

- Sonderdruck -

ELSNERS

# Taschenbuch der

# Eisenbahntechnik

1983

**Ausbildung von Baugruben  
unter Beachtung der DIN 4124, Ausgabe August 1981**

*Von Dipl.-Ing. Hans-Georg Kempfert und Dipl.-Ing. Klaus Martinek*

## 1. Einleitung

Zur Herstellung von Gründungskörpern, Anlagen der Ver- und Entsorgung und Verkehrsweegen unterhalb der Geländeoberfläche ist in der Regel die Ausbildung von Baugruben erforderlich. Die Ausbildung und räumliche Ausdehnung einer Baugrube ist abhängig von mehreren Faktoren, wie

- Abmessungen und Tiefenlage des Bauwerkes bzw. der Gründungskörper,
- vorgesehene Gründungsart,
- ggf. vorhandene Nachbarbebauung,
- Art und Beschaffenheit des Baugrundes,
- erforderlicher Arbeitsraum für Mensch und Maschine,
- Wasserverhältnisse im Baugrund.

Als Grundlage für eine wirtschaftliche Baugrubenkonstruktion muß in jedem Einzelfall unter Berücksichtigung der genannten Einflußfaktoren geprüft werden, ob die Standsicherheit der Baugrubenwände durch die Ausbildung einer geböschten Baugrube sichergestellt werden kann oder ein Verbau erforderlich wird.

Die wichtigsten Normen, Vorschriften und Empfehlungen zum Thema Baugruben sind:

- a) Voraussage (DS 801): Vorschrift für Baugrubenwände und Bauwerke unterirdisch geführter Bahnen in offener Bauweise (in Vorbereitung).
- b) DIN 4124: Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau. Ausgabe August 1981 [2].
- c) Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ — EAB [4].

Hinweise auf weitere Normen und Literatur können [2] und [4] entnommen werden.

Nachfolgend wird vorrangig auf die DIN 4124 eingegangen, da hierin insbesondere die praktischen Belange der Baugrubenausbildung geregelt und für einfache Fälle bei Beachtung der in der Norm enthaltenen Verbauregeln besondere statische Nachweise entfallen können. Die im Zusammenhang mit der Herstellung von Baugruben

und Gräben maßgebenden Forderungen an die Arbeitssicherheit sind ebenfalls in DIN 4124 behandelt [14].

### 2. Nicht verbaute Baugruben und Gräben

Für nicht verbaute Baugruben und Gräben gelten nach DIN 4124 [2] folgende Regelungen:

- a) An den Rändern von Baugruben und Gräben, die betreten werden müssen, sind mindestens 0,6 m breite möglichst waagerechte Schutzstreifen\* anzuordnen. Bei Gräben bis zu einer Tiefe von 0,8 m ist nur an einer Seite der Schutzstreifen erforderlich.
- b) Bis 1,25 m Tiefe dürfen senkrechte Wände ohne besondere Sicherung unter Einhaltung der zulässigen Geländeneigungen nach Bild 1 hergestellt werden.

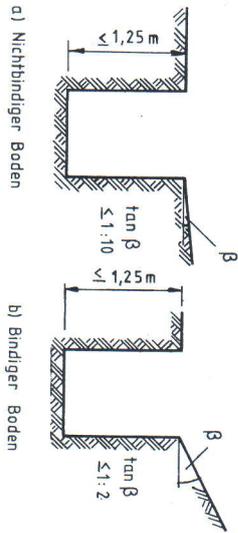


Bild 1:  
Zulässige Geländeneigungen neben nicht verbauten Baugruben und Gräben bis 1,25 m Tiefe mit senkrechten Wänden

c) Für Tiefen zwischen 1,25 m bis 1,75 m in mindestens steifen bindigen Böden oder Fels stehen drei Ausführungsmöglichkeiten nach Bild 2a bis 2c zur Wahl.

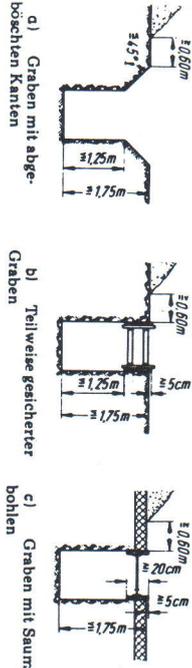


Bild 2:  
Nicht verbaute Baugruben und Gräben von 1,25 bis 1,75 m Tiefe in mindestens steifen bindigen Böden oder Fels (aus [2]).

d) Ausubtiefen von mehr als 1,25 m bzw. 1,75 m müssen abgeöschert hergestellt werden. Ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit dürfen die Böschungswinkel  $\beta$  nach Bild 3 in Abhängigkeit von der Bodenart nicht überschritten werden.

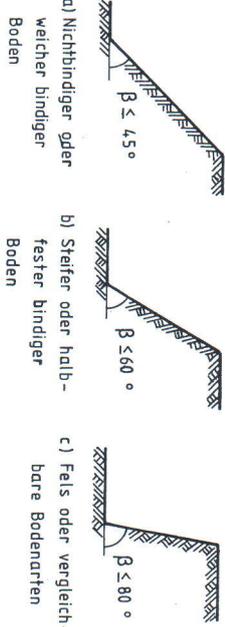


Bild 3:  
Zulässige Böschungswinkel für abgeöscherte Baugruben

Die Angaben unter a) bis d) sind Regelfälle unter günstigen Bedingungen. Geringere Wandhöhe und flachere Böschungen sind erforderlich, wenn besondere Einflüsse die Standsicherheit der Baugrubenwand gefährden können, wie z. B.

- Störungen des Bodengefüges wie Klüfte oder Verwerfungen,
- zur Einschnittssole hin fallende Schichtung oder Schieferung,
- nicht oder nur wenig verdichtete Verfüllungen unter Ausschüttungen,
- Grundwasserabsenkung durch offene Wasseshaltungen,
- Zutluß von Schichten- oder Sickerwasser,
- nicht entwässerte zum Fließen neigende Böden,
- starke Erschütterungen aus Verkehr, Rammarbeiten, Verdichtungsarbeiten oder Sprengungen.

