

GVT

Grundsätzliche Vereinbarungen für Statik und Konstruktion von Tunnelbauwerken

Teil 1 – Herstellung in offener BAUWEISE

Ausgabe März 2006

3. Auflage

STADT  FRANKFURT AM MAIN

DER MAGISTRAT
Dezernat Verkehr


(Sikorski)
Stadtrat

HESSEN




Verkehrsgesellschaft
Frankfurt am Main

Verkehrsgesellschaft
Frankfurt am Main



Technische Aufsichtsbehörde des Landes Hessen
beim Regierungspräsidium Darmstadt

GVT

Grundsätzliche Vereinbarungen für Statik und Konstruktion von Tunnelbauwerken

Teil 1: Offene Baugruben

Teil 2: Baugruben

**Teil 3: Bergmännische Bauweise
Muster Los 90**

**Teil 4: Brandschutztechnische Anforderungen
an unterirdische Personenverkehrsanlagen**

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. ALLGEMEINES	5
1.1 Gültigkeitsbereich	5
1.2 Maßgebende Richtlinien und Vorschriften	5
1.3 Bezeichnung der Ebenen und Decken	5
1.4 Bezeichnung der Achsen und Schnitte	6
1.5 Nummerierung der Seiten der statischen Berechnung	7
2. EINWIRKUNGEN	8
2.1 Bezeichnungen	8
2.1.1 Bezeichnung der für den Ansatz der Einwirkungen wichtigen Maße	8
2.1.2 Bezeichnung der Einwirkungen	9
2.2 Ständige Einwirkungen	9
2.2.1 Eigenlast des Tunnelkörpers einschließlich ständiger Einbauten	9
2.2.2 Ständige Lasten auf der Tunneldecke	9
2.2.3 Erddruck aus Bodeneigengewicht	10
2.3 Veränderliche Einwirkungen	11
2.3.1 Vertikale veränderliche Einwirkungen	11
2.3.1.1 Lasten aus oberirdischem Straßen- und Schienenverkehr	11
2.3.1.2 Lasten aus Schienenverkehr im Tunnel	12
2.3.1.3 Nutzlasten in öffentlichen Bereichen und in Betriebsräumen	13
2.3.1.4 Belastung der Deckenabhängungen infolge Luftdruck und –sog	13
2.3.1.5 Vertikale Belastung aus Bebauung	13
2.3.2 Horizontale veränderliche Einwirkungen	14
2.3.2.1 Differenzerddruck	14
2.3.2.2 Wasserdruck	14
2.3.2.3 Erddruck aus Bebauung	15
2.3.2.3.1 Allgemeines	15
2.3.2.3.2 Erddruck infolge vorhandener Bebauung	15
2.3.2.3.3 Erddruck infolge zukünftiger Standardbebauung	16
2.3.2.4 Erddruck aus Verkehr neben dem Tunnel	17
2.3.2.5 Erddruck bei Hinterfüllungen	18
2.3.2.6 Belastung der Wände und Verkleidungen infolge Luftdruck und –sog	18
2.3.2.7 Belastung der Kabelkanalwände	18
2.3.2.8 Belastung der Brüstungen und Geländer	18
2.3.3 Temperatur	18
2.4 Vorübergehende Einwirkungen	19
2.4.1 Lasten aus Umsteifungen im Bauzustand	19
2.4.2 Lasten durch Bauzustände	19
2.5 Außergewöhnliche Einwirkungen	20
2.5.1 Anpralllasten auf Stützen und Wände	20

2.5.1.1	Bedingungen für den Nachweis	20
2.5.1.2	Aufnahme der Anpralllasten durch die Stütze	20
2.5.1.3	Ausfall einer Stütze oder eines Wandteiles	20
2.5.1.4	Anprall auf Umhausungen und Überdachungen	21
2.5.2	Brandbeanspruchung	21
2.6	Kombination der Einwirkungen	22
2.6.1	Zusammenfassung von Lasten	22
2.6.2	Teilsicherheiten und ψ – Beiwerte im Grenzzustand der Tragfähigkeit	23
2.6.2.1	Für Einwirkungen und Beanspruchungen	23
2.6.2.2	Für die Bestimmung des Tragwiderstandes von Beton und Stahl	23
2.6.3	Teilsicherheiten und ψ – Beiwerte im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	24
2.7	Sohldruckverteilung	25
2.8	Mitwirkung der Baugrubenwände bei der Lastabtragung des Tunnelbauwerks	25
3.	SICHERSTELLUNG DER DAUERHAFTIGKEIT	26
3.1	Expositionsklassen	26
3.2	Betondeckung	26
4.	GRUNDLAGEN UND VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG DER SCHNITTGRÖSSEN	27
4.1	Allgemeine Systemannahmen	27
4.2	Imperfektionen	27
4.3	Berücksichtigung der Torsionssteifigkeit	27
4.4	Anschluß von Innenwänden und Stützen	27
4.5	Linear – elastische Berechnung	27
4.5.1	Umlagerungen	27
4.5.2	Mindestschnittgrößen	27
4.5.2.1	Eckmoment und Endeinspannmoment	27
4.5.2.2	Stützmoment	28
4.5.2.3	Feldmoment	28
4.5.2.4	Skizze der Bemessungsmomente	28
4.6	Schlanke Bauteile unter Längsdruck	30
5.	BAUSTOFFE	31
5.1	Schwinden und Kriechen	31
5.2	Betonstahl	31

6.	NACHWEIS DER TRAGFÄHIGKEIT GZ 1	32
6.1	Zum Grenzzustand GZ 1A	32
6.1.1	Sicherheit gegen Aufschwimmen	32
6.1.2	Nachweis der Sicherheit gegen Kippen	32
6.2	Zum Grenzzustand GZ 1B	32
6.2.1	Nachweis von Bauwerken und Bauteilen	32
6.2.2	Nachweis der Gleitsicherheit	33
7.	NACHWEIS DER GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT GZ 2	34
7.1	Zulässige Lage der Sohldruckresultierenden	34
7.2	Verschiebungen in der Sohlfläche, Setzungen und Verdrehungen	34
7.3	Begrenzung der Betondruckspannungen	34
7.4	Begrenzung der Betonstahlspannungen	34
7.5	Begrenzung der Rissbreiten	34
7.6	Begrenzung der Verformungen	35
8.	TUNNELBAUSPEZIFISCHE BERECHNUNGS – UND KONSTRUKTIONSREGELN FÜR STAHLBETONBAUTEILE	36
8.1	Nachweis gegen Ermüdung	36
8.2	Nachweis der Querkrafttragfähigkeit	36
8.3	Nachweis gegen Durchstanzen	36
8.4	Platten mit punktförmiger Unterstützung und mit unterbrochener linienförmiger Unterstützung	36
8.5	Balken und Plattenbalken	37
8.5.1	Breite der Druckzone .	37
8.5.2	Gedrungene Balken	37
8.5.3	Aufhängebewehrung	37
8.6	Wände	37
8.6.1	Wände mit unterbrochener horizontaler Unterstützung	37
8.6.2	Anprall gegen Wände	37
8.6.3	Ausbildung von Arrbeitsfugen	37
8.7	Wandartige Träger	38
8.7.1	Definition	38
8.7.2	Schnittgrößen und Auflagerkräfte	38
8.7.3	Begrenzung der Bemessungsdruckspannungen im Auflagerbereich unmittelbar gestützter wandartiger Träger	38
8.7.3.1	Kriterien für die Nachweise	38
8.7.3.2	Ermittlung der erforderlichen Druckbewehrung im Auflagerbereich	38
8.7.4	Mittelbare Stützung und Auflagerverstärkungen	38

8.7.5	Aufhängebewehrung und Besonderheiten bei der Bewehrungs- führung	38
8.8	Stützen	39
8.8.1	Nachweis nach dem Modellstützenverfahren	39
8.8.2	Bemessung und Bewehrung der Stützen für den Anprall von Fahr- zeugen	39
8.8.3	Bemessung der angrenzenden Bauteile bei Ausfall einer Stütze	40
8.9	Mindestbewehrung und Maximalbewehrung	40
8.9.1	Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite und zur Sicher- stellung eines duktilen Bauteilverhaltens	40
8.9.2	Randbewehrung der Bahnsteigplatten	40
8.9.3	Maximalbewehrung der Platten	40
8.9.4	Maximalbewehrung der Balken und wandartigen Träger	40
8.9.5	Maximalbewehrung der Stützen	40
8.9.6	Mindestabstände der Bewehrungsstäbe	40
8.10	Bauteile aus wasserundurchlässigem Beton	44
8.10.1	Maßnahmen für Nutzungsklasse B gem. DAfStb-Richtlinie WU Beton, Abs. 5,3	44
8.10.1.1	Konstruktive Maßnahmen	44
8.10.1.2	Begrenzung der Rissbreiten bei erdberührten Oberflächen	44
8.10.1.3	Überwachung des Betonierens	44
8.10.2	Maßnahmen für Nutzungsklasse A gem. DAfStb-Richtlinie WU Beton, Abs. 5.3	44
8.11	Konstruktive Brandschutzmaßnahmen für den Rohbau	44
9.	ANFORDERUNGEN AN DIE STATISCHE BERECHNUNG	45
9.1	Vorbemerkungen	45
9.2	Hauptberechnung	45
10.	RICHTLINIEN FÜR DIE ANFERTIGUNG VON BEWEHRUNGS – PLÄNEN	46

1. ALLGEMEINES

1.1 Gültigkeitsbereich

Diese Vereinbarungen gelten für Tunnel in offener Bauweise im Bereich des Frankfurter Stadtbahnbaues. Sie ergänzen die maßgebenden Richtlinien und Vorschriften. In Sonderfällen sind davon abweichende Annahmen und Berechnungsverfahren jeweils mit der Technischen Aufsicht zu vereinbaren.

1.2 Maßgebende Richtlinien und Vorschriften

Da Stadtbahntunnelbauwerke sich bautechnisch nur unwesentlich von Straßentunnelbauwerken unterscheiden, werden für die in offener Bauweise zu erstellenden Tunnelbauwerke des Frankfurter Stadtbahnbaus die Regelungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen für den Bau von Straßentunneln in offener Bauweise zugrunde gelegt.

Als übergeordnetes Regelwerk sind die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“ (ZTV – ING), Teil 5, Abschn. 2 maßgebend sofern nicht in der GVT andere Regelungen getroffen sind. Die Anwendung der zugehörigen Normen und DIN-Fachberichte wird in den weiteren Abschnitten dieser Richtlinien geregelt.

Zusätzlich sind die BOStrab – Tunnelbaurichtlinien zu beachten. Auch die DB – Richtlinie 853 wird in Einzelfällen herangezogen.

1.3 Bezeichnung der Ebenen und Decken

A – Ebene:	Oberirdische Verkehrsfläche
B – Ebene:	Fußgänger- und Verteilerebene
C – Ebene:	Erste Ebene für Bahnanlagen
D – Ebene:	Zweite Ebene für Bahnanlagen

A – Decke:	Decke unter A – Ebene
B – Decke:	Decke unter B – Ebene
C – Decke:	Decke unter C – Ebene
Sohle:	Unterste Platte

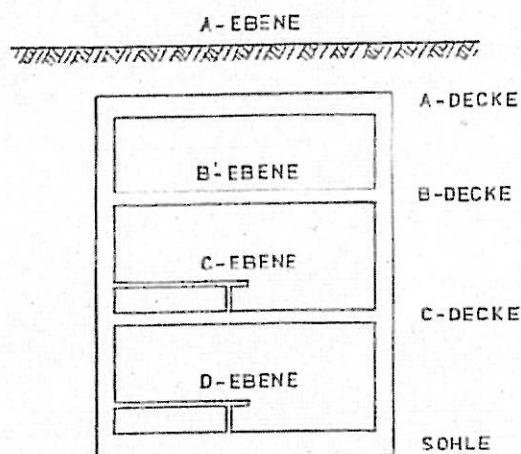


Bild 1 Bezeichnung der Ebenen und Decken

Alle Zwischendecken sind durch Angabe ihrer Höhenkote eindeutig zu bezeichnen, z. B. Decke auf 99,30 m ü. NN.

