicht)*
Kies (locker-mitteldicht)	Kies (mitteldichtdicht)	dicht gelagerte Böden mit Steineinschlüssen
Sand (locker-mitteldicht)	Sand (mitteldichtdicht)	* evtl. Vorbohren zur Auflockerung

Trägerbohlwand



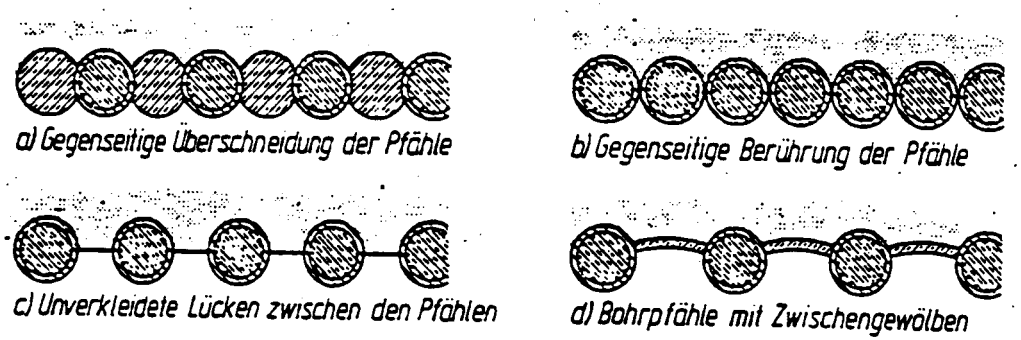
① Bohlträger
② Verbohlung
③ Verkeilung
④ Auflagergurt
⑤ obere oder erste Steifenlage
⑥ zweite Steifenlage
⑦ Unterbeton als untere Aussteifung und Bohlträgerstützung
⑧ Baggerloch
⑨ Auflagerkonsole
⑩ Längsgurt zur Unterbrechung der Steifenlage (Steifenauswechselung
⑪ Knickgurt längs
⑫ Knickverband diagonal als Kreuzverband
⑬ Längsverband

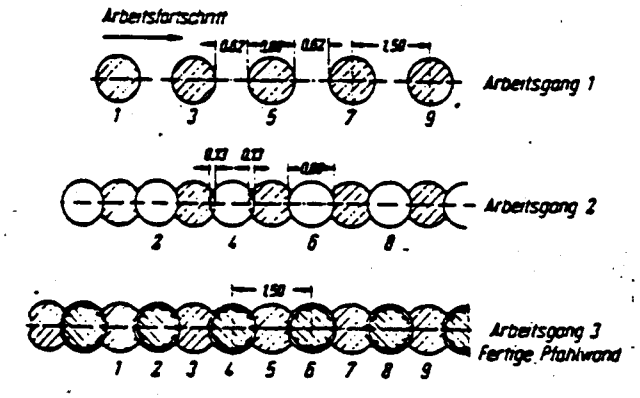






Bohrpfahlwand









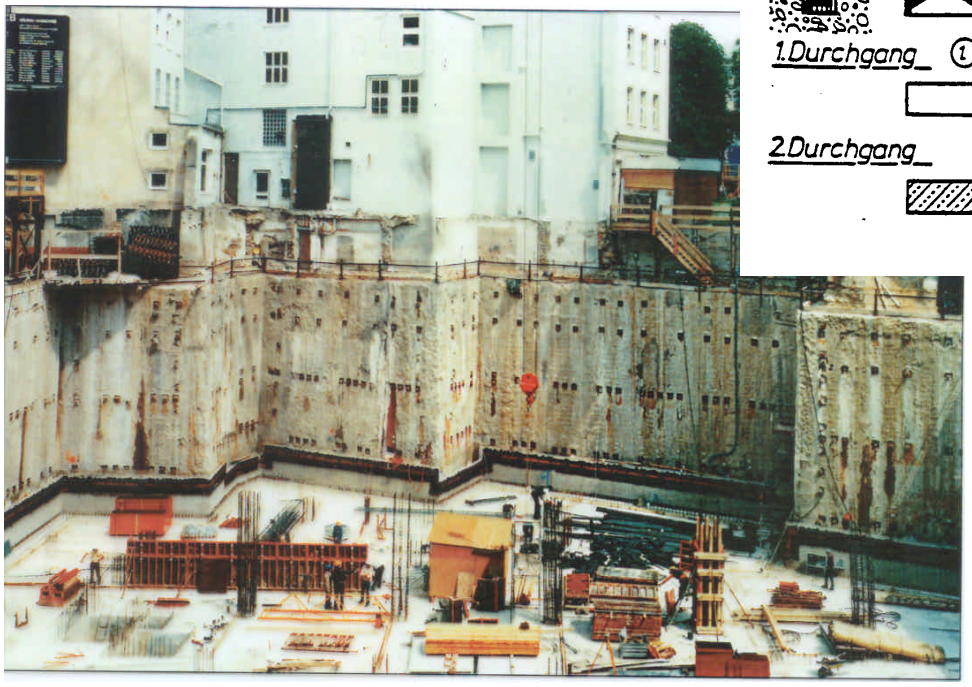
U-Bahn- Baugrube Hannover, Waterlooplatz: Steckträgerverbau