Weiterhin kann die Oberfläche einer Böschung durch Wasser, Trockenheit oder Frost gefährdet werden. Erosionsrinnen infolge abtauernder Niederschläge lassen sich ver-

| Bodenklasse nach DIN 18300 | Beschreibung des Bodens   | Böschung nach DIN 4124  | Abrechnung nach DIN 18300  |
|----------------------------|---|---|--|
| 3                          | Leicht lösbare Bodenarten<br>Sand, Kies mit $\leq 30$ Gew.-% Steinen bis $0,01 \text{ m}^3$<br>Ton  | $\leq 45^\circ$<br>—  | $40^\circ$<br>$40^\circ$   |
| 4                          | Mittelschwer lösbare Bodenarten<br>Weiche bindige Böden<br>Steife oder halbfeste bindige Böden<br>Feste (felsartige) bindige Böden  | $\leq 45^\circ$<br>$\leq 60^\circ$<br>$\leq 80^\circ$                                       | $40^\circ$<br>$40^\circ$<br>$40^\circ$                             |
| 5                          | Schwer lösbare Bodenarten<br>Sand, Kies mit $> 30$ Gew.-% Steinen bis $0,01 \text{ m}^3$<br>Sand, Kies mit $\leq 30$ Gew.-% Steinen bis $0,1 \text{ m}^3$<br>Weiche Tone<br>Steife oder halbfeste Tone<br>Feste (felsartige) Tone | $\leq 45^\circ$<br>$\leq 45^\circ$<br>$\leq 45^\circ$<br>$\leq 60^\circ$<br>$\leq 80^\circ$ | $60^\circ$<br>$60^\circ$<br>$60^\circ$<br>$60^\circ$<br>$60^\circ$ |
| 6                          | Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten<br>Sand, Kies mit $> 30$ Gew.-% Steinen bis $0,1 \text{ m}^3$<br>Bindige Böden mit $> 30$ Gew.-% Steinen bis $0,1 \text{ m}^3$<br>Klüftiger, brüchiger, verwitterter Fels       | $\leq 45^\circ$<br>$\leq 60^\circ$<br>$\leq 80^\circ$                                       | $80^\circ$<br>$80^\circ$<br>$80^\circ$                             |

Tabelle 1: Zulässige Böschungseigungen nach DIN 4124 und Abrechnungsböschungseigungen nach [14] DIN 18300 in Abhängigkeit von den Bodenklassen nach DIN 18300 (nach [14]).

meiden durch Schutz der Böschung mit Kunststoff-Dichtungsbahnen, aufgespritztem Bitumen oder durch eine Spritzbetondeckung ggf. mit Mattenbewehrung [13].

Die Standsicherheit nicht verbauter Wände ist nach DIN 4084 [3] nachzuweisen, wenn

- bei senkrechten Wänden die o. g. Bedingungen nicht erfüllt sind,
- die o. a. Böschungswinkel wegen störender Einflüsse nicht angewendet werden dürfen, die zulässige Wandhöhe bzw. die zulässige Böschungseigung jedoch nicht nach vorliegenden Erfahrungen zuverlässig festgelegt werden können,
- eine Böschung höher als 5 m oder steiler als oben angegeben ist, wobei Böschungswinkel von mehr als 80° in keinem Fall zulässig sind,
- vorhandene Leitungen oder andere bauliche Anlagen gefährdet werden können,
- das Gelände neben der Graben- bzw. Böschungskante stärker als 1:10 bei nichtbindigen bzw. 1:2 bei bindigen Böden ansteigt oder unmittelbar neben dem Schutzstreifen von 0,6 m eine stärker als 1:2 geneigte Erdaufschüttung bzw. Stapellasten von mehr als 10 kN/m<sup>2</sup> zu erwarten sind,
- Straßenfahrzeuge (StVZO) sowie Bagger oder Hebezeuge bis zu 12 t Gesamtgewicht nicht einen Abstand von mind. 1,0 m zwischen der Außenkante der Aufstandsfläche und der Graben- bzw. Böschungskante einhalten,
- schwere Fahrzeuge und Fahrzeuge mit höheren Achslasten, z. B. Straßenroller oder andere Schwerttransportfahrzeuge sowie Bagger oder Hebezeuge von mehr als 12 t Gesamtgewicht nicht einen Abstand von mind. 2,0 m zwischen der Außenkante der Aufstandsfläche und der Graben- bzw. Böschungskante einhalten.

Zwischen der Ausführungsnorm DIN 4124 und der Verdünnungsnorm DIN 18 300 (VOB Teil C) sind leider für die maßgebenden Böschungswinkel noch Widersprüche vorhanden (vgl. Tabelle 1), die bei der Vertragsgestaltung zu beachten sind.

Die Bodenklasse 3 enthält nichtbindige Böden, für die nach DIN 4124 die Böschungseigung 45° zulässig ist, und organische Böden, für die keine Angaben möglich sind. Die Bodenklassen 4 und 5 enthalten Böden von weicher bis fester Kon-

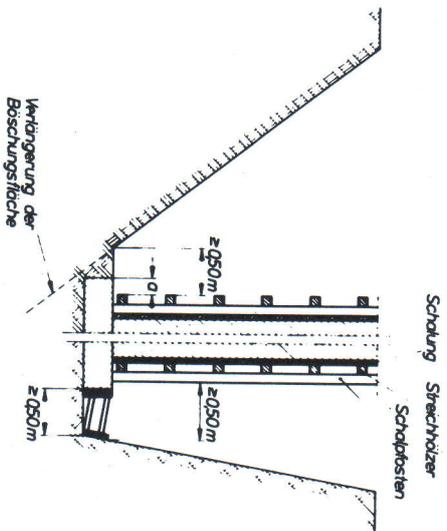


Bild 4: Arbeitsraumbreite bei abgebochten Baugruben (aus [2])

sistenz, für die nach DIN 4124 die Böschungswinkel von 45° bis 80° zulässig sind, und Bodenklasse 5 unterscheidet sich von 3 und 4, abgesehen vom plastischen Ton, nur durch den Anteil von Steinen, was für die Standsicherheit im allgemeinen ohne Bedeutung ist [14].

Für die Zuverlässigkeit unverbauter Baugruben neben Eisenbahngleisen und über die zur Gleissicherung und Gleisabhangung notwendigen Maßnahmen gibt DS 820/1 — AzObv 38 (Ergänzungsbestimmungen zur Oberbauvorschrift) die erforderlichen Hinweise.

### 3. Arbeitsraum und Mindestgrabenbreiten

Zur Sicherheit der Beschäftigten und einwandfreien Bauausführung sind nach DIN 4124 für Baugruben Arbeitsräume, die betreten werden, in einer Mindestbreite von 0,5 m auszuführen. Die Bilder 4 bis 6 zeigen hierfür Beispiele.