1.4 Bezeichnung der Achsen und Schnitte

Die Längsachsen sind für ein ganzes Baulos einheitlich festzulegen und in Richtung der Kilometrierung gesehen von links nach rechts mit großen Buchstaben zu bezeichnen:

(A) (B) (C)

Längsachsen von begrenzten Bauteilen wie Treppenhauswänden oder Wände von können mit

(A₁) (B₁) (C₁)

bezeichnet werden.

Die Querachsen werden in Richtung der Kilometrierung blockweise durchnummeriert, wobei die Achsbezeichnung Block- und Achs- Nummer beinhaltet. 1104 bezeichnet z. B. die Achse 4 im Block 11.

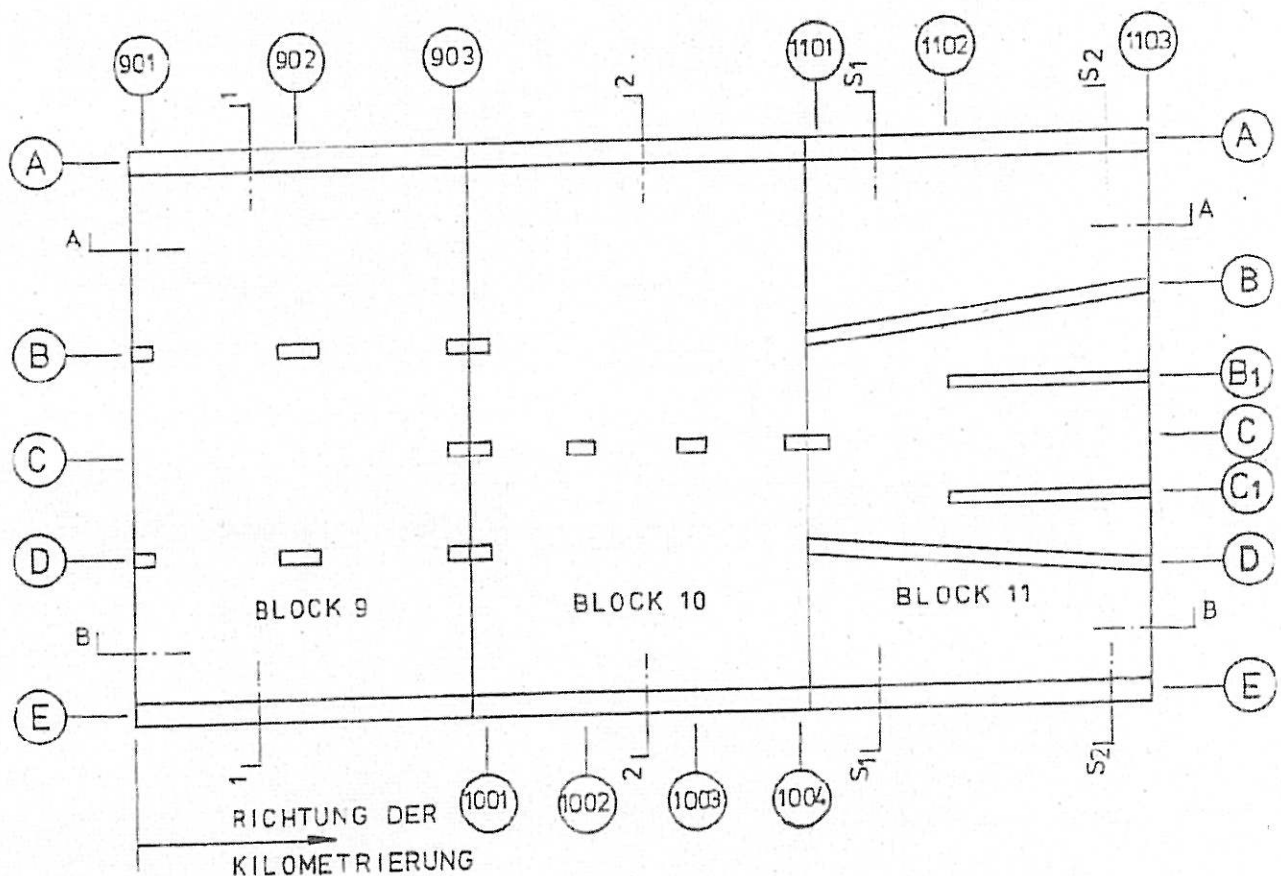


Bild 2 Bezeichnung der Achsen und Schnitte

Die Längsschnitte werden mit A, B, C, die Querschnitte mit 1, 2, 3 und die Teilschnitte mit a, b, c bezeichnet. Die Längs- und Querschnitte der statischen Berechnung sind mit S1, S2, S3 zu bezeichnen.

1.5 Nummerierung der Seiten der statischen Berechnung

Die statische Berechnung ist jeweils für einen Block fortlaufend durchzunummerieren. Auf jeder Seite sind dazu Baulos- und Blocknummer sowie das Diktatzeichen des Bearbeiters anzugeben.

Austauschseiten sind z. B. mit 40a, b, c ..., Zusatzseiten z. B. mit 40/1, 2, 3 ... zu bezeichnen.

Seiten, die nach Abschluss der Prüfung der statischen Berechnung aufgestellt werden, sind mit N1, N2, N3 ... fortlaufend durchzunummerieren.

2. EINWIRKUNGEN

2.1 Bezeichnungen

2.1.1 Bezeichnung der für den Ansatz der Einwirkungen wichtigen Maße

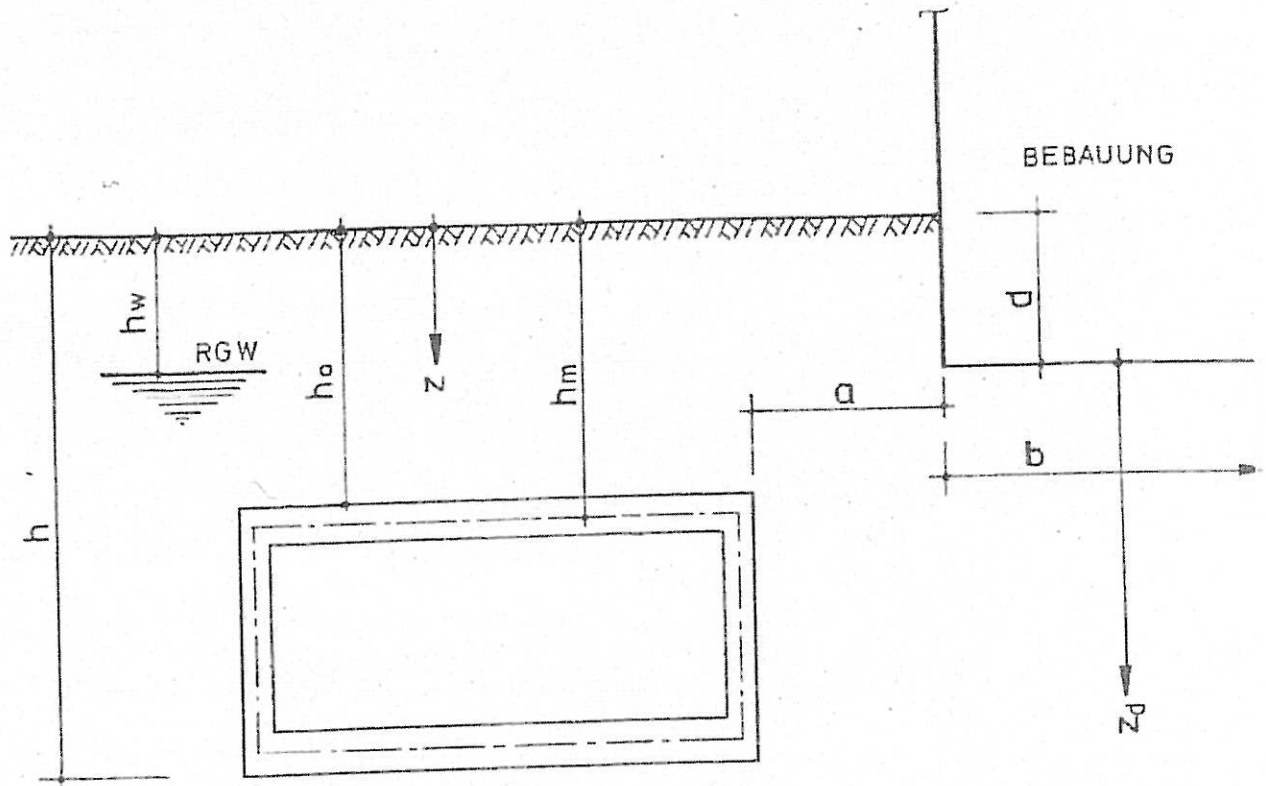


Bild 3 Bezeichnung der Abmessungen

a	Abstand zwischen Bauwerksgründung und Tunnelaußenkante
b	Bebauungstiefe
d	Gründungstiefe der Bebauung
h	Gründungstiefe des Tunnels
h_o	Höhe der Erdschicht über dem Tunnel
h_m	rechnerische Überschüttungshöhe
h_w	Höhendifferenz zwischen Geländeoberkante und rechnerischem Grundwasserspiegel
z	Tiefe unter Gelände
z_d	Tiefe unter Gründungssohle der Bebauung
z_{so}	Tiefe unter Schienenoberkante

2.1.2 Bezeichnung der Einwirkungen

Vertikale Lasten

g_{k1}	Eigenlast des Tunnelkörpers
g_{k2}	Eigenlast der ständigen Einbauten
g_{k3}	Ständige Lasten auf der Tunneldecke
g_k	Ständige vertikale Last ($g_k = g_{k1} + g_{k2} + g_{k3}$)
q_k	Vertikale Nutzlast
$q_{z,k}$	Ersatzlast in Abhängigkeit von z
σ_0	Sohldruck

Horizontale Lasten

$e_{g,k}$	Erddruck aus Bodeneigengewicht ohne Grundwassereinfluss
$e_{ga,k}$	Erddruck aus Bodeneigengewicht unter Auftrieb
Δe_k	Differenzerddruck ($\Delta e_k = e_{ga,k} - e_{g,k}/2$)
$e_{v,k}$	Verdichtungserddruck
$e_{b,k}$	Erddruck aus Bebauung
$e_{q,k}$	Erddruck aus Verkehr neben dem Tunnel
u_0	Hydrostatischer Porenwasserdruck
$q_{h,k}$	Horizontale veränderliche Last

2.2 Ständige Einwirkungen

2.2.1 Eigenlast des Tunnelkörpers einschließlich ständiger Einbauten

Es sind folgende Wichten anzunehmen:

Stahlbeton allgemein	$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
Schuttbeton, Füllbeton	$\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$
Schotter	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
(für Schienen, Schwellen usw. ist die tatsächliche Schotterhöhe um 10 cm zu vergrößern)	
Deckenabhängung im Stationsbereich	$g_{k2} = 2 \text{ kN/m}^2$
Belag (ohne genaue Angabe)	$g_{k2} = 2 \text{ kN/m}^2$
Plattenbelag	$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$

2.2.2 Ständige Lasten auf der Tunneldecke

Es sind folgende Wichten anzunehmen:

Straßendecke (i.a. 40 cm)	$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
Auffüllung	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
Schuttbeton + Isolierung	$\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$

2.2.3 Erddruck aus Bodeneigengewicht

Bei ebener Geländeoberfläche und einer mindestens 3 m tiefen Einbindung in tertiäre Schichten werden die Erddruckordinaten unter der Annahme ermittelt, dass der Erddruck geradlinig bis zur Tiefe $0,6h$ zunimmt. Von dieser Tiefe ab wird der Erddruck bis zur Sohle konstant angesetzt.