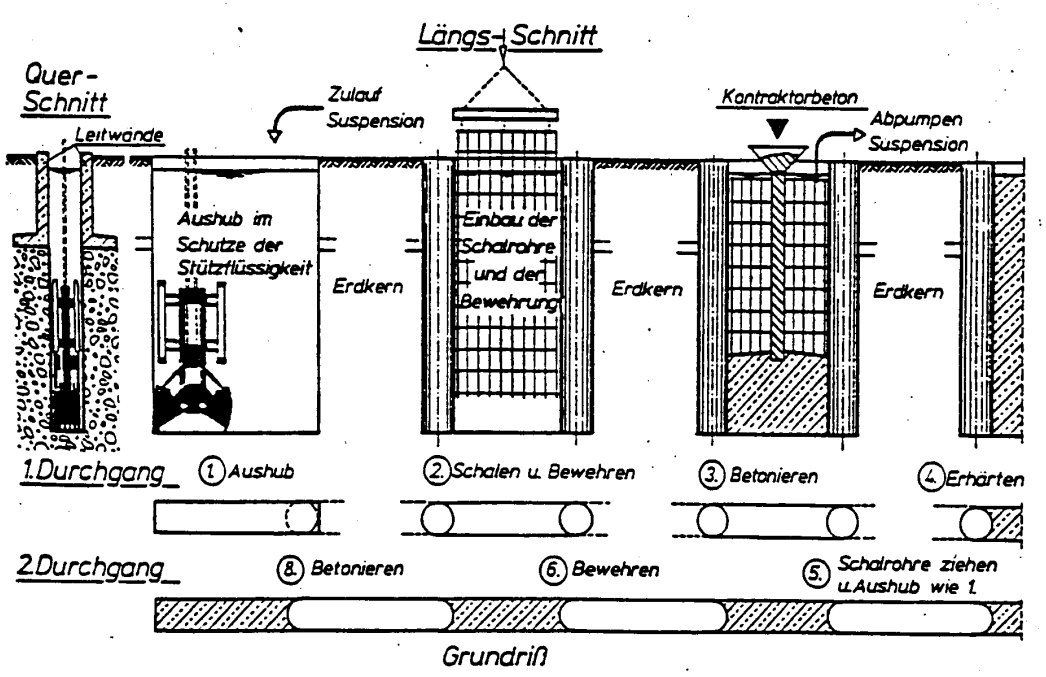






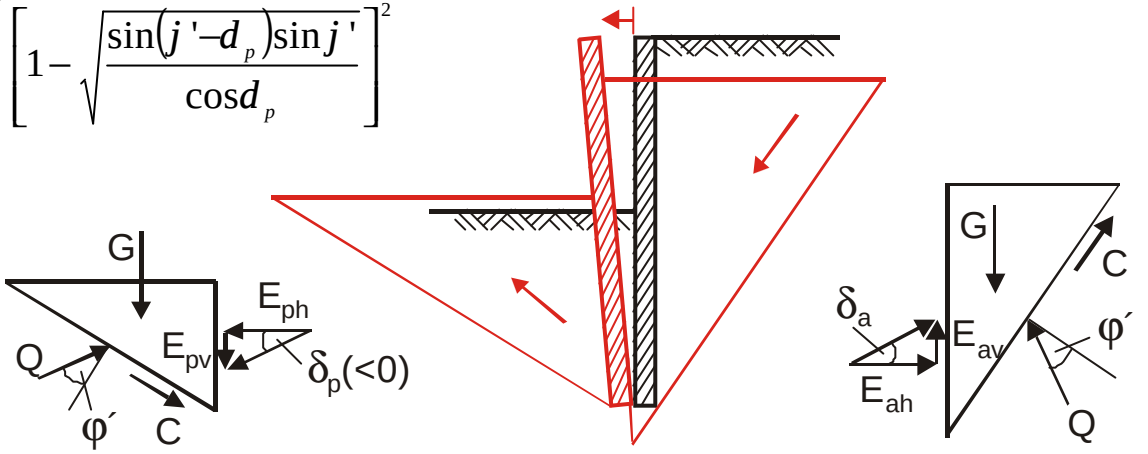
Schlitzwandverbau





Abhängigkeit des Erddrucks von der Wandreibung

$$k_{ph} = \frac{\cos^2 j'}{\left[1 - \sqrt{\frac{\sin(j' - d_p)\sin j'}{\cos d_p}}\right]^2}$$



$$k_{ah} = \frac{\cos^2 j'}{\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(j' + d_a)\sin j'}{\cos d_a}}\right]^2}$$

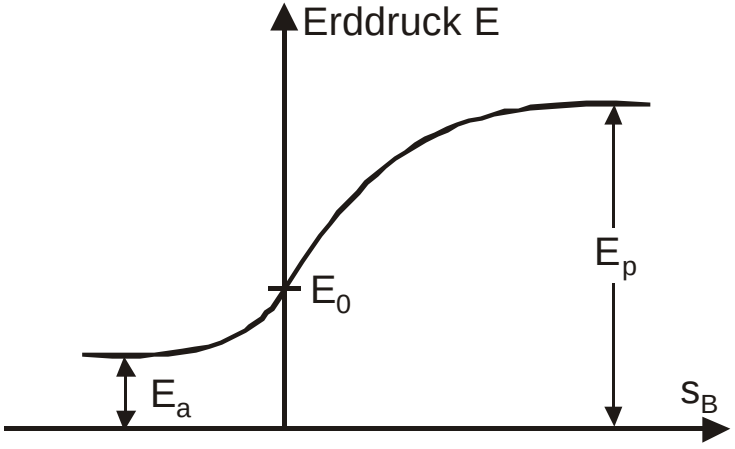
Entkopplung der Gleichgewichtsbedingungen:

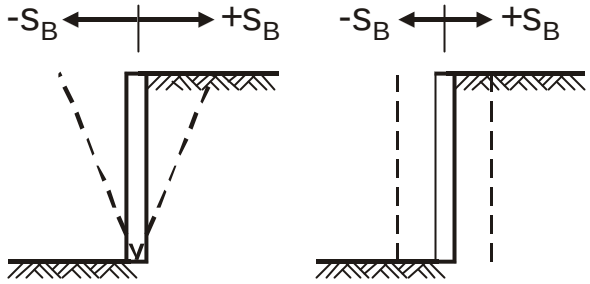
a) δ_a, δ_p wählen bzw. schätzen → E_{ah}, E_{av}, E_{ph}, E_{pv}

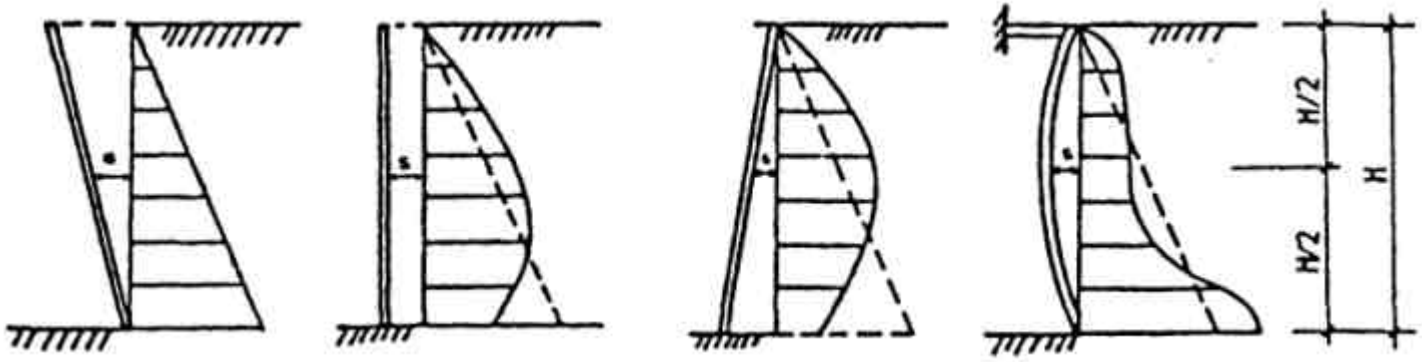
b) $\Sigma H = 0$, $\Sigma M = 0$ (Biegebemessung)

c) Prüfung: $\Sigma V = 0$? → ggfs. von vorn

Abhängigkeit des Erddrucks von der Größe der Wandverschiebung und der Erddruckverteilung von den Stützbedingungen







3 Größe und Verteilung des Erddruckes

3.1 Abhängigkeit der Größe der Erddrucklast von der gewählten Bauweise (EB 8)

1. Die Größe der Erddrucklast hängt in starkem Maße davon ab, inwieweit sich eine Baugrubenwand im Zuge des Baugrubenaushubs bewegen und verformen kann. Maßgebend dafür sind
   a) die Nachgiebigkeit der Stützung, hierzu siehe EB 67 (Abschnitt 1.2),
   b) die Nachgiebigkeit des Erdauflagers, hierzu siehe EB 14 (Abschnitt 5.4) und EB 19 (Abschnitt 6.4),
   c) der Abstand der Stützungspunkte und die Biegesteifigkeit der Baugrubenwand.

   Im Hinblick auf die Biegesteifigkeit können in der Regel Schlitzwände und Pfahlwände als biegesteif bzw. verformungsarm, Spundwände und Trägerbohlwände als biegeweich bzw. elastisch angesehen werden.
2. Geht man von dem theoretischen Fall aus, daß sowohl beim Einbringen von Spundwänden oder Ortbetonwänden als auch beim Aushub der Baugrube jegliche Bewegung und Entspannung des Erdreiches vermieden wird, dann ist damit zu rechnen, daß die Wand durch den Ruhedruck belastet wird. Da es jedoch in der Praxis nicht möglich ist, Baugrubenwände völlig verformungs- und bewegungsfrei zu halten, ist in der Regel die wirksame Erddrucklast kleiner als die Erdruhedrucklast E_0.
3. Bei mehrfach ausgesteiften Spundwänden mit verhältnismäßig geringem Abstand der Stützungspunkte und wenig nachgiebiger Stützung sowie allgemein bei ausgesteiften Ortbetonwänden ist damit zu rechnen, daß ein Erddruck auftritt, der zwischen dem Ruhedruck und dem aktiven Erddruck liegt, wenn die Steifen mit mehr als 30% der für den Vollaushubzustand errechneten Kraft vorgespannt werden. Für mehrfach ausgesteifte Trägerbohlwände gilt dies ebenfalls, sofern die Steifen auf mehr als 60% der für den Vollaushubzustand errechneten Kraft vorgespannt werden.
4. Werden die Steifen bei geringeren als den im Absatz 3 genannten Kräften festgelegt, so kann bei Baugruben in mitteldicht oder dicht gelagerten nichtbindigen Böden bzw. mindestens steifen bindigen Böden angenommen werden, daß beim Freilegen der Wand Verformungen und Bewegungen in der Größenordnung von 1‰ der Wandhöhe auftreten. Diese reichen in der Regel aus, um den Erddruck vom Ruhedruck auf den aktiven Erddruck absinken zu lassen. Bei nicht gestützten, im Boden eingespannten Baugrubenwänden ist dies im allgemeinen unabhängig von den anstehenden Bodenarten der Fall.
5. Bei verankerten Baugrubenwänden richtet sich die Größe der zu erwartenden Erddrucklast in erster Linie danach, bei welcher Last die Anker festgelegt werden. Hierzu siehe EB 42 (Abschnitt 9.1).
6. Zum Ansatz des Erddruckes in den Rückbauzuständen siehe EB 68 (Abschnitt 3.8).