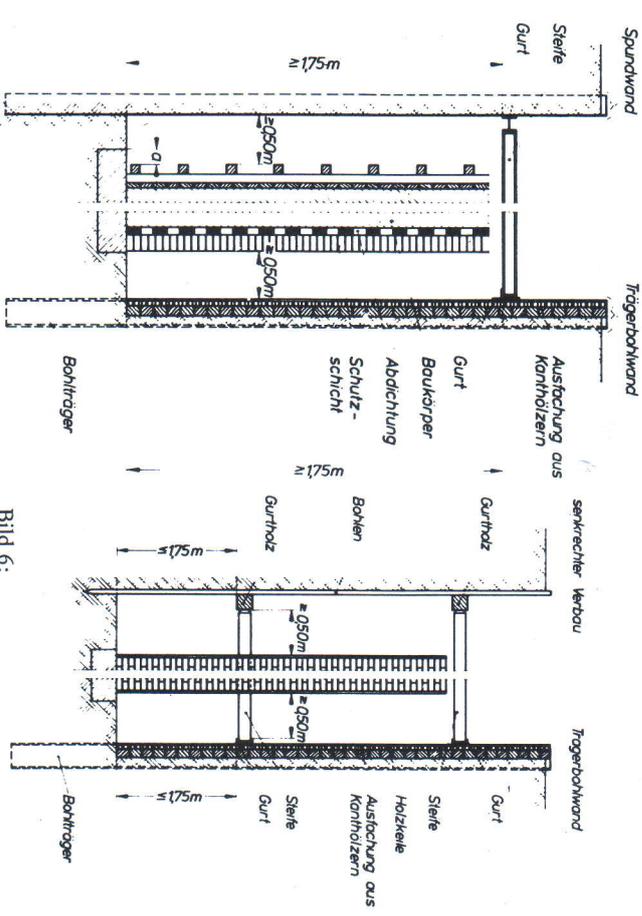
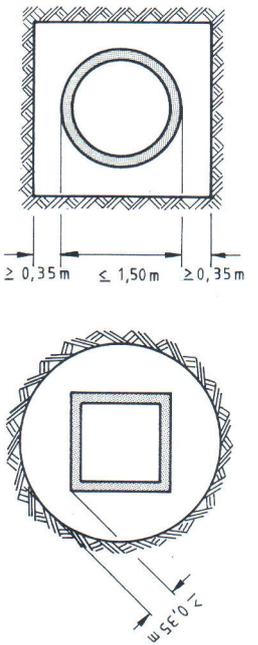


Bild 5: Arbeitsraumbreite bei verbauten Baugruben ohne Behinderung durch Gurte und Steifen (aus [2])

Bild 6: Arbeitsraumbreiten bei verbauten Baugruben mit Behinderung durch Gurte und Steifen (aus [2])

|                     |            |                        |                        |                        |
|---------------------|------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Regelverlagentiefe  | bis 0,70 m | über 0,70 m bis 0,90 m | über 0,90 m bis 1,00 m | über 1,00 m bis 1,25 m |
| Lichte Grabenbreite | 0,30 m     | 0,40 m                 | 0,50 m                 | 0,60 m                 |

Tabelle 2: Lichte Mindestbreiten für Gräben ohne betretbaren Arbeitsraum (aus [2])



a) Rechteckige Baugrube mit runden Schacht

b) Kreisförmige Baugrube mit rechteckigem Schacht

Bild 7: Arbeitsräume für Schächte (aus [14])

Bei rechteckigen Baugruben für runde Schächte bis 1,5 m Außendurchmesser und kreisförmige Baugruben für rechteckige Schächte sind mindestens die Arbeitsraumabmessungen gemäß Bild 7 einzuhalten.

Mindestgrabenbreiten können in Abhängigkeit von der Grabentiefe bzw. dem Rohrschatturdurchmesser den Tabellen 2 und 3 entnommen werden.

| Äußerer Leitungs- bzw. Rohrschatturdurchmesser $d$ in m | Lichte Mindestbreite $b$ in m |                |                        |                    |
|---|-------------------------------|----------------|------------------------|--------------------|
|   | Verbauter Graben              |                | Nicht verbauter Graben |                    |
|   | Regelfall                     | Umsteifung     | $\beta \leq 60^\circ$  | $\beta > 60^\circ$ |
| bis 0,40  | $b = d + 0,40$                | $b = d + 0,70$ | $b = d + 0,40$         |                    |
| über 0,40 bis 0,80                                      | $b = d + 0,70$                |                | $b = d + 0,40$         |                    |
| über 0,80 bis 1,40                                      | $b = d + 0,85$                |                | $b = d + 0,40$         | $b = d + 0,70$     |
| über 1,40   | $b = d + 1,00$                |                |                        |                    |

Tabelle 3: Lichte Mindestbreiten für Gräben mit barem Arbeitsraum (aus [2])

#### 4. Ausbildung von Baugrubenwänden

##### 4.1. Waagerechter Grabenverba

Der waagerechte Verba (vgl. Bild 8) wird oberhalb des Grundwasserspiegels (ggf. abgesenkt) bei grabenähnlichen Baugruben angewendet.

Voraussetzung für den waagerechten Grabenverba ist ein so standfester Baugrund, daß er wenigstens vorübergehend über die Höhe einer Bohlenbreite frei stehen bleibt. Dies gilt auch bei Auftreten von Sickerwasser. Spätestens ab einer Grabentiefe von 1,25 m ist mit dem Einziehen von Bohlen und der Aussteifung zu beginnen. Je nach Standfestigkeit des Bodens wird der Graben 1 bis 2 Bohlenbreiten ausgeschachtet und die waagerechten Bohlen (Breite 20 bis 30 cm, Länge 4,0 bis 4,5 m) unter Eintauchung

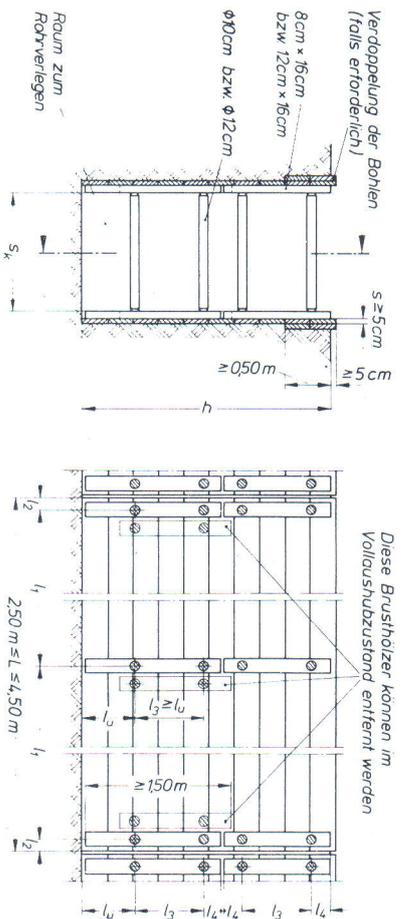


Bild 8: Waagerechter Normverba (aus [2])

in der Bohlenmitte und an den Enden durch Brusthölzer mit Keilen und Stetten (mind. 2) abgesteift. Die Brusthölzer sollen auf möglichst großer Länge nachgetrieben werden, damit eine hohe Steifigkeit des Gesamtverbandes erreicht wird. An den Enden der einzelnen Einbaufelder ist eine doppelte Versteifung (an beiden Seiten der Bohlenstöße) erforderlich.