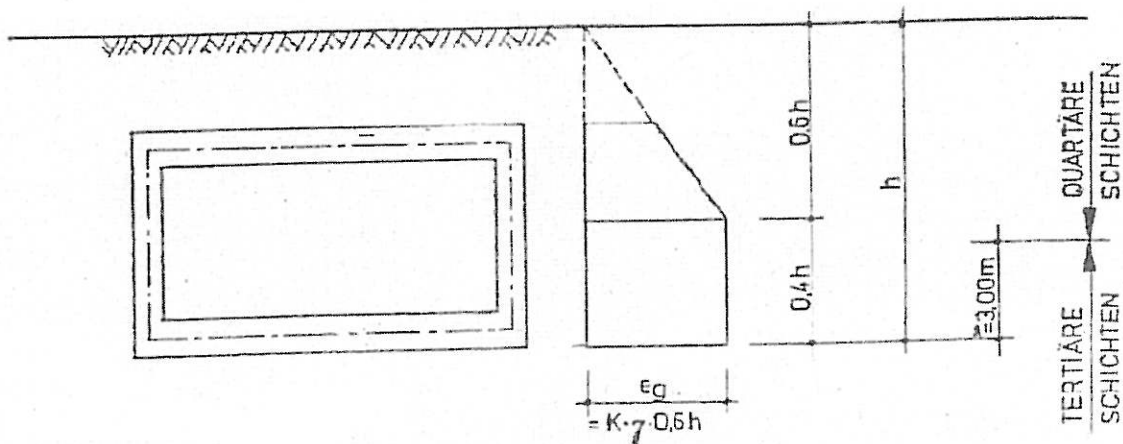


Bild 4 Erddruckverteilung

Bei Vorliegen der geologischen Bedingungen gem. Bild 4 darf der rechnerische Erddruckbeiwert unter Berücksichtigung der Kohäsion mit $K = 0,5$ angenommen werden. Dabei sind folgende Wichten anzunehmen:

γ für Boden ohne Grundwassereinfluß: 20 kN/m^3
 γ' für Boden unter Auftrieb: 10 kN/m^3

Bei von Bild 4 abweichenden Verhältnissen sind die Werte dem Bodengutachten zu entnehmen.

Für die Bemessung der Tunnelbauwerke wird als ständige Last nur die Hälfte des ohne Grundwassereinfluß ermittelten Erddruckes angesetzt.

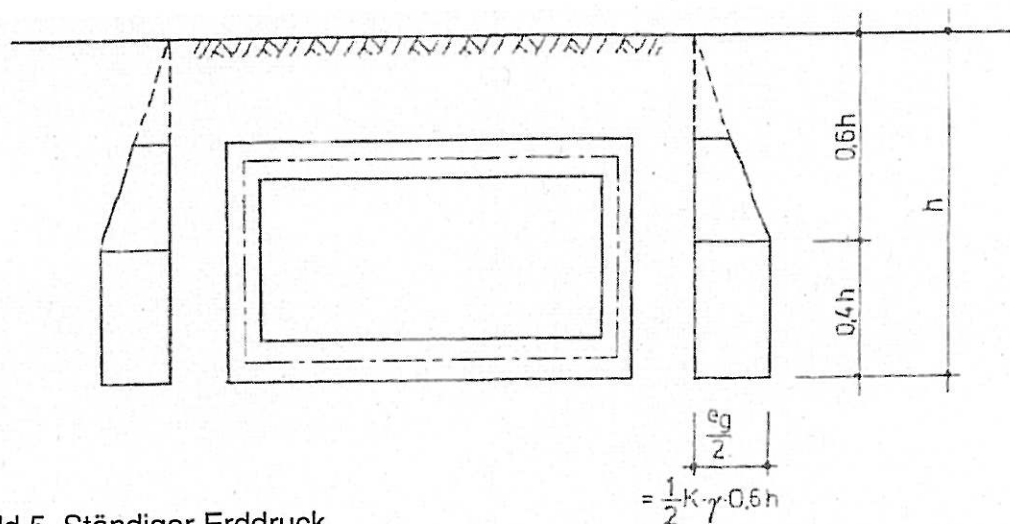


Bild 5 Ständiger Erddruck

2.3 Veränderliche Einwirkungen

2.3.1 Vertikale veränderliche Einwirkungen

2.3.1.1 Lasten aus oberirdischem Straßen- und Schienenverkehr

Bei Tunnelbauwerken sind auf der Oberfläche die Lasten des Lastmodells 1 gemäß DIN-Fachbericht 101 anzusetzen. Alternativ sind auf dem Fahrstreifen Nr. 2 anstelle der Doppelachslast und der gleichmäßig verteilten Last die Achslasten des Stadtbahnregelfahrzeugs wie in den Bildern 6 und 7 dargestellt zu berücksichtigen.

Die Belastung der Tunneldecke infolge Verkehrslasten muss mindestens $q_k = 10 \text{ kN/m}^2$ betragen.

Eine Belastung durch Militärfahrzeuge ist anzusetzen, falls im Planfeststellungsverfahren entsprechende Auflagen enthalten sind.

Bei einer rechnerischen Überschüttungshöhe $h_m \geq 80 \text{ cm}$ können die Ersatzlasten der Tabelle 1 angesetzt werden.

Bei Spannweiten ab etwa 12 m kann der über $q_k = 10 \text{ kN/m}^2$ hinausgehende Ersatzlastanteil auf den Bereich begrenzt werden, der sich bei einer Lastausbreitung unter 30° gegen die Lotrechte ergibt. Einzelheiten sind mit der Technischen Aufsicht abzustimmen.

Ist die rechnerische Überschüttungshöhe $h_m < 80 \text{ cm}$ (siehe Bild 3), dann sind die Lasten nach Abs. 1 direkt anzusetzen. Für die Weiterleitung der Lasten genügt der Ansatz der Ersatzlast für 80 cm Überdeckung nach Tabelle 1.

Tabelle 1: Ersatzlasten auf erdüberschütteten Decken

$h_m \text{ [m]}$	$q_{z,k} \text{ [kN/m}^2\text{]}$
0,80	30,90
1,00	28,40
1,50	23,30
2,00	20,50
2,50	18,60
3,00	17,30
3,50	16,10
4,00	15,10
4,50	14,10
5,00	13,10
5,50	12,30
6,00	11,40
6,50	10,70
7,00	10,00

Der Dynamische Beiwert ist bereits berücksichtigt.
Zwischenwerte können interpoliert werden.

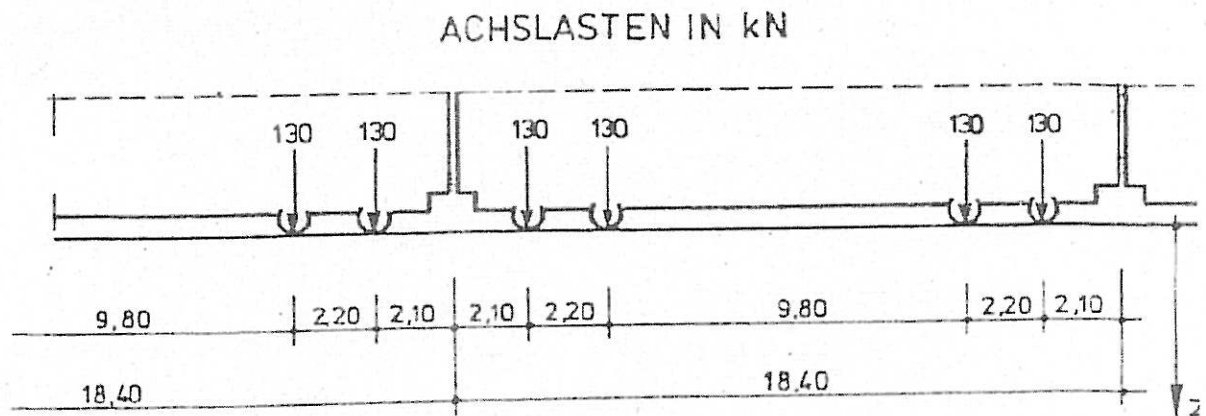


Bild 6 Lasten und Abmessungen des Stadtbahn - Regelfahrzeuges mit 2,65 m Breite und einem Gesamtgewicht von 520 kN

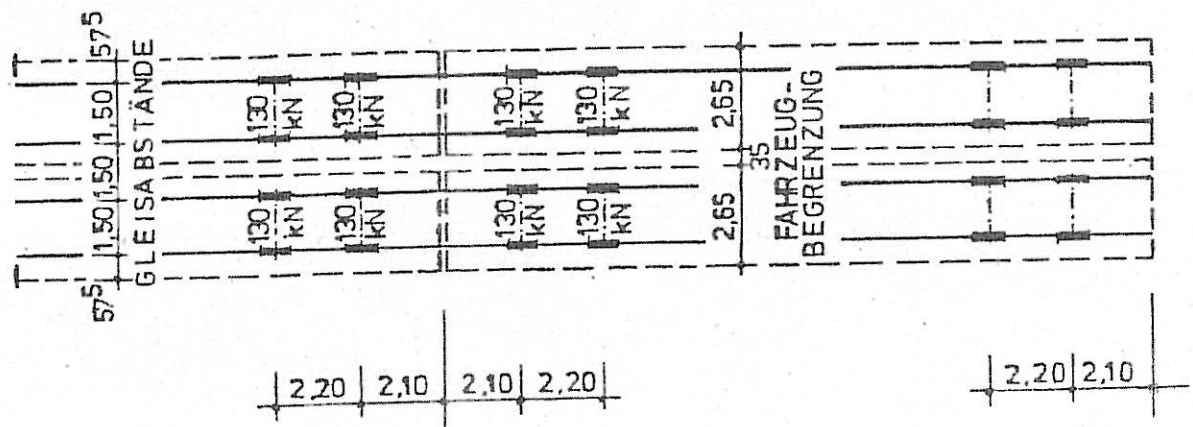


Bild 7 Anordnung der Stadtbahn - Regelfahrzeuge

2.3.1.2 Lasten aus Schienenverkehr im Tunnel

Für die von unterirdischem Stadtbahnverkehr befahrenen Tunneldecken ist als Belastung das Regelfahrzeug gemäß Bild 6 und 7 zugrunde zu legen. Die Lastverteilung ist in Abhängigkeit von der Oberbauausbildung mit der Technischen Aufsicht abzustimmen.

Der Dynamische Beiwert ist mit der Technischen Aufsicht abzustimmen.

2.3.1.3 Nutzlasten in öffentlichen Bereichen und in Betriebsräumen

Die Nutzlast für Treppen und Bahnsteigplatten beträgt $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$, für alle übrigen Fußgängerbereiche und Betriebsräume ist $q_k = 10,0 \text{ kN/m}^2$ anzusetzen.

Eigenlasten von unbelasteten Trennwänden mit einer Dicke bis zu 24 cm und einem Abstand von mindestens 5 m sind im Regelfall in der Flächenlast von $q_k = 10,0 \text{ kN/m}^2$ bereits enthalten. Ein gesonderter Lastansatz kann z. B. dann erforderlich werden, wenn Trennwände in der Nähe von Deckenaussparungen oder an Plattenrändern stehen.

Die für die Standflächen und Transportwege schwerer Einbauten in Betriebsräumen (z. B. Trafoanlagen) in Frage kommenden Einzel- und Flächenlasten sind bei den zuständigen Stellen zu erfragen und deren über $q_k = 10 \text{ kN/m}^2$ hinausgehender Lastanteil als Überlast anzusetzen. Für die dem Ein- und Ausbau von Rolltreppen dienenden Montagehaken ist eine Einzellast von $q_k = 100 \text{ kN}$ anzusetzen.

2.3.1.4 Belastung der Deckenabhängungen infolge Luftdruck und -sog

Deckenabhängungen sind für infolge des Fahrbetriebs entstehenden Luftdruck und -sog mit $q_{w,k} = 0,5 \text{ kN/m}^2$ zu belasten.

2.3.1.5 Vertikale Belastung aus Bebauung

Auf Tunnel unter Privatgrundstücken ist unter Berücksichtigung einer Schutzzone von 4,0 m Dicke eine Belastung nach Gleichung [1] anzusetzen.

$$q_k = 160 + 20 d \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad [1]$$

Wird bereits die volle Erdüberdeckung als ständige Last in einem Lastfall angesetzt, dann ist die Eigenlast des Erdaushubs von q_k abzuziehen.

Bei teilweise unter Privatgrundstücken liegenden Tunneln ist für die Belastung über dem Tunnel eine Lastausbreitung unter 45° gemäß Bild 8 anzunehmen.