6.2 Lastfiguren für gestützte Spundwände und Ortbetonwände (EB 70)

1. Sofern

   a) die Geländeoberfläche waagerecht ist,
   b) mitteldicht oder dicht gelagerter nichtbindiger Boden oder mindestens steifer bindiger Boden ansteht,
   c) eine wenig nachgiebige Stützung entsprechend EB 67, Absatz 3 (Abschnitt 1.2) vorliegt,
   d) vor Einbau der jeweils nächsten Steifenlage nicht tiefer ausgehoben wird als im Bild EB 69-1 dargestellt ist,

   können bei Spundwänden und Ortbetonwänden auf der Grundlage von EB 5, Absätze 3 und 4 (Abschnitt 3.3), in den Vorbauzuständen und im Vollaushubzustand für den Ansatz des Erddruckes aus Bodeneigengewicht, großflächigen Nutzlasten und gegebenenfalls Kohäsion die nachfolgend beschriebenen Lastfiguren verwendet werden. Diese Angaben sind jedoch nur als Anhalt zu werten; sie sollen keineswegs andere wirklichkeitsnahe Lastfiguren ausschließen. Hierzu siehe auch [52].

2. Bei einmal gestützten Spundwänden und Ortbetonwänden dürfen folgende Lastfiguren als wirklichkeitsnah angenommen werden:

   a) ein durchgehendes Rechteck entsprechend Bild EB 70-1 a), sofern die Steifen- oder Ankerlage nicht tiefer angeordnet ist als bei $h_k = 0{,}10 \cdot H'$;
   b) ein abgestuftes Rechteck mit $e_{ho} : e_{hu} \geq 1{,}20$ entsprechend Bild EB 70-1 b), sofern die Steifen- oder Ankerlage im Bereich von $h_k > 0{,}10 \cdot H'$ bis $h_k = 0{,}20 \cdot H'$ angeordnet ist;
   c) ein abgestuftes Rechteck mit $e_{ho} : e_{hu} \geq 1{,}50$ entsprechend Bild EB 70-1 c), sofern die Steifen- oder Ankerlage im Bereich von $h_k > 0{,}20 \cdot H'$ bis $h_k = 0{,}30 \cdot H'$ angeordnet ist.