Anstelle von Holzstreifen können auch Teleskopstreifen oder Spindelspreizen (vgl. Bild 9) aus Stahl verwendet werden.

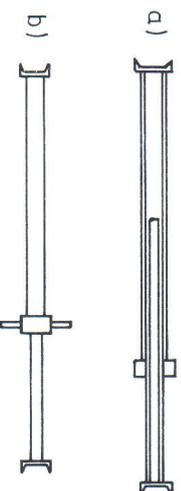


Bild 9: Teleskopstreifen (a) und Spindelspreizen (b)

Bei breiteren Baugruben, die nicht mehr gegen die gegenüberliegende Wand abgesteift werden können, sind schräge Absteifungen in die Baugrube oder rückwärtige Verankerungen möglich.

Der stinnsseitige Abschluß kann in der Regel durch querliegende Bohlen erfolgen, die sich auf die längslaufenden Bohlen abstützen.

Wird der Normverba nach Bild 8 verwendet, so kann ein Standsicherheitsnachweis entfallen, wenn die Bedingungen nach [2] eingehalten werden.

##### 4.2. Senkrechter Grabenverba

Wenn der Baugrund eine geringe Standfestigkeit aufweist, so daß eine freie Standhöhe über mindestens eine Bohlenbreite nicht mehr möglich ist, und wenn das Eintreiben von Holzbohlen oder Kanaldielen in den Baugrund möglich ist, wird der senkrechte Grabenverba angewendet.

Bei locker gelagerten nichtbindigen Böden und bei weichen bindigen Böden müssen die Holzböhlen oder Kanaldielen bei jedem Bauzustand so weit in den Untergrund einbinden, daß ein Ausbruch ausgeschlossen ist (mind. 0,3 m). Wird der senkrechte Verbau bei standfesten Böden eingebaут, die auch einen waagerechten Baugrubenverbau zulassen würden, darf auf eine Einbindung, außer wenn aus statischen Gründen erforderlich, verzichtet werden.

Die Gurthölzer und Gurträger sind durch entsprechende Vorrichtungen (z. B. Hängeseisen oder Ketten) an der Baugrubenwand aufzuhängen. Sind die Holzböhlen oder Kanaldielen nicht in der Lage, das Eigengewicht der Gurthölzer und der Steifen in den Untergrund abzutragen, dann sind die Gurthölzer über Unterlagshölzer an ihnen aufzuhängen.

#### 4.2.1. Verbau mit Holzböhlen

Der senkrechte Grabenverbau mit Holzböhlen sollte nur ausgeführt werden, wenn der Baugrund soweit standfest ist, daß die Böhlen dem Aushub nachfolgen können. Dabei werden die Aussteifungen entsprechend dem Aushub nacheinander eingebracht. Der Aushub darf bei mindestens steifen bindigen Böden über eine Länge bis 5 m max. bis eine Tiefe von 0,5 m voraussetzlen, bei nur vorübergehend standfesten nichtbindigen

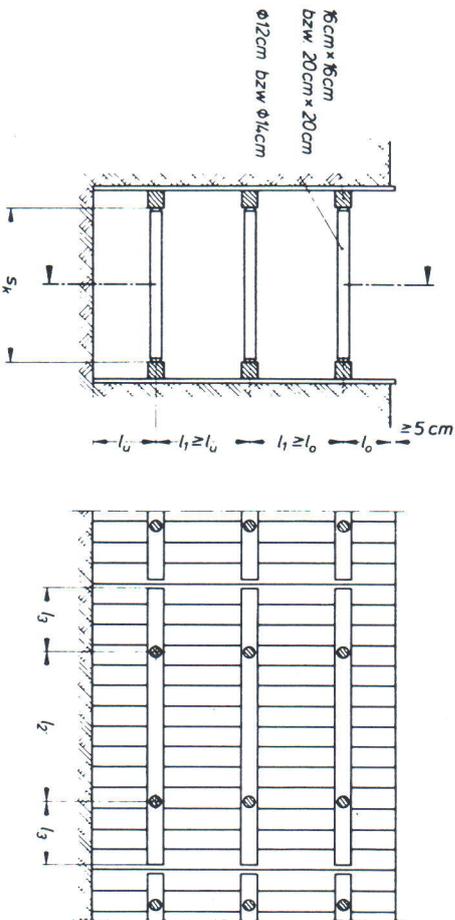


Bild 10: Senkrechter Normverbau mit Verbauteilen aus Holz (aus [2])

oder weichen bindigen Böden ist die Voraussetzung des Aushubes über eine Länge von höchstens 3 Böhlen nebeneinander auf max. 0,25 m Tiefe zu begrenzen. Besondere Sorgfalt ist den Rückbauzuständen zu widmen. Werden Holzböhlen erst nach vollständiger Verfüllung der Baugrube gezogen, so sind erhebliche Auflockerungen im Untergrund die Folge und führen häufig zu Schäden an benachbarten Bauwerken.

In Bild 10 ist der senkrechte Holzverbau (Normverbau) dargestellt.

#### 4.2.2. Verbau mit Kanaldielen

Den senkrechten Verbau mit Kanaldielen zeigt Bild 11.