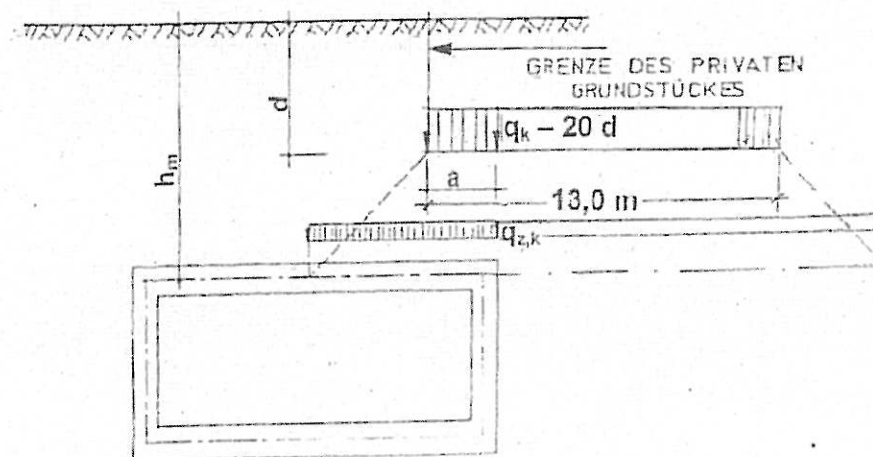


Bild 8 Vertikale Belastung infolge Bebauung

2.3.2 Horizontale veränderliche Einwirkungen

2.3.2.1 Differenzzerddruck

Die Differenz zwischen vollem Erddruck mit Grundwassereinfluß und dem halben Erddruck ohne Grundwassereinfluß wird als veränderliche Last berücksichtigt.

2.3.2.2 Wasserdruck

Der rechnerische Grundwasserspiegel (RGW) ist etwa 1,0 m über dem höchsten gemessenen Grundwasserstand anzunehmen. Der maßgebende Wert ist von der VGF und der Technischen Aufsicht gemeinsam festzulegen.

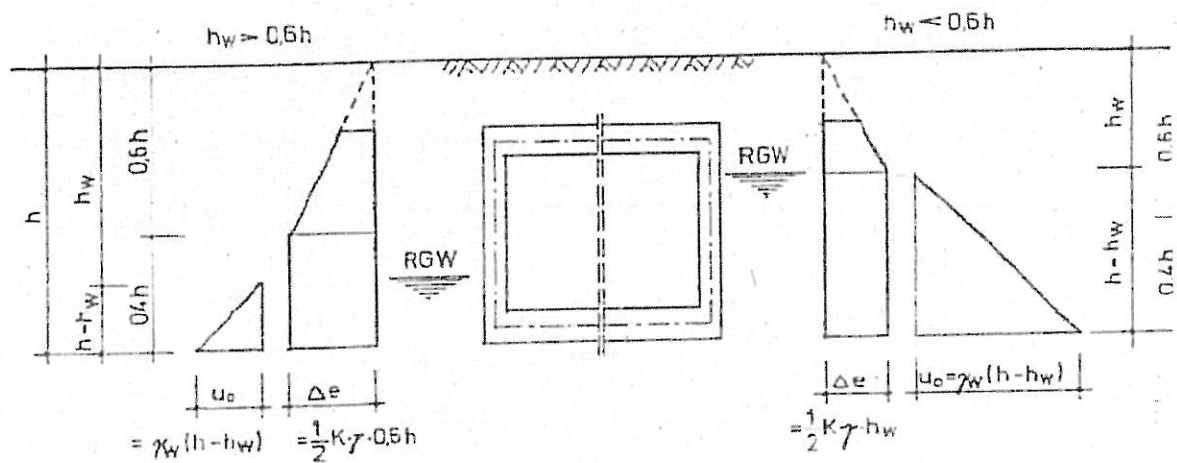


Bild 9 Differenzzerddruck und Wasserdruck

2.3.2.3 Erddruck aus Bebauung

2.3.2.3.1 Allgemeines

Der horizontale Erddruck aus Bebauung wird allgemein nach den Anlagen 1 bis 6 ermittelt.

Die darin aufgeführten horizontalen Erddrücke infolge lotrechter Einzel-, Linien- und Streifenlasten wurden nach den Gleichungen von Fröhlich ermittelt, wobei durch die Annahme des Konzentrationsfaktors $\nu = 3$ der elastisch isotrope Halbraum vorausgesetzt ist.

Ist die Verbindungslinie zwischen Fundamentvorderkante der Bebauung und U.K. Tunnel flacher als unter 30° geneigt, so braucht kein Erddruck aus Bebauung angesetzt zu werden.

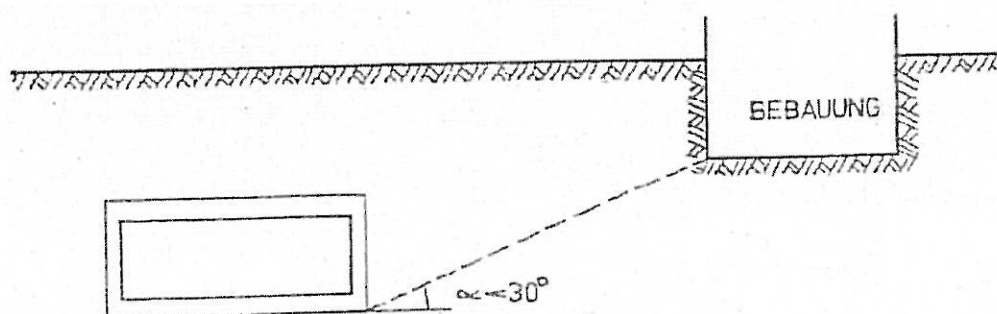


Bild 10 Lage der Bebauung, für die kein Erddruck aus Bebauung anzunehmen ist

2.3.2.3.2 Erddruck infolge vorhandener Bebauung

Für die übliche Althausbebauung mit Kellergeschoß und 4 - 5 Obergeschossen kann das Erddruckbild aus Anlage 2 entnommen werden.

Wenn sich die Fundamentlasten der Bebauung durch eine gemittelte Flächenlast ersetzen lassen, kann die Gesamtordinate des in einer bestimmten Tiefe wirkenden Erddrucks unmittelbar durch Multiplikation des aus Anlage 1 für die Einheitsflächenlast zu entnehmenden Wertes gefunden werden.

Bringen einzelne Fundamentstreifen oder Einzelfundamente stark unterschiedliche Lasten, die die Wahl einer gemittelten Flächenlast ausschließen, können die Einflüsse dieser Fundamente je für sich gesondert aus den Anlagen 4, 5 und 6 entnommen und addiert werden. Unter Umständen kann es zweckmäßig sein, auch hier eine Flächenlast zu wählen und nur die darüber hinausgehenden Lastanteile nach den Anlagen 4, 5 und 6 zu berücksichtigen. Diese Lasten werden um das Gewicht des Erdaushubs vermindert.

2.3.2.3.3 Erddruck infolge zukünftiger Standardbebauung

Ab Grenze Privatgrundstück ist der Baugrund auf $b = 13 \text{ m}$ horizontale Bebauungstiefe auf beiden Straßenseiten

in $d = 7 \text{ m}$ Tiefe unter Geländeoberkante mit einer Flächenlast von
 $q - \gamma \cdot d = 300 \text{ kN/m}^2 - 20 \text{ kN/m}^3 \cdot 7 \text{ m} = 160 \text{ kN/m}^2$ und

in $d = 3 \text{ m}$ Tiefe unter Geländeoberkante mit einer Flächenlast von
 $q - \gamma \cdot d = 220 \text{ kN/m}^2 - 20 \text{ kN/m}^3 \cdot 3 \text{ m} = 160 \text{ kN/m}^2$

zu belasten.

Der sich hieraus ergebende ungünstigere Erddruck oder gegebenenfalls eine Kombination beider Erddruckbilder sind als maßgebende Belastung auf beiden Seiten symmetrisch anzusetzen.

Bei einer zukünftigen Bebauung neben einem bestehenden Stadtbahntunnel ist in allen Bauphasen zu gewährleisten, dass das Tunnelbauwerk nicht überbeansprucht wird und keine unverträglichen Verschiebungen (vgl. 7.2) und Verformungen auftreten.

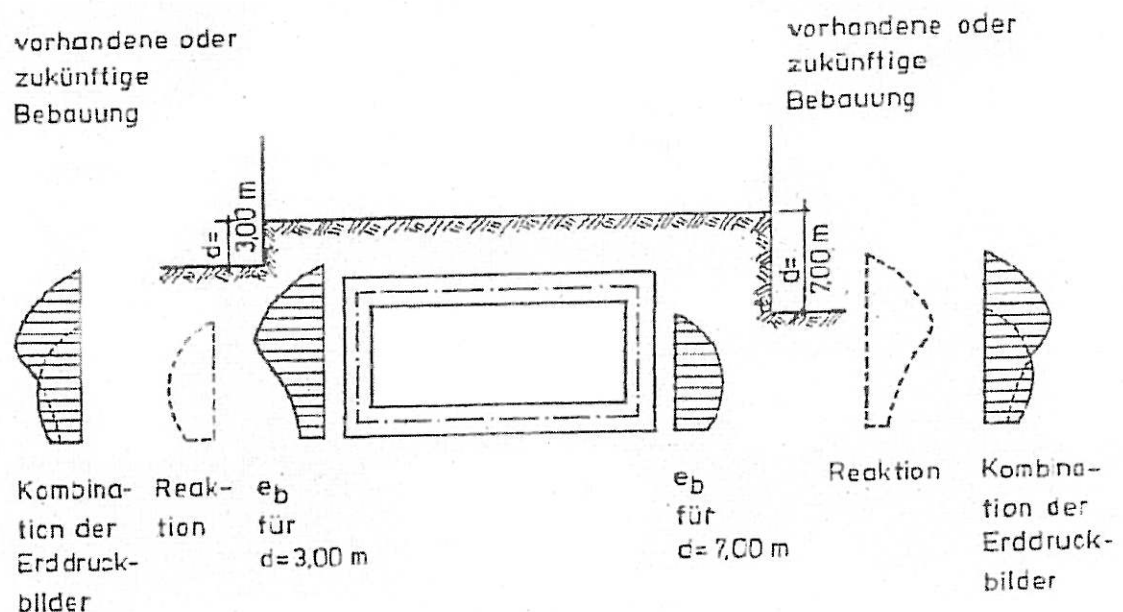


Bild 11 Erddruck aus Bebauung

2.3.2.4 Erddruck aus Verkehr neben dem Tunnel

Zur Ermittlung des Erddruckes infolge Verkehr neben dem Tunnel sind alternativ die Lasten gemäß 2.3.1.1 oder gem. DIN-Fachbericht 101, Abs. 4.9.1

$q_{ek} = 2 \times 240 / (3,0 \times 5,0) = 32,0 \text{ kN/m}^2$ anzusetzen. Sofern keine genaueren Nachweise geführt werden, kann die Erddruckverteilung gemäß Bild 13 angesetzt werden.