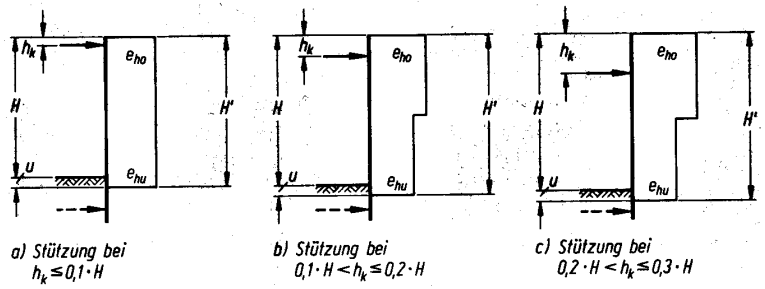


Bild EB 70-1. Lastfiguren für einmal gestützte Spundwände und Ortbetonwände

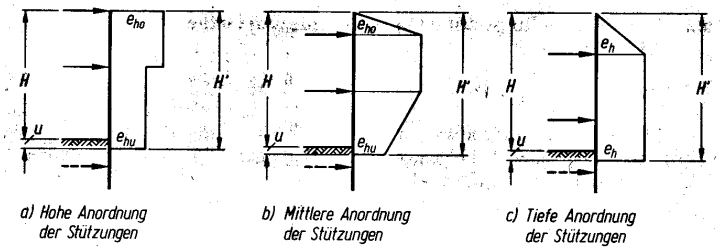


Bild EB 70-2. Lastfiguren für zweimal gestützte Spundwände und Ortbetonwände

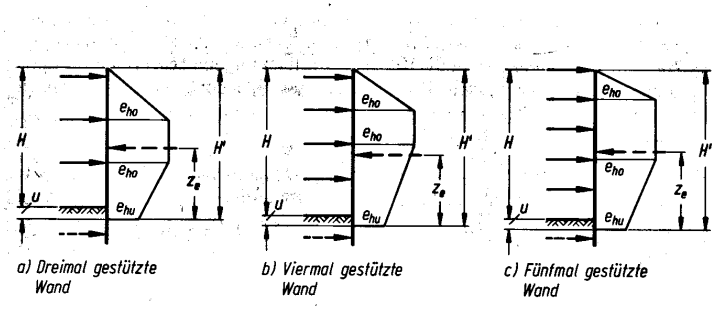
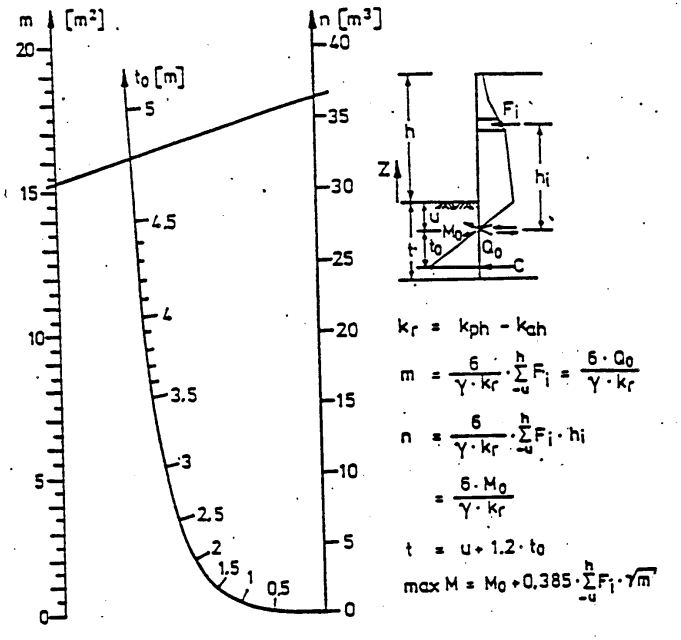


Bild EB 70-3. Lastfiguren für dreimal oder öfter gestützte Spundwände und Ortbetonwände

Unverankerte Wand

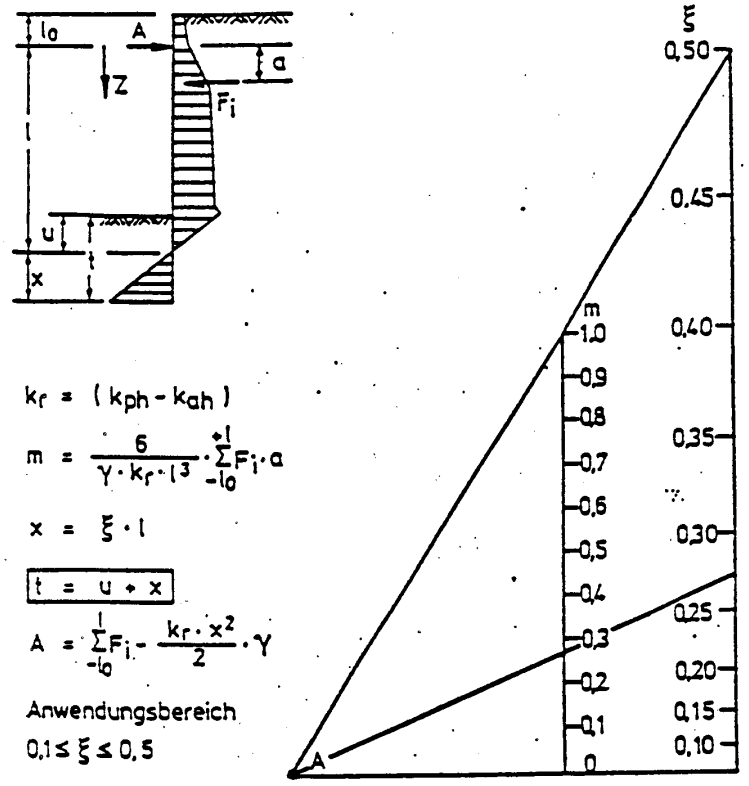


Nomogramm nach BLUM zur Bestimmung der Rammtiefe einer unverankerten, im Boden eingespannten Spundwand

Wandtyp	geringer Wasser – überdruck	größerer Wasser – überdruck	sehr grosser oder reiner Wasserüberdruck
unverankert	1,20	1,30	1,40 – 1,60
verankert mit Fußeinspannung	1,10	1,15	1,20 – 1,30
verankert mit freier Fußauflagerung	1,05	1,10	1,15 – 1,20

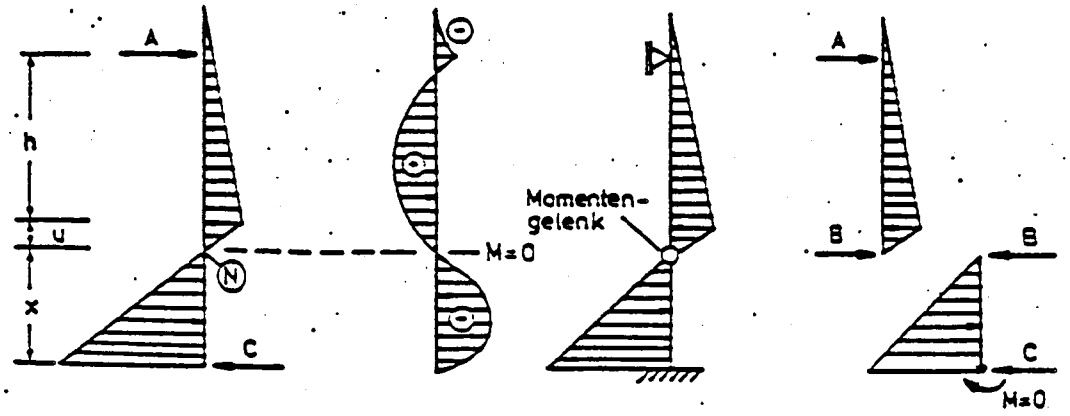
Faktor α zur überschläglichen Ermittlung der Rammtiefe ($t = \alpha\, t_0$)