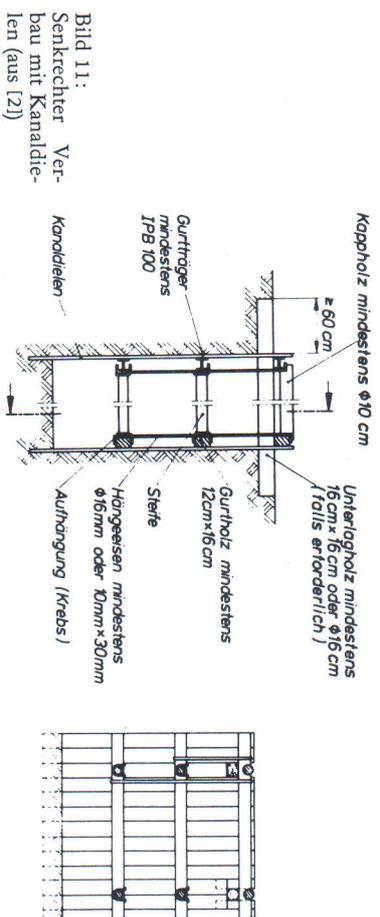


Bild 11: Senkrechter Verbau mit Kanaldielen (aus [2])

Kanaldielen weisen im Gegensatz zu Spundwänden keine Schlösser auf. Als Ersatz für Kanaldielen können auch Leichtprofile, die ihrer Form nach den Spundwänden ähneln, oder Tafelbleche bzw. Rammbleche verwendet werden.

Die Bauweise mit Kanaldielen bietet gegenüber dem Holzverbau den Vorteil, daß die Profile eine wesentlich höhere Lebensdauer besitzen und auch im Wasser eingesetzt werden können.

#### 4.2.3. Gestaffelter oder gepfländerter Verbau

Bei größeren Baugrubentiefen wird der Verbau in mehreren Stufen (Gefachen) ausgeführt. Dafür bieten sich zwei Ausführungsmöglichkeiten [11]:

- a) Gefärdeter Verbau, bei dem die Holzböhlen oder Kanaldielen mit einer leichten Neigung (Pfländung) in mehreren Verbaustufen bis zur Sohle eingebaut werden (vgl. Bild 12).

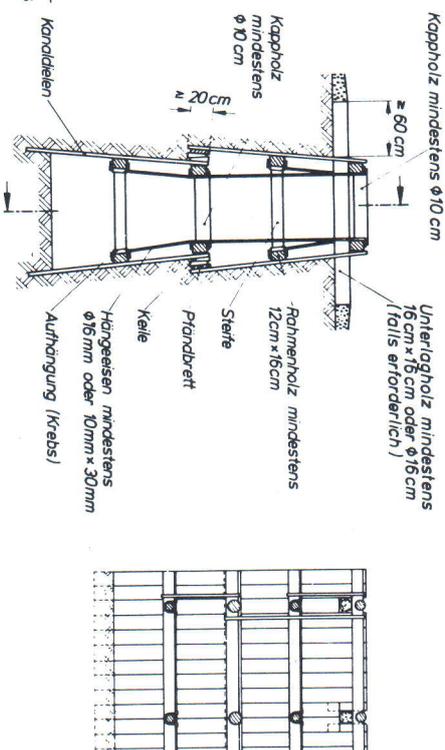


Bild 12: Gepfländerter Verbau mit Kanaldielen (aus [2])

- b) Gestaffelter Verbau, bei dem die senkrecht gerammten Holzbohlen oder Kanaldiele nach der Tiefe versetzt (gestaffelt) angeordnet werden (vgl. Bild 13). Bei dieser Methode ist gegenüber a) der erforderliche größere Bodenaushub nachteilig, dagegen ist eine schnellere Baudurchführung mit wirtschaftlicherem Geräteeinsatz möglich.

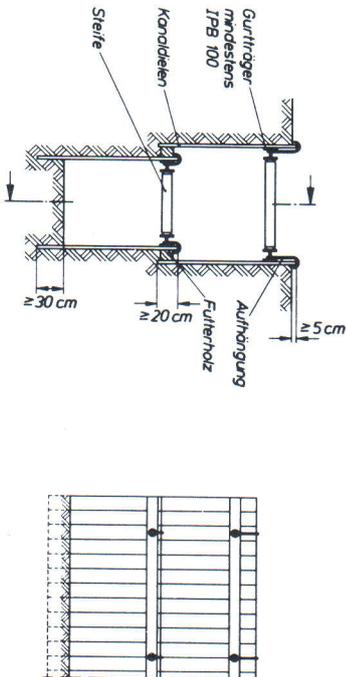


Bild 13:  
Gestaffelter senkrechter Verbau (aus [2])

#### 4.2.4. Senkrechter Normverbau

Entsprechend Abschn. 4.1 kann ebenfalls der senkrechte Normverbau (vgl. Bild 10) ohne besonderen Standsicherheitsnachweis unter Einhaltung der Bedingungen nach [2] ausgeführt werden. Anstelle von Holzbohlen dürfen auch Kanaldiele und anstelle der Gurtträger Stahlprofile verwendet werden, die ein gleichgroßes Biegemoment aufnehmen können.

#### 4.3. Mechanisierte Verbauverfahren

Im Zuge der Mechanisierung und Rationalisierung des Grabenbaus in Verbindung mit einem wirtschaftlichen Einsatz der Aushubgeräte kommen zunehmend mechanisierte Verbauverfahren zum Einsatz.

Im wesentlichen lassen sich nach [10] zwei Typen von mechanisierten Verbauverfahren unterscheiden:

- a) Verbaugeräte, die als Hilfsgeräte zur Herstellung eines endgültigen normgerechten Grabenverbaus aus Holz oder Stahl in maschinell ausgehobenen Leitungsräben dienen. Nach dem Arbeitsablauf sind zu unterscheiden:

- Geräte, die auf dem Gelände neben dem Graben mit allen Verbauteilen für ein fertiges Verbaufeld besetzt und in den ausgehobenen Graben gesetzt werden. Nachdem die Bohlen (je nach Gerät senkrechter oder waagerechter Verbau) gegen die Grabenwände ausgesteift worden sind, kann das Verbaugerät aus dem Graben gehoben werden [13].
- Vorschubgeräte (z. B. Vorschubrahmen), die dem kontinuierlichen Einbringen eines senkrechten Verbaus mit herkömmlichen Verbauteilen aus Holz oder Stahl dienen.

- b) Grabenverbauverfahren mit Hilfe von vorgefertigten Elementen, die gleichzeitig den Grabenverbau bilden. Dabei werden fertige, auf dem Gelände neben dem Graben zusammengesetzte Verbaueinheiten in den Graben eingeschwenkt. Nach der Art der Zusammensetzung unterscheidet man:

- Verbaueinheiten bzw. Verbaufelder, deren Wände in der Art des waagerechten Verbaus aus Holzbohlen oder darauf aufgeschraubten stählernen Aufrichtern, bzw. aus Holzbohlen, Brusthölzern und vorgefertigten Klammern bestehen.
- Verbaueinheiten und Verbaufelder, die aus vorgefertigten großformatigen Stahlverbauplatten und Streben hergestellt werden.