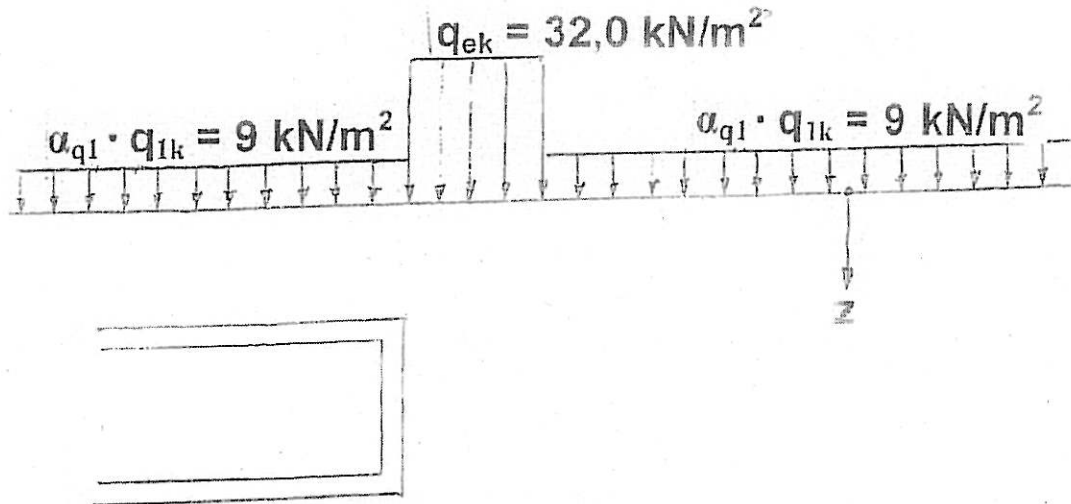


Bild 12 Belastung infolge Verkehr neben dem Tunnel

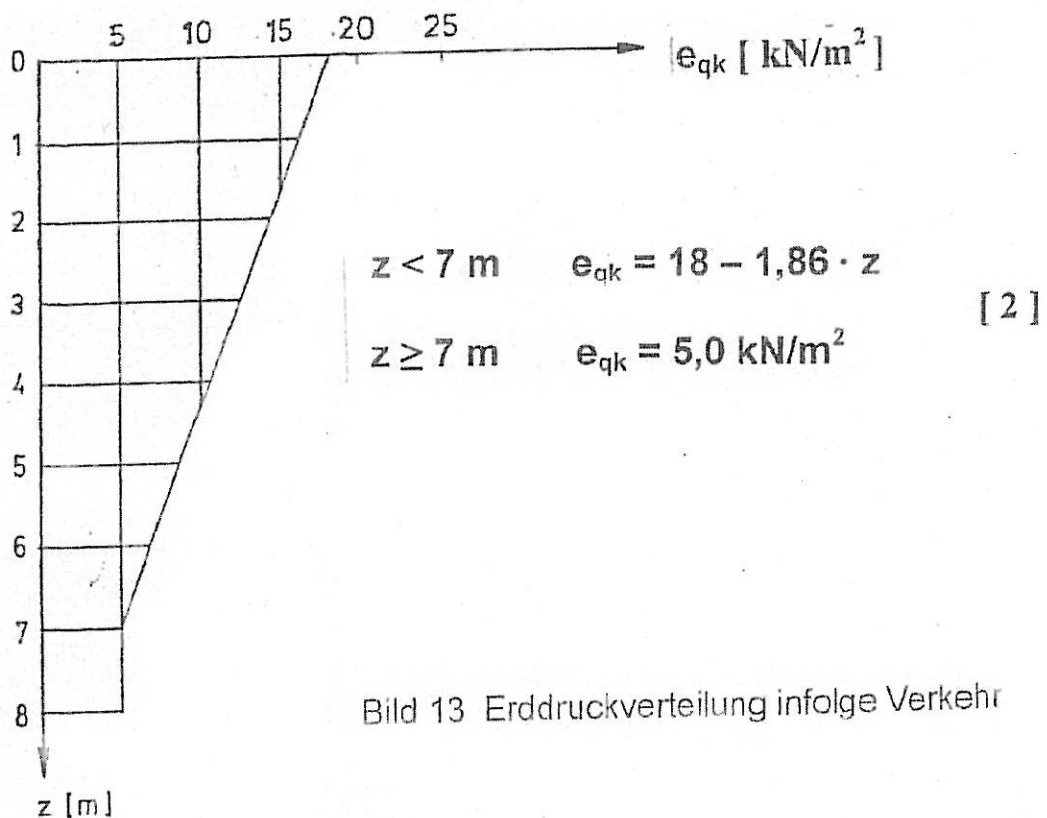


Bild 13 Erddruckverteilung infolge Verkehr

2.3.2.5 Erddruck bei Hinterfüllungen

Wegen Verdichtung von Hinterfüllungen ist – unabhängig von der Breite des Arbeitsraumes – der Erddruck aus Einwirkung 2 so zu erhöhen, dass der Erddruck aus Einw. 1 + Einw. 2 (s. 2.6.1) insgesamt $e_{vk} = 40 \text{ kN/m}^2$ beträgt.

2.3.2.6 Belastung der Wände und Wandverkleidungen infolge Luftdruck und -sog

Wände und Wandverkleidungen sind für infolge des Fahrbetriebs entstehenden Luftdruck und -sog mit $q_{wk} = 0,5 \text{ kN/m}^2$ horizontal zu belasten.

2.3.2.7 Belastung der Kabelkanalwände

Von OK – Decke oder OK – Sohle bis UK – Schiene ist eine horizontale Flächenlast von $e_{vk} = 40 \text{ kN/m}^2$ und am oberen Rand eine horizontale Linienlast von $q_{h,k} = 5 \text{ kN/m}$ anzunehmen.

2.3.2.8 Belastung der Brüstungen und Geländer

Brüstungen und Geländer sind mit folgenden horizontalen Nutzlasten in Höhe des Handlaufes aber nicht höher als 1,20 m über Standfläche zu belasten:

in öffentlichen Bereichen	$q_{hk} = \pm 1,0 \text{ kN/m}$
in allen anderen Bereichen	$q_{hk} = \pm 0,5 \text{ kN/m}$

2.3.3 Temperatur

In Anlehnung an die DB – Richtlinie 853, Abschnitt 2 (15) wird für die Beanspruchung aus Temperatureinwirkungen der überdeckten Tunnelbauwerke in allen Bereichen folgende lineare Temperaturverteilung in den erdberührten Außenbauteilen (A – Decke, Sohle, Außenwände) zugrunde gelegt:

erdseitig	: $+15^\circ$
innen	: $+25^\circ$

Unter Berücksichtigung der Aufstelltemperatur von $+10^\circ$ sind für die statische Berechnung eine gleichmäßige Temperaturerhöhung von $+10^\circ$ und eine Temperaturdifferenz zwischen innen und erdseitig von $+10^\circ$ anzusetzen.

Für nicht überdeckte Bauwerke ist die Temperaturverteilung mit der Technischen Aufsicht abzustimmen.

2.4 Vorübergehende Einwirkungen

2.4.1 Lasten aus Umsteifungen im Bauzustand

Werden während eines Bauzustandes beim Umsteifen Lasten auf ein Teilsystem des Bauwerks übertragen und nach Fertigstellung des Bauwerks weggenommen, so sind diese Lasten in einem gesonderten Lastfall entgegen ihrer ursprünglichen Kraft-richtung anzusetzen (Subtraktionsverfahren). Bei der Bemessung sind die Schnittkräfte, die bei der Belastung am Teilsystem ermittelt werden, zu beachten. Hierbei kann der günstige Einfluss des Kriechens berücksichtigt werden.

2.4.2 Lasten durch Bauzustände

Werden freigespannte Decken im Bauzustand höher belastet als für den Endzustand nachgewiesen (z. B. durch das Betonieren darüberliegender Decken), so ist ihre Standsicherheit nachzuweisen. Im Regelfall ist außer den Betonierlasten eine Nutzlast von $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ zu berücksichtigen.

2.5 Außergewöhnliche Einwirkungen

2.5.1 Anpralllasten auf Stützen und Wände

2.5.1.1 Bedingungen für den Nachweis

Ein Anprall von Schienenfahrzeugen auf Stützen und Wände ist nachzuweisen, wenn eine der unten erwähnten Standortbedingungen erfüllt ist, soweit nicht Bahnsteigplatten oder Platten für Zugangs- und Fluchtwege als Schutz angesehen werden können.

Standortbedingungen für den erforderlichen Anprallnachweis von Stützen und Wänden:

1. Neben oder zwischen Gleisen mit weniger als 300 m Krümmungsradius
2. Im Bereich von Weichen und Gleisverbindungen (Weichenanfang bis Weichenende)
3. Einzelstützen oder die erste und die letzte Stütze einer Stützenreihe

Wenn die Stützenabmessungen größer als die Grenzwerte gemäß DIN-Fachbericht 101, Abs. 4.7.2.1 (2) und Abs. 6.7.3 (3) sind, ist kein Nachweis für Anprall erforderlich.

2.5.1.2 Aufnahme der Anpralllasten durch die Stütze

In Anlehnung an DIN-Fachbericht 101, Abs. 4.7.2.1 (1) und Eurocode I sind folgende waagrecht und ruhend anzunehmende Ersatzlasten in 1,25 m Höhe über Schienenoberkante anzusetzen:

in Fahrtrichtung	1000 kN
rechtwinklig zur Fahrtrichtung	500 kN

Eine gleichzeitige Wirkung beider Ersatzlasten ist nicht anzunehmen.

Stehen die Stützen mit ihren Querschnittshauptachsen bis zu $\alpha = 30^\circ$ schiefwinklig zur Fahrtrichtung, so darf die Anpralllast in Richtung der entsprechenden Hauptachse angesetzt werden. Bei $\alpha > 30^\circ$ ist der Ansatz der Anpralllast mit der Technischen Aufsicht abzustimmen.

2.5.1.3 Ausfall einer Stütze oder eines Wandteiles

Kann der Tragfähigkeitsnachweis einer durch Anprall gefährdeten Stütze nicht erbracht werden oder ergibt sich für die Stütze unter Anpralllasten ein zu hoher, nicht mehr zulässiger Bewehrungsanteil, dann ist nachzuweisen, dass die Standsicherheit des gesamten Bauwerkes auch beim Ausfall der Stütze gewährleistet bleibt. Dabei ist von einem räumlichen Tragsystem auszugehen.

Ein gleichzeitiger Ausfall mehrerer Stützen ist nicht anzunehmen.

Bei Stahlbetonwänden mit $b \geq 3,0$ m und $d \leq 40$ cm ist mit dem Ausfall eines Wandteiles von $b' = 1,50$ m ab Wandende und $h = 2,0$ m ab Schienenoberkante zu rechnen.

Zur Bemessung siehe 8.8.3.

2.5.1.4 Anprall auf Umhausungen und Überdachungen

Bei Abständen zwischen Bordsteinkante und Umhausung oder Überdachung von weniger als 1,0 m ist ein 80 cm hoher Betonsockel erforderlich, der in Höhe seiner Oberkante mit der waagerechten Ersatzlast für den Seitenstoß von 100 kN zu belasten ist.

Bei Abständen von 1,0 m und mehr ist in 1,20 m Höhe eine waagerechte Linienlast von 5 kN/m anzusetzen

Anstelle der Anordnung eines 80 cm hohen Betonsockels bzw. der Bemessung auf eine in 1,20 m Höhe angreifende Linienlast von 5 kN/m kann die Standsicherheit bei Fahrzeuganprall unter der Annahme des Ausfalls einer Stütze mit der Sicherheit $\gamma = 1,00$ für das restliche Tragwerk nachgewiesen werden.

Es ist jedoch in jedem Fall ein mindestens 20 cm hoher Betonsockel erforderlich, der in Höhe seiner Oberkante mit der waagerechten Ersatzlast für den Seitenstoß von 50 kN zu belasten ist.

2.5.2 Brandbeanspruchung

Nach den zur Zeit gültigen "Vorgaben zu Brandsimulations- und Evakuierungsrechnungen für neu zu errichtende U-Bahnstationen in Frankfurt am Main" ist von einer Grenztemperatur für länger als 15 Minuten dauernde Brandeinwirkung von 50° C auszugehen.

Unter Berücksichtigung der ZTV – Ing. Teil 5, Abschnitt 2, Bild 5.2.2 kann davon ausgegangen werden, dass an der erdberührten Bauteilaußenseite bei 50° C Innentemperatur mindestens +10° C gegeben sind.

Der Standsicherheitsnachweis ist gem. DB-Richtlinie 853, Modul 853.1001, Ausgabe 8.03, Abs. (26) mit der vereinfachten Schnittgrößenermittlung und einem Ersatztemperaturunterschied von $50^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 40^\circ\text{C}$ durchzuführen.

2.6 Kombination der Einwirkungen

2.6.1 Zusammenfassung von Lasten

Die verschiedenen Lasten auf das Tunnelbauwerk werden im allgemeinen zu wenigen Einwirkungen zusammengefasst.

STÄNDIGE EINWIRKUNGEN:

Einwirkung 1 Ständige Lasten (2.2)

VERÄNDERLICHE EINWIRKUNGEN:

Einwirkung 2 Horizontale Lasten (2.3.2.1 – 2.3.2.5)

Einwirkung 3 (4, 5...) Vertikale Lasten auf der A – Decke:
Lasten aus oberirdischem Verkehr (2.3.1.1) und
Vertikale Belastung aus Bebauung (2.3.1.5)
Auf einen feldweisen Ansatz der Ersatzlasten aus oberirdi-
schem Verkehr kann bei Spannweiten $l < 10,0$ m und
Überdeckungen $h_m > 3,0$ m verzichtet werden.