Verankerte, im Boden frei aufgelagerte Wand



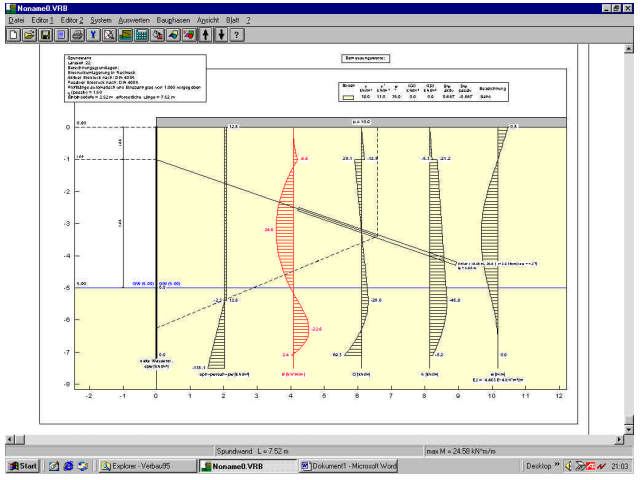
Nomogramm zur Bestimmung der Rammtiefe einer verankerten, im Boden frei aufgelagerten Spundwand

Einfach verankerte, im Boden voll eingespannte Wand



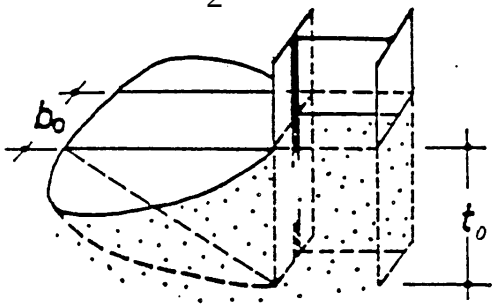
a) result. Belastungsfigur | b) Biegemoment | c) stat. best. Ersatzsystem | d) Ersatzbalken nach BLUM