Einen Überblick und detaillierte Beschreibungen der z. Z. verfügbaren mechanisierten Verbauverfahren enthält [10]. Neue Verfahren werden vom Fachausschuß „Tiefbau“ der Tiefbau-Berufsgenossenschaft auf Arbeitssicherheit überprüft und erhalten nach erfolgreicher Prüfung eine Prüfbescheinigung und Plakette.

#### 4.4. Trägerbohlwände

Der Baugrubenverbau mit Trägerbohlwänden („Berliner Verbau“) wurde zu Beginn des Jahrhunderts beim Berliner U-Bahnbau aus dem Kanalverbau entwickelt, da für tiefe Baugruben ein Kanalverbau wegen der engen Steinenabstände und ständig erforderlichen Umsteifungen beim Baugrubenaushub unwirtschaftlich wird. Heute ist die Trägerbohlwand in trockenen ramm- oder bohrfähigen Böden in der Regel die wirtschaftlichste Lösung und bei Hindernissen im Untergrund (z. B. kreuzende Versorgungsleitungen) sehr anpassungsfähig.

Man unterscheidet im Verkehrstunnelbau im Zusammenhang mit der Baugrubenausbildung durch Trägerbohlwände folgende Bauweisen:

- Berliner Bauweise, bei der eine Grundwasserabsenkung der Sande und Kiese, wenn erforderlich, durch Tiefbrunnen möglich ist. Zwischen Bauwerk und Baugrubenwand ist kein Arbeitsraum vorhanden. Der Verbau dient gleichzeitig als Abdichtungsunterlage und äußere Schalung für das Bauwerk.
- Hamburger Bauweise, die sich als örtlich bedingte Variante der Berliner Bauweise entwickelt hat. Infolge der dort stark wechselnden, unterschiedlichen Bodenarten (Sande und Kiese mit Tonen bzw. Mergeln) ist eine Grundwasserabsenkung mittels Tiefbrunnen nicht so erfolgreich wie z. B. in Berlin. Es ist nicht immer eine trockene Baugrubenwand vorhanden, die als einwandfreie Klebenunterlage für die Abdichtung angesehen werden kann. Infolgedessen wird ein 0,8 bis 1 m breiter Arbeitsraum vorgesehen, so daß die Abdichtung des Bauwerks nachträglich von außen aufgebracht werden kann [9].
- Münchener Bauweise ist ebenfalls eine Variante der Berliner Bauweise. Dabei werden die Traglieder (Bohlwandträger) in vorgebohrte Löcher gestellt, die im Fußbereich mit Kalkmörtel verfüllt werden. Auf die hölzerne Ausfachung werden Hartta-serplatten über eine Lattenkonstruktion als Schalungsträger für das in was-serundurchlässigen Beton hergestellte Tunnelbauwerk befestigt. Der Zwischenraum zwischen Ausfachung und Hartta-serplatte wird mit Sand verfüllt.

Ein Baugrubenverbau mit Trägerbohlwänden besteht aus folgenden konstruktiven Einzelteilen (vgl. Bild 14 und 15):

a) Traglieder: Als senkrechte Traglieder werden I-Profile, IPB-Profile oder Psp-Profile vor dem Aushub in einem Abstand von etwa 1 bis 3 m in der Fluchtlinie der geplanten Baugrubenwand gerammt. Bei wenig rammfähigen Böden muß, ist es Erschütterungen oder der Lärm durch das Rammen vermieden werden oder wenn zweckmäßiger, die Bohlträger in vorgebohrte Löcher einzustellen. Der zwischen Bohrlochwandung und Träger verbleibende Raum wird mit Sand, Magerbeton oder Kalkmörtel gefüllt. Nach [4] ist bei Baugruben bis 10 m Tiefe eine Mindesteinbindetiefe der Träger von 1,50 m unter der Baugrubensohle erforderlich, sofern der Standsicherheitsnachweis keine größere Einbindetiefe erforderlich macht. Anstelle von Stahlträgern können auch Bohrröhre oder Bohrfähle treten, wenn bei der Herstellung oder beim Ausschachten entsprechende Vorrichtungen zur Auflagerung der Ausfachung vorgesehen werden.

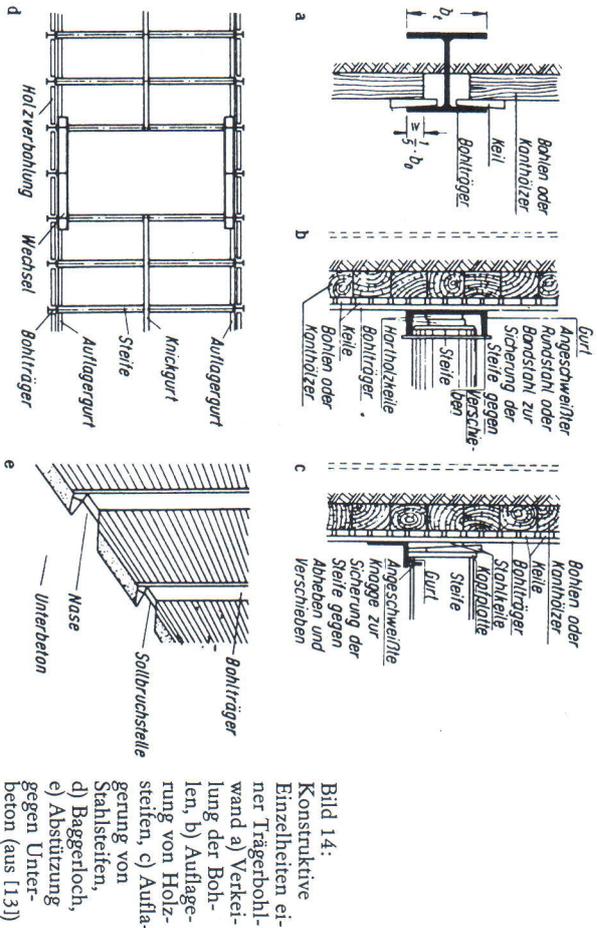


Bild 14: Konstruktive Einzelheiten einer Trägerbohlwand a) Verteilung der Bohlen, b) Auflagerung von Holzstößen, c) Auflagerung von Stahlstößen, d) Baggerloch, e) Abstützung gegen Unterbeton (aus [13])

b) Ausfachung: Die horizontale Wandausfachung ist unmittelbar dem Aushub folgend, spätestens ab einer Aushubtiefe unter Geländeoberkante von 1,25 m, einzubauen. Der Aushub darf in der Regel dem Einbau der weiteren Ausfachung um max. 0,5 m vorauslaufen. Bei steilen bis halbsteilen Böden bis max. 1,0 m, wenn diese eine entsprechende freie Standhöhe aufweisen. Durch Ausklebung der Ausfachung gegen die Trägerflansche wird ein Verbund gegen das Erdreich hergestellt. Die Ausfachung kann aus Holzbohlen, Kanthölzern, Kanaldielen, Stahlbetonfertigteilen, Ortbeton, Eisenbahnschwellen, Rundhölzern, Trägern oder

Spritzbeton bestehen. Weitere detaillierte Hinweise zur Ausfachung finden sich z. B. in [2], [7] und [13].