Weitere Ein-
wirkungen Vertikale Lasten auf Zwischendecken
(feldweise in ungünstigster Stellung anzusetzen):
Lasten aus Schienenverkehr im Tunnel (2.3.1.2)
und Nutzlasten (2.3.1.3).

Einwirkung T Temperatureinflüsse (2.3.3)

VORÜBERGEHENDE EINWIRKUNGEN:

Einwirkung U Lasten aus Umsteifungen im Bauzustand (2.4.1)

Einwirkung B Lasten aus Bauzuständen (2.4.2)

AUSSERGEWÖHNLICHE EINWIRKUNGEN:

Einwirkung A Anpralllasten (2.5.1)

Einwirkung BR Brandbeanspruchung (2.5.2)

Die Einwirkungen sind auf das statische System anzusetzen. Einwirkungen an den Eckknoten, die außerhalb der Systemlinie angreifen, sind zu berücksichtigen.

2.6.2 Teilsicherheiten und ψ – Beiwerte im Grenzzustand der Tragfähigkeit

2.6.2.1 Für Einwirkungen und Beanspruchungen

Für den Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit werden die Teilsicherheitsbeiwerte in der ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation abweichend von DIN 1045 – 1 und DIN 1054 folgendermaßen festgelegt:

STÄNDIGE EINWIRKUNGEN:

Einwirkung 1: Ungünstig wirkend $\gamma_G = 1,35$; günstig wirkend $\gamma_G = 1,00$;
 $\psi = 1,00$

VERÄNDERLICHE EINWIRKUNGEN:

Einwirkung 2: Ungünstig wirkend $\gamma_Q = 1,35$; günstig wirkend $\gamma_Q = 0,00$;
 $\psi = 1,00$

Alle weiteren veränderlichen Einwirkungen mit Ausnahme
 von T: Ungünstig wirkend $\gamma_Q = 1,50$; günstig wirkend $\gamma_Q = 0,00$;
 $\psi = 1,00$

Einwirkung T: Ungünstig wirkend $\gamma_Q = 1,00$ (gem. Erläuterungen zu
 DIN 1045 – 1, Abs. 5.3.3 (3) bei Steifigkeitsansatz nach Zustand I);
 günstig wirkend $\gamma_Q = 0,00$; $\psi = 0,50$

VORÜBERGEHENDE EINWIRKUNGEN:

Einw. U u. B: Ungünstig wirkend $\gamma_Q = 1,35$; günstig wirkend $\gamma_Q = 0,00$;
 $\psi = 1,00$

Für die außergewöhnliche Bemessungssituation gilt DIN – Fachbericht 101, Anhang C, Tabelle C1. Es ist zu beachten, dass bei Ansatz der Brandbeanspruchung nach 2.5.2 nicht gleichzeitig eine Temperatureinwirkung nach 2.3.3 berücksichtigt werden darf.

2.6.2.2 Für die Bestimmung des Tragwiderstandes von Beton und Stahl

Die DIN 1054, Abs. 7.5.4 verweist für die Teilsicherheitsbeiwerte zur Bestimmung des Tragwiderstandes der Baustoffe auf die jeweiligen Bauartnormen. Für alle Stahlbetonbauteile werden die Werte aus DIN 1045 – 1, Tabelle 2 zugrunde gelegt.

2.6.3 Teilsicherheiten und ψ – Beiwerte im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Der Teilsicherheitsbeiwert für alle Einwirkungen ist mit $\gamma = 1,00$ anzusetzen.

Es gelten die ψ – Beiwerte gemäß 2.6.2.1.

2.7 Sohldruckverteilung

Eine lineare Sohldruckverteilung kann angesetzt werden solange $G_{k, \text{stb}} < 1,2 A_k$ (siehe DIN 1054, Abs. 11.3.1) oder die elastische Länge

$$\lambda = l \cdot \sqrt[4]{k_{s,k} \cdot b / (4E_c \cdot I)} < 1,5 \quad \text{ist.} \quad [3]$$

In Gleichung [3] bedeuten

- $k_{s,k}$ charakteristischer Wert des Bettungsmoduls
- E_c Elastizitätsmodul des Betons
- l Spannweite der Platte
- b Breite der Platte oder des Plattenstreifens

Zur Ermittlung der elastischen Länge λ kann der Bettungsmodul mit $k_{s,k} = 5000 \text{ kN/m}^3$ eingesetzt werden.

Der Bettungsmodul für die Berechnung ist mit dem Fachplaner für Geotechnik abzustimmen.

2.8 Mitwirkung der Baugrubenwände bei der Lastabtragung des Tunnelbauwerks

Entsprechend dauerhafte Baugrubenwände können unter Berücksichtigung besonderer betontechnologischer und konstruktiver Anforderungen auch zur Lastabtragung im Endzustand herangezogen werden.

Die Baugrubenwände übernehmen im Endzustand einen Teil des Erddruckes aus Bodeneigengewicht und Verkehr, die Tunnelwände übernehmen den vollen Wasserdruck und einen Teil der Belastung aus dem Erddruck.

Die Lastaufteilung ist abhängig von der Einzelsteifigkeit und dem unterschiedlichen statischen System.

Eine solche Lösung muss in jedem Fall mit der Technischen Aufsicht abgestimmt werden.

3. SICHERSTELLUNG DER DAUERHAFTIGKEIT

3.1 Expositionsklassen

Wenn vom Bauherrn keine anderen Expositionsklassen vorgegeben werden, sind folgende Mindestexpositionsklassen zu wählen:

- a) Erdberührte Bauteiloberflächen – Klasse XC 4 bzw. Festlegung nach Grundwasseranalyse
- b) Innenbauteile von untergeordneter Bedeutung – Klasse XC 1

Abweichend von DIN 1045 – 1, Tab. 3 ist hier die Mindestbetonfestigkeitsklasse C20/25 zu berücksichtigen.

- c) Sonstige Bauteiloberflächen – Klasse XC 3

3.2 Betondeckung

Es gilt DIN 1045 – 1, Abs. 6.3.

Die Betondeckung darf in Sonderfällen (z. B. Ungenauigkeiten in Baugrubenwand) größer sein. Ab einer Dicke von 10 cm ist jedoch eine Oberflächenbewehrung nach DIN 1045-1, Abs.13.2.5 anzuordnen.

Im Gleisbereich ist bei Schotteroberbau eine Betondeckung der oberen Bewehrungslage von 4,0 cm vorzusehen.

Es ist anzustreben, die Querbewehrung außen anzuordnen.

Bei Haupttraggliedern ist die Feuerwiderstandsklasse F90 – A einzuhalten. Insbesondere bei Decken über der Fahrbahn ist 8.11 zu beachten.

4. GRUNDLAGEN UND VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG DER SCHNITTGRÖSSEN

4.1 Allgemeine Systemannahmen

Zum Beginn der statischen Berechnung sollten die Systemannahmen mit der Technischen Aufsicht abgestimmt werden.

4.2 Imperfektionen

Die aus Imperfektionen resultierenden Auswirkungen auf das Gesamttragwerk sind für seitlich im Boden gebettete Tunnelbauwerke in der Regel vernachlässigbar.

Für Einzeldruckglieder ist jedoch DIN 1045 – 1, Abs. 8.6.4 mit $h_{\text{ges}} = l_{\text{col}}$ zu berücksichtigen.

4.3 Berücksichtigung der Torsionssteifigkeit

Abweichend von DIN – Fachbericht 102, Abs. 4.3.3.1 (1) ist die Torsionssteifigkeit von Trägern (z. B. Balken, Plattenbalken) gemäß DIN 1045 – 1, Abs. 10.4.1 nur dann zu berücksichtigen, wenn diese für das Gleichgewicht notwendig ist. Wenn Torsionsmomente allein aus den Verträglichkeitsbedingungen statisch unbestimmter Tragwerke resultieren, dürfen sie vernachlässigt werden.

4.4 Anschluss von Innenwänden und Stützen

Bei der Ermittlung der Schnittgrößen ist der biegesteife Anschluss von Innenwänden und Stützen zu berücksichtigen.

Abweichungen sind mit der Technischen Aufsicht abzustimmen.

4.5 Linear – elastische Berechnung

4.5.1 Umlagerungen

Es wird empfohlen, eine linear – elastische Berechnung ohne Umlagerungen durchzuführen.

4.5.2 Mindestschnittgrößen

4.5.2.1 Eckmoment und Endeinspannmoment

Das aus der Rechnung zu entnehmende Moment M_A am Anschnitt ist mit dem Moment M_A' in Anlehnung an DB-Richtlinie 853, Modul 853.4202, Abs. 2 (7) nach Gleichung [4]

$$M_A' = M_{St} \cdot l_w^2 / l^2 \quad [4]$$

und – unabhängig vom Grad der Einspannung – mit dem für die lichte Weite l_w ermittelten 0,65-fachen Einspannmoment des beidseitig starr eingespannten Stabes M_A^0 gem. DIN 1045–1, Abs. 8.2(5) zu vergleichen.

Für Gleichlast gilt:

$$M_A^0 = 0,65 \cdot (g + q) \cdot l_w^2 / 12. \quad [5]$$

Der größte positive und der absolut größte negative Wert sind maßgebend. Die Momente nach Gleichungen [4] und [5] sind auch bei genauer Ermittlung der elastischen Einspannung zu berücksichtigen.

Es ist außerdem in Anlehnung an DB-Richtlinie 853, Modul 853.4202 Abs. 2 (7), der Schnitt in der Diagonalen für das Eckmoment zu bemessen. Der Randabstand der Bewehrung in der Ecke ist zu berücksichtigen.

4.5.2.2 Stützmoment

Bei der Bemessung einer Platte oder eines Balkens mit direkter Lagerung können die Bemessungsmomente gem. DIN 1045 – 1, Abs. 7.3.2 (2) oder 7.3.2 (3) angesetzt werden. Es sind jedoch mindestens die Momente nach 4.5.2.1 zu berücksichtigen.

Wird eine Platte durch einen Unterzug mit $h_1 < 2h_2$ (gemäß DIN 1045 – 1, Bild 8) unterstützt, ist auch eine Bemessung in der Achse des Unterzuges mit dem vollen Stützmoment erforderlich. Im Bereich des Unterzuges darf die Plattendicke rechnerisch vom Anschnitt bis zur Achse mit 1 : 3 ansteigend angenommen werden.