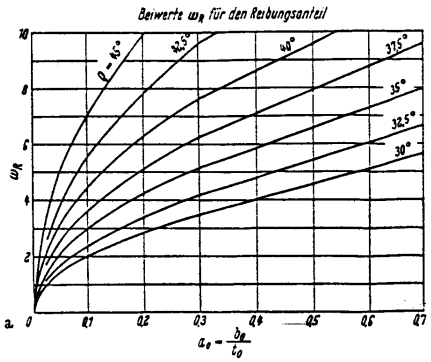
Ersatzbalkenverfahren nach BLUM

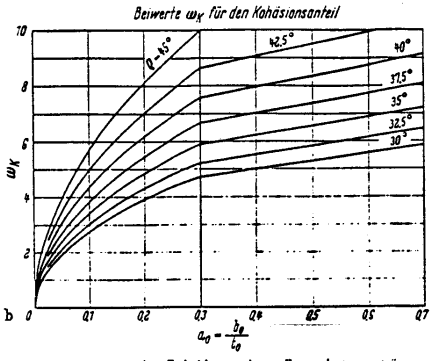


Zur Berechnung von Trägerbohlwänden

$$E_{Ph} = \frac{1}{2} g\, t_0^3\, w_R + 2\, c'\, t_0^2\, w_K$$



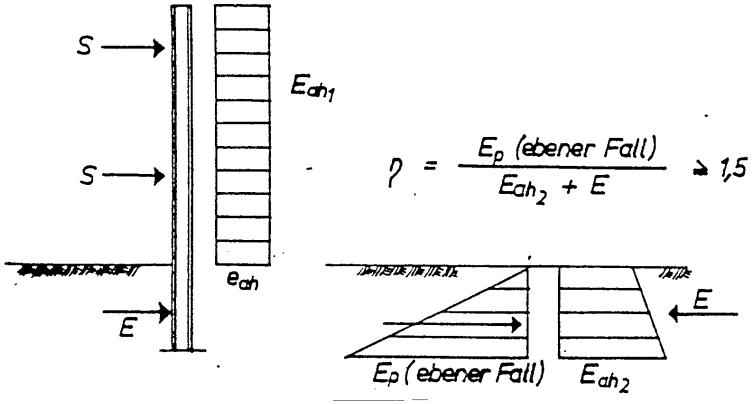




Bruchmuschel vor Bohlträgern, Beiwerte nach WEißENBACH

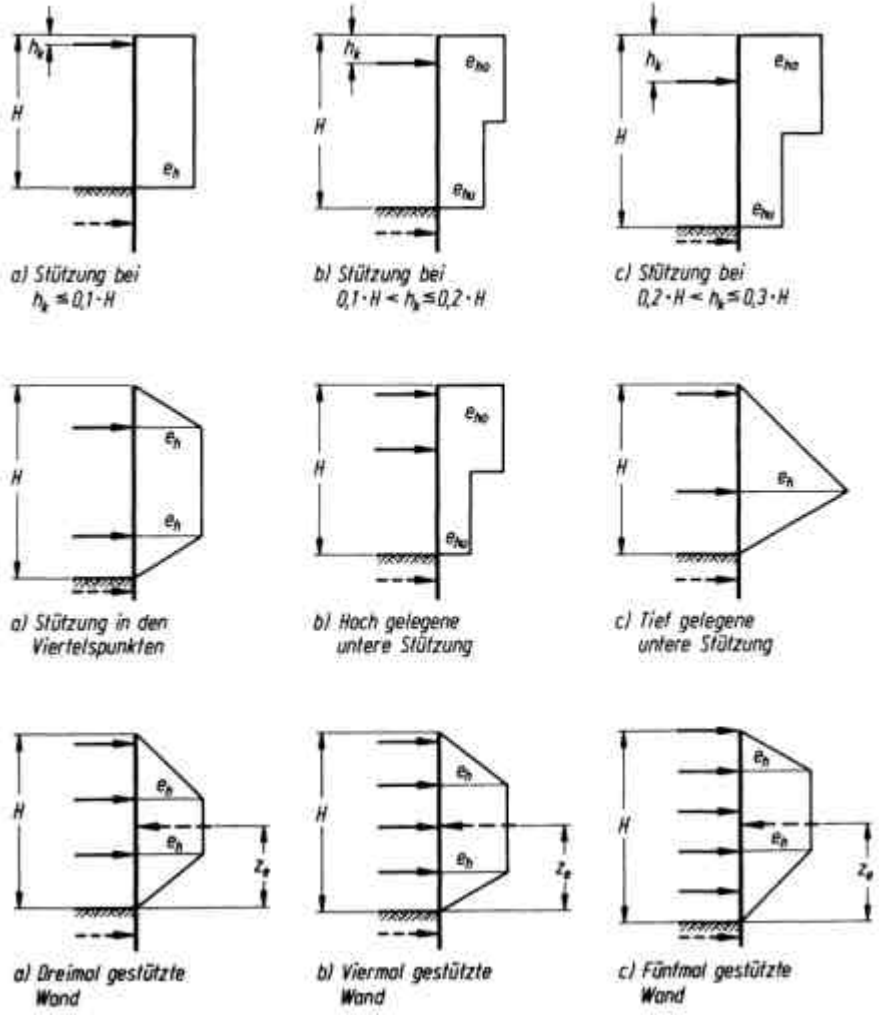
φ'°	45	42,5	40	37,5	35	32,5	30	27,5	25	22,5	20	17,5	15
δ_p°	−27,5	−27,5	−27,5	−27,5	−27,5	−27,5	−27,5	−25	−22,5	−20	−17,5	−15	−12,5
K_{pgh}	13,6	11,4	9,64	8,27	7,12	6,15	5,46	4,51	3,81	3,23	2,77	2,38	2,11