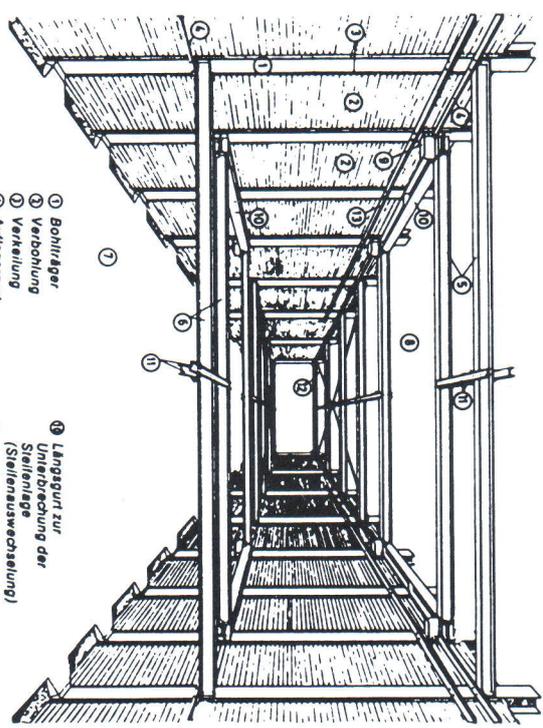


Bild 15: Gesamtansicht einer Baugruben mit Trägerbohlwänden nach [6]

c) Aussteifung oder Verankerung: Bei größeren Baugrubentiefen reicht die Einspannung der Bohlträger im Boden unter der Baugrubensohle zur Aufnahme der Erdruddruckkräfte nicht mehr aus oder ist mit zu großen Verformungen verbunden, so daß eine Aussteifung oder Rückverankerung erforderlich wird. Eine Aussteifung der Bohlträger über horizontale Gurte erfolgt in der Regel mit Rundhölzern oder Stahlprofilen. Aussteifungen der Baugrubenwände sollen gegenüber Rückverankerungen (vgl. DIN 4125) bevorzugt werden, wenn ein verformungsarmer Verbau erreicht werden soll oder die Stiefen den Bauvorgang nicht zu sehr behindern. Bei sehr breiten Baugruben ist eine wirtschaftliche gegenseitige Aussteifung der Baugrubenwände nicht möglich. Hierfür sind Rückverankerungen oder Absteifungen (auch abschnittsweise) gegen die Baugrubensohle bzw. bereits fertige Bauteile erforderlich. Für die Rückverankerung haben sich in den letzten Jahren die Verpreßanker nach DIN 4125 durchgesetzt.

d) Rückgewinnung: In der Regel werden mindestens die Bohlträger mit Hilfe von Pflanzheben, Rüttelziehgerten oder hydraulischen Ziehgeräten wiedergewonnen. Neben setzungsempfindlichen Bauwerken sollten die Bohlträger aber im Untergrund verbleiben. Bei der Hamburger Bauweise ist eine Wiedergewinnung der Aus-

fachung ebenfalls möglich. Dabei erfolgt der Ausbau abschnittsweise wie der Einbau unter gleichzeitiger Arbeits- und Baugrubenraumverfüllung. Bei der Berliner Bauweise ist die Ausfachung verloren. Hier sind besondere konstruktive Maßnahmen (z. B. Trägerschutzbleche) erforderlich, um eine Beschädigung der Abdichtung des Bauwerks beim Ziehen der Träger zu vermeiden.

#### 4.5. Spundwände

Im Gegensatz zu den Verbaumethoden nach Abschn. 4.1 bis 4.4 bilden Spundwände einen nahezu wasserdichten Baugrubenverbau und können somit auch bei Baugruben im Grundwasser eingesetzt werden. Die Spundwände eignen sich nicht nur als Baugrubenumschließung, sondern auch als bleibender Bestandteil unterirdischer Bauwerke.

Die Spundwandbauweise ist in der Regel verhältnismäßig teuer und zeigt sich im Vergleich zu Trägerbohlwänden bei Hindernissen (z. B. Versorgungsleitungen) wenig anpassungsfähig. Die Spundwände können aber im allgemeinen mehrfach verwendet werden.

Die technischen und wirtschaftlichen Grenzen des Spundwandverbaus sind häufig von folgenden Einflussfaktoren abhängig [11]:

- Bei normalem Rammgerät liegt die rammbare Bohlenlänge ca. bei 15 m; darüber hinaus muß überschwertes Rammgerät eingesetzt werden.
- Beim Einrammen der Bohlen entsteht eine Lärmbelastigung, die von den Anwohnern heute nicht mehr klaglos hingenommen wird. Inzwischen lassen sich die Bohlen aber auch durch schalldämmte Rammsysteme oder durch Rütteln, Einpressen (Pilemaster) und Bohrpresen verhältnismäßig geräuscharm einbringen.
- Der Baugrund muß bis in die erforderliche Tiefe rammbar sein. Insbesondere dicht bis sehr dicht gelagerte Sande und Kiese, Schotter und felsartige Böden führen häufig zu Schwierigkeiten beim Einbringen der Spundwandprofile. Die rammtechnischen Anforderungen ergeben oft stärkere Profile gegenüber den statischen Belangen. In kritischen Fällen sind Proberammungen zu empfehlen.
- Erschütterungseinflüsse durch das Rammen oder Rütteln können benachbarte Bauwerke gefährden und zu Belastigungen der Anwohner führen.

Detailliertere Hinweise zur Wahl der Spundwandprofile und deren Einbringung finden sich z. B. in [5] und [8].

#### 4.6. Massive Verbauarten

Massive Verbauarten für Baugruben sind Bohrfähli- und Schlitzwände.