4.5.2.3 Feldmoment

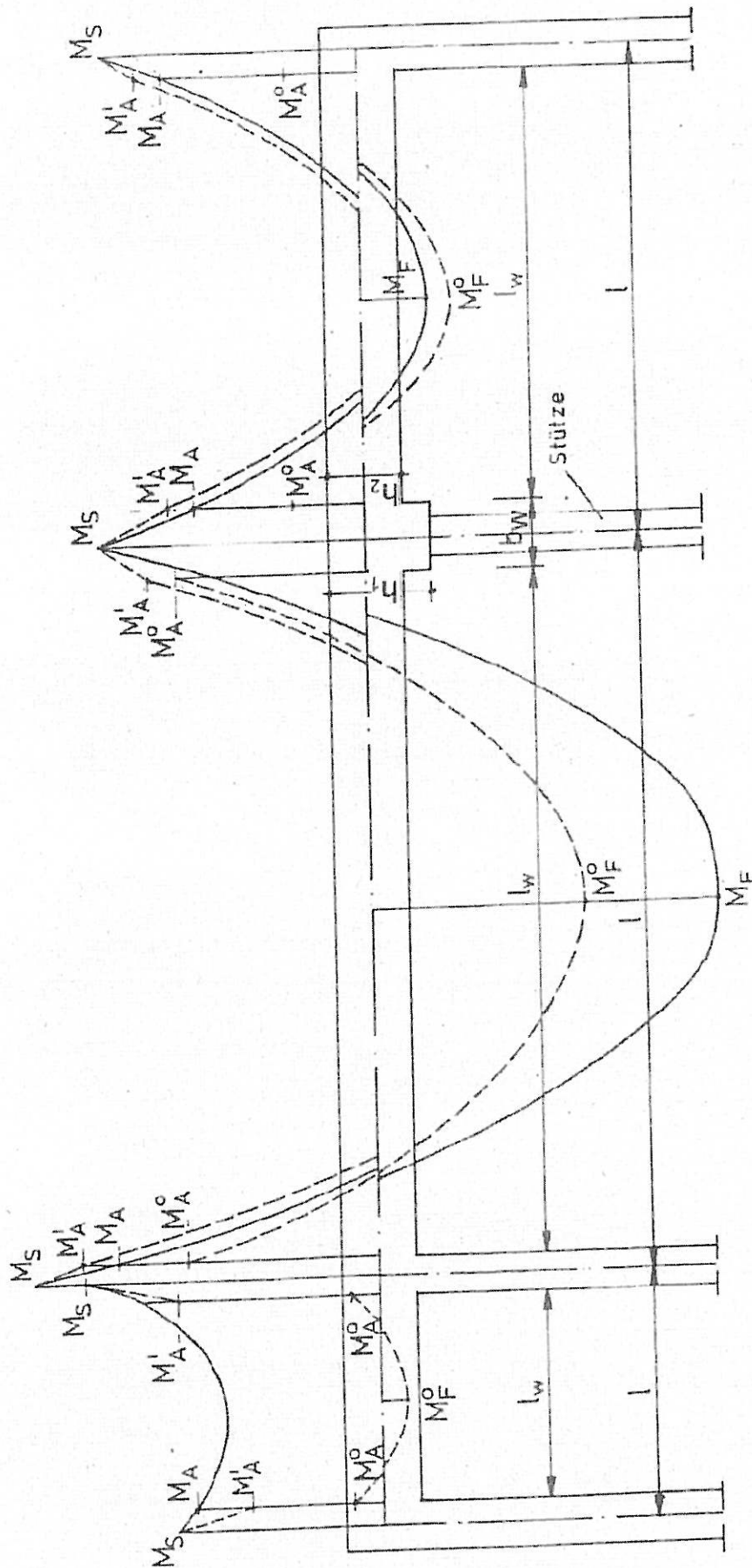
Auch bei genauer Berücksichtigung der elastischen Einspannung in die Unterstützung ist mindestens das Feldmoment M_F^0 des beidseitig starr eingespannten Stabes zu berücksichtigen.

Für Gleichlast gilt: $M_F^0 = (g + q) \cdot l^2 / 24 \quad [6]$

4.5.2.4 Skizze der Bemessungsmomente

In Bild 14 ist der Momentenverlauf nach obigen Angaben dargestellt.

Die Linie der wirksamen Zugkraft F_{sd} zur Ermittlung der Bewehrungsabstufung ist an die maßgebende Momentengrenzlinie anzupassen.



INDIREKTE
LAGERUNG

Unterzug mit
 $h_2 > h_1 / 2$

DIREKTE
LAGERUNG

Wand oder Unter-
zug mit $h_2 \leq h_1 / 2$

BILD 14 BEMESSUNGSMOMENTE

4.6 Schlanke Bauteile unter Längsdruck

In der Regel ist für die Ersatzlänge l_0 für das Modellstützenverfahren die Systemlänge anzunehmen.

Decken- und Sohlplatten mit einer Schlankheit von $\lambda \leq 45$ bei unverschieblichem System müssen in der Regel nicht nach DIN 1045 – 1, Abs. 8.6 nachgewiesen werden.

Imperfektionen sind nach 4.2 anzusetzen.

5. BAUSTOFFE

5.1 Schwinden und Kriechen

Die Lastfälle Schwinden und Kriechen brauchen im Allgemeinen bei Bauteilen aus Stahlbeton nicht berücksichtigt zu werden.

5.2 Betonstahl

Es darf nur Betonstahl mit hoher Duktilität (Kurzzeichen B) eingebaut werden.

Bei der Bemessung ist das Verhältnis von $(f_t / f_y)_k = 1,08$ zu berücksichtigen.

6. NACHWEIS DER TRAGFÄHIGKEIT GZ 1

Es gelten die Regelungen der DIN 1054:2005 - 01!

6.1 Zum Grenzzustand GZ 1A

6.1.1 Sicherheit gegen Aufschwimmen

Bei der Ermittlung der günstigen ständigen Einwirkungen bleibt das Gewicht des Schotterbettes unberücksichtigt.

Die tatsächliche Höhe der Überschüttung ist um 40 cm zu vermindern.

Das Gewicht von Füllbeton und Kabelkanälen darf bei den günstigen ständigen Einwirkungen berücksichtigt werden.

Durch entsprechende konstruktive Maßnahmen kann das Gewicht der Baugrubenumschließung zur Sicherheit gegen Aufschwimmen herangezogen werden.

Liegen Tunnel unter Privatgrundstücken, so ist unter Berücksichtigung der Schutzzone eine Mindestauflast anzugeben, bei welcher die Sicherheit gegen Aufschwimmen gewährleistet ist.

Der Nachweis ist nach DIN 1054:2005-01, Abs. 11.3 zu führen.

Es sind die Teilsicherheitsbeiwerte gem. DIN 1055 – 100, Tab. A3 zu berücksichtigen: $\gamma_{Gsup} = 1,05$; $\gamma_{Ginf} = 0,95$

Für Wasser gilt jedoch immer $\gamma_G = 1,00$.

6.1.2 Nachweis der Sicherheit gegen Kippen

Im Allgemeinen tritt bei den Tunnelbauwerken keine klaffende Fuge auf. Ist in Sonderfällen ein Nachweis erforderlich, so ist er nach DIN 1054:2005-01, Abs. 7.5.1 (und 7.6.1 im GZ 2) zu führen. Dabei braucht der Wasserdruck nicht zu den ständigen Lasten gezählt zu werden, so dass bei Ansatz des Wasserdruckes ein Klaffen der Sohlfuge bis zum Schwerpunkt der Sohlfläche zulässig ist.

Es sind die Teilsicherheitsbeiwerte gem. DIN 1055 – 100, Tab. A3 zu berücksichtigen: $\gamma_{Gsup} = 1,05$; $\gamma_{Ginf} = 0,95$

Für Wasser gilt jedoch immer $\gamma_G = 1,00$.

6.2 Zum Grenzzustand GZ 1B

6.2.1 Nachweis von Bauwerken und Bauteilen

Es gelten die Teilsicherheiten und ψ – Beiwerte gem. 2.6.2.

Regelungen abweichend von den einschlägigen Vorschriften und Richtlinien sind 3., 4., 5. und 8. zu entnehmen.

6.2.2 Nachweis der Gleitsicherheit

Bei bituminöser Tunnelabdichtung beträgt der rechnerische Sohlreibungswinkel $\delta_{s,k} = 0$. Kann für Tunnelblöcke, die einseitigen Erddruck aufzunehmen haben oder deren Sohle im Gefälle liegt, die Weiterleitung der Horizontalkräfte in angrenzende Blöcke nicht sichergestellt werden, so ist durch geeignete konstruktive Maßnahmen (Sohlnocken) der Nachweis der Gleitsicherheit gemäß DIN 1054:2005-01, Abs. 7.4.3 und 7.5.3 zu ermöglichen !

Um die Übertragung der Kräfte in den Unterbeton zu gewährleisten, ist die Unterbetonschicht unter der Sohle mindestens 15 cm dick in Beton der Güte C 25/30 auszubilden und zusätzlich konstruktiv zu bewehren.

Es ist aber auch 7.2 zu beachten.

7. NACHWEIS DER GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT GZ 2

7.1 Zulässige Lage der Sohldruckresultierenden

Unter den Bedingungen von 6.1.2 ist nachzuweisen, dass die Sohldruckresultierende unter ständigen Einwirkungen innerhalb der 1. Kernweite liegt.

7.2 Verschiebungen in der Sohlfläche, Setzungen und Verdrehungen

Sind in Ausnahmefällen Verschiebungen in der Sohlfläche, Setzungen oder Verdrehungen der Tunnelbauwerke oder benachbarter Bauwerke nachzuweisen, ist unter Beachtung von DIN – 1054:2005-01, Abs. 7.6.2, 7.6.3 oder 7.6.4 ein Fachplaner für Geotechnik zu Rate zu ziehen.

Die zulässigen Verformungen von Fugenbändern und Außenhautabdichtungen sind bei Fachfirmen zu erfragen.

7.3 Begrenzung der Betondruckspannungen

Der Nachweis der Begrenzung der Betondruckspannungen gem. DIN – 1045 – 1, Abs. 11.1.2 ist in der Regel nicht erforderlich.

In Sonderfällen ist der Nachweis mit der Technischen Aufsicht abzustimmen.

7.4 Begrenzung der Betonstahlspannungen

Der Nachweis der Begrenzung der Betonstahlspannungen gem. DIN – 1045 – 1, Abs. 11.1.3 kann bei einem linearen Berechnungsverfahren entfallen (siehe Erläuterungen zu DIN – 1045 – 1 im Heft 525 des DAfStb).

7.5 Begrenzung der Rissbreiten

Abweichend von den Tabellen 18 und 19 der DIN 1045 – 1 wird für erdberührte Oberflächen ohne Außenhautabdichtung ein Rechenwert der Rissbreite von $w_k = 0,2 \text{ mm}$ zugrunde gelegt.

Ist das Verhältnis

$$\text{Druckhöhe des Wassers} / \text{Bauteildicke} > 10$$

wird auf die DAfStb – Richtlinie "Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton", Tab. 2 hingewiesen. Der Rechenwert der Rissbreite ist in diesem Fall mit der Technischen Aufsicht abzustimmen.

Ein Rechenwert der Rissbreite von $w_k = 0,2 \text{ mm}$ ist auch für Bauteiloberflächen der Expositionsklassen XC4 und XD1 gem. DIN 1045 – 1, Tabelle 3 anzunehmen.

Für alle übrigen Bauteile ist (abweichend von ARS 11/2003) $w_k = 0,3$ mm maßgebend.

Abweichend von 2.6.3 sind zur Ermittlung der Stahlspannung oder Stahldehnung für $w_k = 0,2$ mm die häufige und für $w_k = 0,3$ mm die quasi – ständige Einwirkungskombination gem. DIN 1045 – 1, Tabelle 18 maßgebend.

Die häufige Einwirkungskombination berücksichtigt die ständigen Einwirkungen zuzüglich 75% der ungünstig wirkenden veränderlichen Einwirkungen ($\gamma_G = \gamma_Q = 1,00$). Die quasi – ständige Einwirkungskombination berücksichtigt die ständigen Einwirkungen zuzüglich 20% der ungünstig wirkenden veränderlichen Einwirkungen ($\gamma_G = \gamma_Q = 1,00$).

Regelungen, die die DIN 1045 – 1, Abs. 11.2.2 betreffen, werden unter 8.9 aufgeführt.

7.6 Begrenzung der Verformungen

Bei Systemwechsel an Blockfugen ist eine verträgliche Differenz der Verformungen anzustreben, um ein Ablösen der Abdichtung, ein Abreißen von Fugenbändern oder Schwierigkeiten beim Ausbau zu vermeiden.

Hierzu ist auch 7.2 zu beachten.

Die zulässigen Verformungen von Fugenbändern und Außenhautabdichtungen sind bei Fachfirmen zu erfragen.

8. TUNNELBAUSPEZIFISCHE BERECHNUNGS- UND KONSTRUKTIONSREGELN FÜR STAHLBETONBAUTEILE

8.1 Nachweis gegen Ermüdung

Der Nachweis gegen Ermüdung ist für A – Decken und die Anschnitte der Außenwände an den A – Decken bei Überdeckungen $h_0 < 1,0$ m über OK – Decke sowie für befahrbare Zwischendecken zu führen (siehe hierzu Abschnitt 4.3.7.1 DIN-Fachbericht 102)

Die Nachweisführung darf nach DIN 1045 – 1, Abs. 10.8.4 erfolgen.

Durchstanzen ist dabei analog zur Querkraftbeanspruchung nachzuweisen (DIN-Fachbericht 102, Abs. 4.3.7.4 (104)).

Es sind die Teilsicherheitsbeiwerte gem. DIN 1045 – 1, Abs.5.3.3.(2) und Tabelle 2, Zeile 3 maßgebend.

8.2 Nachweis der Querkrafttragfähigkeit

Bei Platten, die auf deckengleichen Unterzügen gelagert sind, ist als Bemessungswert die Querkraft in der Achse des deckengleichen Unterzuges maßgebend.