Erdwiderstandsbeiwerte nach STRECK für normierte Wandreibungswinkel

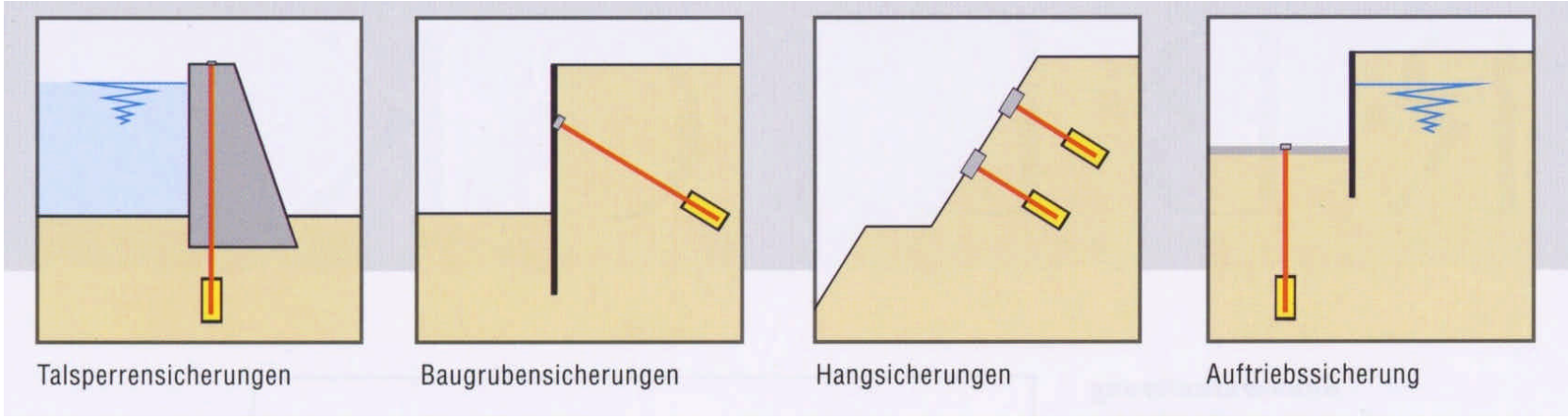


Nachweis des Gleichgewichts der Horizontalkräfte

Wirklichkeitsnahe Lastfiguren für Trägerbohlwände

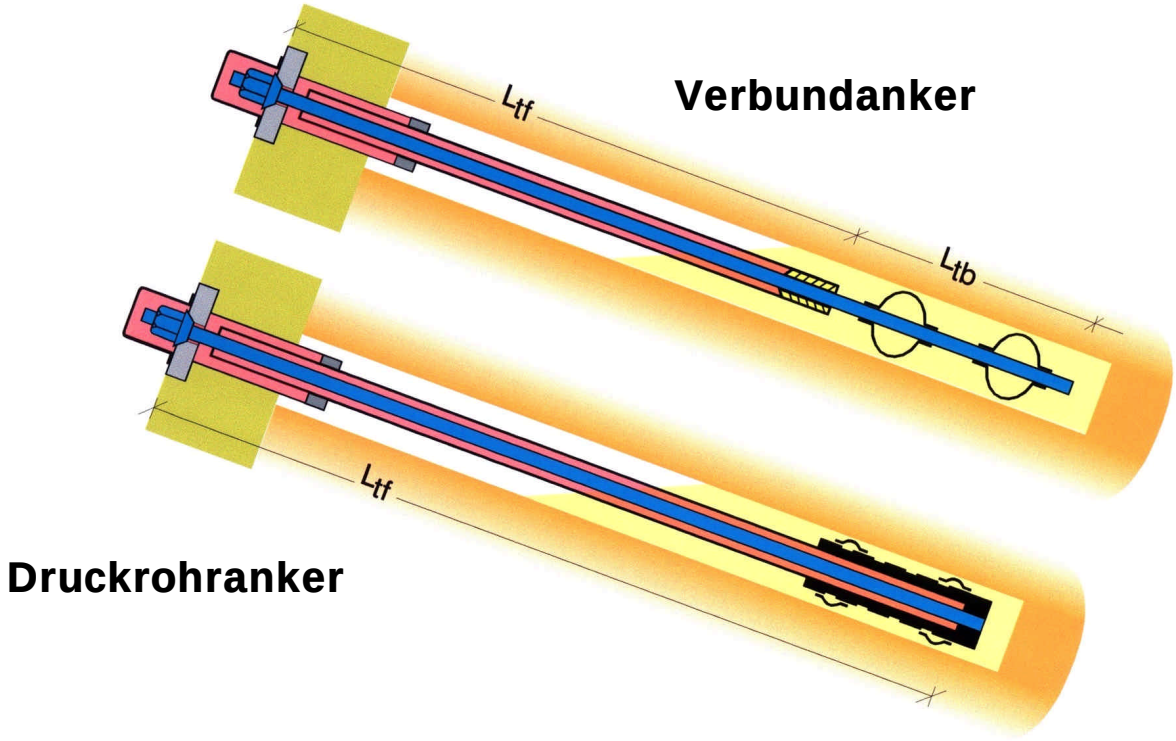


Verankerungen mit Verpressankern



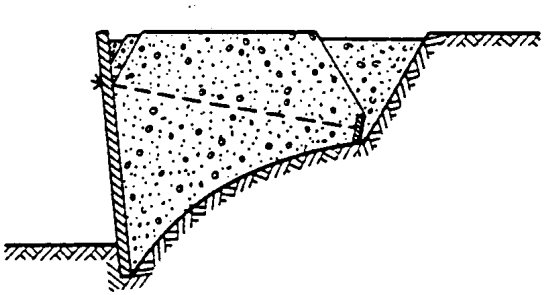


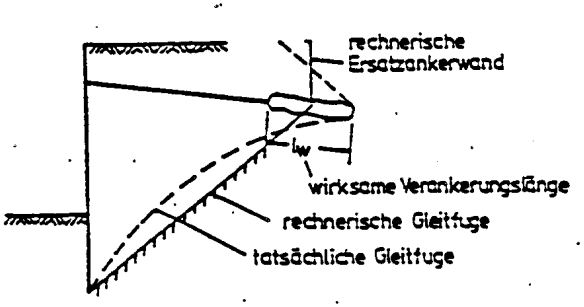
Verpressankertypen

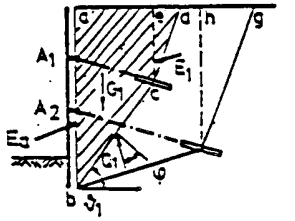


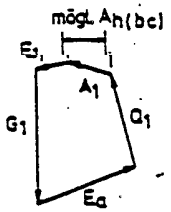
•Jeder Anker wird geprüft (Abnahmeprüfung) und anschließend vorgespannt

Verankerte Wände: Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge und Nachweis der Geländebruchsicherheit

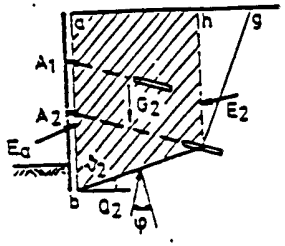


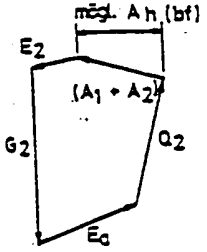






$$\eta_{bc} = \frac{\text{mögl. } A_h\,(bc)}{\text{vorh. } A_{1h}}$$





$$\eta_{bf} = \frac{\text{mögl. } A_h\,(bf)}{\text{vorh. } (A_{1h} + A_{2h})}$$