Die Bohrfähle werden meistens in verrohrten Bohrlöchern hergestellt. Man unterscheidet tangierende, überschnittene und aufgelöste Pfahlwände.

Bei der Schlitzwandbauweise wird der Aushubschlitz durch eine Stützflüssigkeit (i. a. thixotrope Bentonituspension) stabilisiert und mit Spezialgreifern ausgehoben. Gegenüber den Bohrfählwänden bieten die Schlitzwände den Vorteil, daß eine durchgehende Bewehrung über eine größere Breite möglich ist und kein Pfahlbeton erneut angeschnitten werden muß (überschnittene Pfahlwand).

Die massiven Verbauarten bieten den Vorteil einer relativ erschütterungs- und geräuscharmen Herstellung. Sie werden als verformungsarm eingestuft, so daß sie insbesondere neben setzungsempfindlichen Bauwerken zum Einsatz kommen. In Verbindung mit einer angeschnittenen dichtenden Bodenschicht oder einer dichten Baugrubensohle (z. B. Unterwasserbeton- oder Injektionssohle) kann eine nahezu dichte Baugrube ohne Grundwasserabsenkung hergestellt werden, was heute zunehmend Bedeutung erlangt. Häufig können die massiven Verbauarten als spätere Umfassungswand in das herzustellende Bauwerk integriert werden.

Im Zusammenhang mit Gebäudeunterfangungen sind neben Schlitz- und Bohrfählwänden als massive Verbauarten auch die Stabwand (z. B. aus Verpreßpählen kleinen Durchmessers), die Unterfangungswand, die chemisch verfestigte Erdwand oder die Frostwand eingesetzt worden [13].

#### 4.7. Sonderbauweisen

Bestimmte Böden im Übergangsbereich zu Fels, wie z. B. Mergel oder gewisse Juratone können beim Baugrubenausgrab ohne Sicherungsmaßnahmen vorübergehend standfest sein. Sie können ihre Standfestigkeit nur durch Witterungseinflüsse verlieren, so daß als Schutz eine Spritzbetonschicht, ggf. in Verbindung mit Ankern ausreichend sein kann.

#### 5. Grundlagen der Standsicherheitsnachweise

Alle Verbauteile sind, ausgenommen beim Normverbau (vgl. Abschn. 4.1 und 4.2), hinsichtlich sämtlicher Vor- und Rückbauzustände statisch nachzuweisen. Grundlage der Standsicherheitsnachweise sind die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB) [4].

Bezüglich der Lastannahmen ist in DIN 4124 neben den Hinweisen auf DIN 1055 und DIN 1072 der Zusatz enthalten, daß bei Lasten aus Schienenverkehr die einschlägigen Sondervorschriften zu beachten sind. Das wurde im Einführungsheft zur DIN 4124 für den Geschäftsbereich der Deutschen Bundesbahn dahingehend präzisiert, daß hinsichtlich der zulässigen Spannungen und der anzusetzenden Sicherheitsbeiwerte im Wirkungsbereich von Eisenbahnlasten anstelle von Abschn. 9.4 der DIN 4124 [2] die Regelungen der DS 804 (Vorschrift für Eisenbahnbrücken und sonstige Ingenieurbauwerke) anzuwenden sind. Außerdem sind im Wirkungsbereich von Eisenbahnlasten für die Bemessung von stählernen Steifen und Verbänden der Baugrubensicherung abweichend von Abschnitt 9.4.4 der DIN 4124 [2] und unabhängig von der Art der einwirkenden Lasten die zulässigen Spannungen für den Lastfall H anzusetzen, auch wenn die Beanspruchung nach Lastfall 2 der DIN 1054 nachgewiesen ist.

Die üblichen Standsicherheitsnachweise liefern keine Angaben über die zu erwartenden Verformungen der Baugrubenwandkonstruktion. Bei Vorhandensein von benachbarten baulichen Anlagen und Ausführung von rückverankerten Baugrubenwänden stellt der gemäß Abschn. 9.3.1 der DIN 4124 [2] für die Bemessung geforderte Ansatz des erhöhten aktiven Erddrucks oder Erdrückdrucks keine Gewähr für einen verformungsarmen Verbau dar. Rückverankerte Baugrubenwände zeigen insbesondere ab Baugrubentiefen größer 10 m Horizontalverformungen des Gesamtsystems Wand/Ver-

ankerungskörper (Fangedammprinzip). Die Verformungen und deren Einfluß auf benachbarte Bauwerke können z. B. nach [12] mit einem Näherungsverfahren abgeschätzt werden.

## SCHRIFTTUM

- [1] *Arends, J.*: Baugrubenumschließungen im Grundwasser Tiefbau, Ingenieurbau, Straßenbau, Sonderheit Bauen im Grundwasser (1979)
- [2] DIN 4124: Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau, Ausgabe August 1981
- [3] DIN 4084: Baugrund; Gelände- und Böschungsbruchberechnungen, Ausgabe Juli 1981
- [4] Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB) der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V., Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin/München 1980
- [5] Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Uferbefestigungen“ (EAU 1980), Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin/München 1981
- [6] Freie und Hansestadt Hamburg, Baubehörde, Amt für Ingenieurwesen I, Hauptabteilung Schnellbahnen: „Normalen und Konstruktionsblätter“
- [7] *Hack, A.*: Baugruben-Sicherung. Merkblatt 161 der Beratungsstelle für Stahlverwendung Düsseldorf (1979)
- [8] Hoersch Hüttenwerke AG: Einrammen wellenförmiger Stahlspundwände (1978)
- [9] *Klockner, W./Schmid, H.-G.*: Gründungen, Betonkalender Abschn. E, Teil II, Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin/München (1977)
- [10] Schriftenreihe der Tiefbau-Berufsgenossenschaft Heft 5: Verbaufverfahren und Verbaugeräte für den Leitungsgrabenbau (1981)
- [11] *Schulze, W.E./Simmer, K.*: Grundbau 2, Teubner Verlag Stuttgart (1978)
- [12] *Ulrichs, K.R.*: Untersuchungen über das Trag- und Verformungsverhalten verankelter Schlitzwände in rolligen Böden. Universität Essen GHS, Forschungsbericht Nr. 15 (1980)
- [13] *Weißbach, A.*: Baugrubensicherung, Grundbautaschenbuch Abschn. 2.19, Teil 2, 3. Aufl. Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin/München (1982)
- [14] *Weißbach, A.*: Die neue DIN 4124 — Baugruben und Gräben. Bauwirtschaft, Heft 1, 1982, S. 14 — 26