Bei Platten, die auf Unterzügen mit $h_1 < 2h_2$ oder auf Überzügen gelagert sind, ist als Bemessungswert die Querkraft am Auflagerrand anzusetzen.

8.3 Nachweis gegen Durchstanzen

Bei der Ermittlung des Bemessungswertes der gesamten aufzunehmenden Querkraft V_{Ed} darf die in DIN 1045 – 1, Abs. 10.5.3 (4) angegebene Abminderung bei allen Sohlplatten und bei A – Decken mit einer mindestens 1,50 m hohen Erdüberdeckung ($h_0 \geq 1,50$ m) berücksichtigt werden.

Am Wandende oder am Ende eines Unterzuges bei einer unterbrochenen Unterstützung ist der kritische Rundschnitt für den Durchstanznachweis nach Bild 38 der DIN 1045 – 1 anzusetzen.

Als Beiwert zur Berücksichtigung der nichtrotationssymmetrischen Querkraftverteilung im Rundschnitt darf gem. DIN 1045 – 1, Abs.10.5.3 $\beta = 1,40$ angenommen werden, sofern kein genauerer Nachweis geführt wird.

8.4 Platten mit punktförmiger Unterstützung und mit unterbrochener linienförmiger Unterstützung

Die erforderliche untere Biegebewehrung im Bereich der Stützen ist entsprechend den Erläuterungen zu DIN 1045 – 1, Abs.13.3.2 (12) (siehe Heft 525 des DAfStb) zu ermitteln.

8.5 Balken und Plattenbalken

8.5.1 Breite der Druckzone

Unter Berücksichtigung von DIN 1045 – 1, Abs. 10.2 (6) ist bei der Biegebemessung von Plattenbalken als Breite der Druckzone in allen Fällen nicht mehr als die Stegbreite anzusetzen.

8.5.2 Gedrungene Balken

Balken mit einem Abmessungsverhältnis $l/h < 8$ sind mit einem durchgehenden Zugband ohne Abstufung auszubilden.

8.5.3 Aufhängebewehrung

Bei indirekter Auflagerung von Platten auf Balken kann die erforderliche Schubbewehrung der Platte auf die Aufhängebewehrung gem. DIN 1045 – 1, Abs. 13.11 angerechnet werden.

Auch bei Auflagerung von Platten auf Überzügen ist eine Aufhängebewehrung gem. DIN 1045 – 1, Abs. 13.11 erforderlich.

8.6 Wände

8.6.1 Wände mit unterbrochener horizontaler Unterstützung

Für Wände, die durch die anschließenden Deckenplatten nicht kontinuierlich unterstützt sind, gelten die Hinweise für Platten mit unterbrochener Unterstützung nach 8.3 und 8.4.

8.6.2 Anprall gegen Wände

Ist, wie unter 2.5.1.3 erläutert, bei Anprall vom Ausfall eines Wandteiles auszugehen, muss die verbleibende Wand gemäß 8.8.3 bemessen werden.

8.6.3 Ausbildung von Arbeitsfugen

Arbeitsfugen sind gemäß DAfStb – Richtlinie WU – Beton (Ausg. Nov. 2003), Abs. 9.2 (3) auszubilden. Bei Beachtung dieser Maßnahmen kann auf eine zusätzliche Schubbewehrung verzichtet werden.

8.7 Wandartige Träger

8.7.1 Definition

Wandartige Träger sind in DIN 1045 – 1, Abs. 3.1.24 definiert.

8.7.2 Schnittgrößen und Auflagerkräfte

Zur Ermittlung der Schnittgrößen und Auflagerkräfte ist Heft 240 des DAfStb, Abs. 4.1 zu beachten.

8.7.3 Begrenzung der Bemessungsdruckspannungen im Auflagerbereich unmittelbar gestützter wandartiger Träger

8.7.3.1 Kriterien für die Nachweise

Falls die Bemessungsdruckspannung gem. Heft 525 des DAfStb zu 10.6.2.(2b) mit $\sigma_{Rd,max} = 0,60 f_{cd}$ nicht eingehalten wird, ist bei Innenauflagern entweder der Nachweis der zulässigen Teilflächenbelastung gem. DIN 1045 – 1, Abs. 10.7 zu erbringen oder Druckbewehrung anzuordnen.

8.7.3.2 Ermittlung der erforderlichen Druckbewehrung im Auflagerbereich

In Anlehnung an Heft 240 des DAfStb, Abs. 4.3 beträgt die zulässige Auflagerkraft für Innen- und Endauflager im Grenzzustand der Tragfähigkeit:

$$\text{zul } F_d = 0,6 f_{cd} A_c + f_{yd} A_s \quad [7]$$

Die erforderliche Druckbewehrung im Auflagerbereich ergibt sich somit zu

$$\text{erf } A_s = (F_d - 0,6 f_{cd} A_c) / f_{yd} . \quad [8]$$

8.7.4 Mittelbare Stützung und Auflagerverstärkungen

Für wandartige Träger, die mittelbar über Querscheiben oder Lisenen gestützt werden gilt Heft 240 des DAfStb, Abs. 4.2.3. Der Nachweis der zulässigen Querkraft ist in diesem Fall nach Abs. 4.3 zu führen.

8.7.5 Aufhängebewehrung und Besonderheiten bei der Bewehrungsführung

Es sind die Abs. 4.2.2 und 4.4 des Heftes 240 des DAfStb zu beachten.

8.8 Stützen

8.8.1 Nachweis nach dem Modellstützenverfahren

Im Regelfall sind die Stützen nach 4.6 nachzuweisen.

Schließen Stützen an Decken oder Sohlbalken an, die in Tunnellängsrichtung verlaufen, so ist für den Nachweis nach dem Modellstützenverfahren in Längsrichtung der Balken die lichte Höhe der Stütze als Ersatzlänge l_0 anzusetzen.

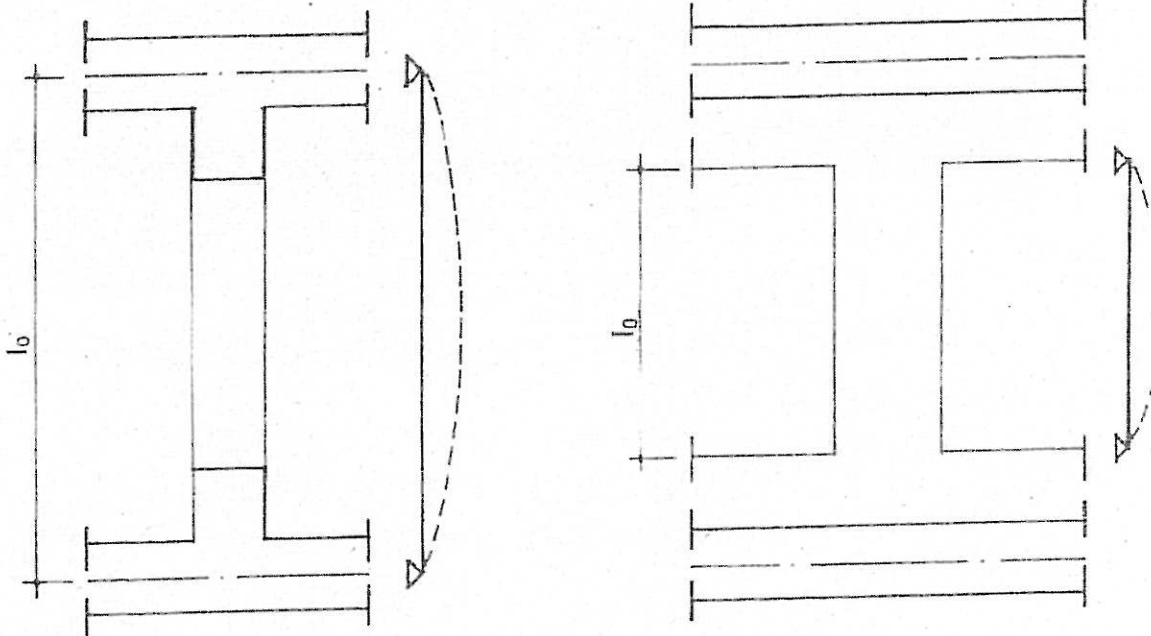


Bild 15 Ersatzlängen der Stützen

8.8.2 Bemessung und Bewehrung der Stützen für den Anprall von Fahrzeugen

Nach DIN – Fachbericht 102, Anhang 108 ist die Bewehrung in zwei Lagen anzuordnen. Für die Querkraftbemessung dürfen nur die inneren Bügel angerechnet werden.

Der Querschnitt der beiden Lagen der Längsbewehrung braucht nicht übereinzustimmen. Die außen liegende Längsbewehrung soll aber mindestens die Hälfte des Stahlquerschnittes aufweisen, der sich für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation ergibt.

Der Stabdurchmesser soll in beiden Lagen gleich sein. Der Abstand der Längsbewehrungsstäbe der äußeren Lage soll 30 cm nicht überschreiten.

8.8.3 Bemessung der angrenzenden Bauteile bei Ausfall einer Stütze

Für die Bemessung der angrenzenden Bauteile bei Ausfall einer Stütze werden, wie bei der Bemessung einer Stütze unter Anpralleinwirkung, die Teilsicherheiten und ψ – Beiwerte gem. DIN – Fachbericht 101, Anhang C, Tabelle C1 (siehe auch 2.6.2.1) und gem. DIN 1045 – 1, Tab.2 (siehe auch 2.6.2.2) zugrunde gelegt.

8.9 Mindestbewehrung und Maximalbewehrung

8.9.1 Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite und zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens

Die in den Diagrammen der Bilder 16,17 und 18 angegebene Mindestbewehrung berücksichtigt DIN 1045 – 1, Abs. 11.2.2 und 13.1.1.

8.9.2 Randbewehrung der Bahnsteigplatten

Um Schwindrisse zu vermeiden, ist am Plattenrand eine Bewehrung von 2 Ø 12 anzuordnen.

8.9.3 Maximalbewehrung der Platten

Um eine einwandfreie Ausführung zu gewährleisten, soll die Dicke von Platten so gewählt werden, dass pro Richtung eine zweilagige Bewehrung ausreicht.

8.9.4 Maximalbewehrung der Balken und wandartigen Träger

Bei Decken- und Sohlbalken und bei wandartigen Trägern ist eine Begrenzung der Längsbewehrung auf drei Lagen anzustreben.

8.9.5 Maximalbewehrung der Stützen

Stützen sind nach Möglichkeit so zu dimensionieren, dass der Querschnitt der Längsbewehrung außerhalb des Übergreifungsbereiches 3% des Betonquerschnittes nicht überschreitet. Ein Querschnitt der Längsbewehrung im Übergreifungsbereich von mehr als 6% des Betonquerschnittes darf nur mit Zustimmung der Technischen Aufsicht angeordnet werden. Eine Längsbewehrung mit mehr als zwei Lagen ist zu vermeiden.

8.9.6 Mindestabstände der Bewehrungsstäbe

Bei Platten und Balken sind in der oben liegenden Bewehrung Rüttellücken mit mindestens 10 cm Durchmesser im Abstand von höchstens 60 cm von Bewehrung freizuhalten. Außerdem sollten die lichten Stababstände in Abhängigkeit vom Größtkorn D_K mindestens $D_K + 1$ cm betragen.

a_s [cm²/m]

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

Regelmindestbewehrung für Bauteile mit
Außenhautdichtung und Innenbauteile gem.
DIN 1045 – 1, Abs. 11.2.2 und Abs. 13.1.1

C 45 / 55

C 40 / 50

C 35 / 45

≤ C 30 / 37

$$a_s = 0,148 h + 1,0$$

$$a_s = 0,136 h + 1,0$$

$$a_s = 0,123 h + 1,0$$

$$a_s = 0,111 h + 1,0$$

Ø beliebig

Ø 12

Ø 10

Ø 8

Ø 6

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

110

120

130

h [cm]

a_s [cm²/m]

4 5

4 0

3 5

3 0

2 5

2 0

1 5

1 0

5

2 0

4 0

6 0

8 0

1 0 0

1 2 0

h [c m]

Ø 25

Ø 20

Ø 16

Ø 14

Ø 12

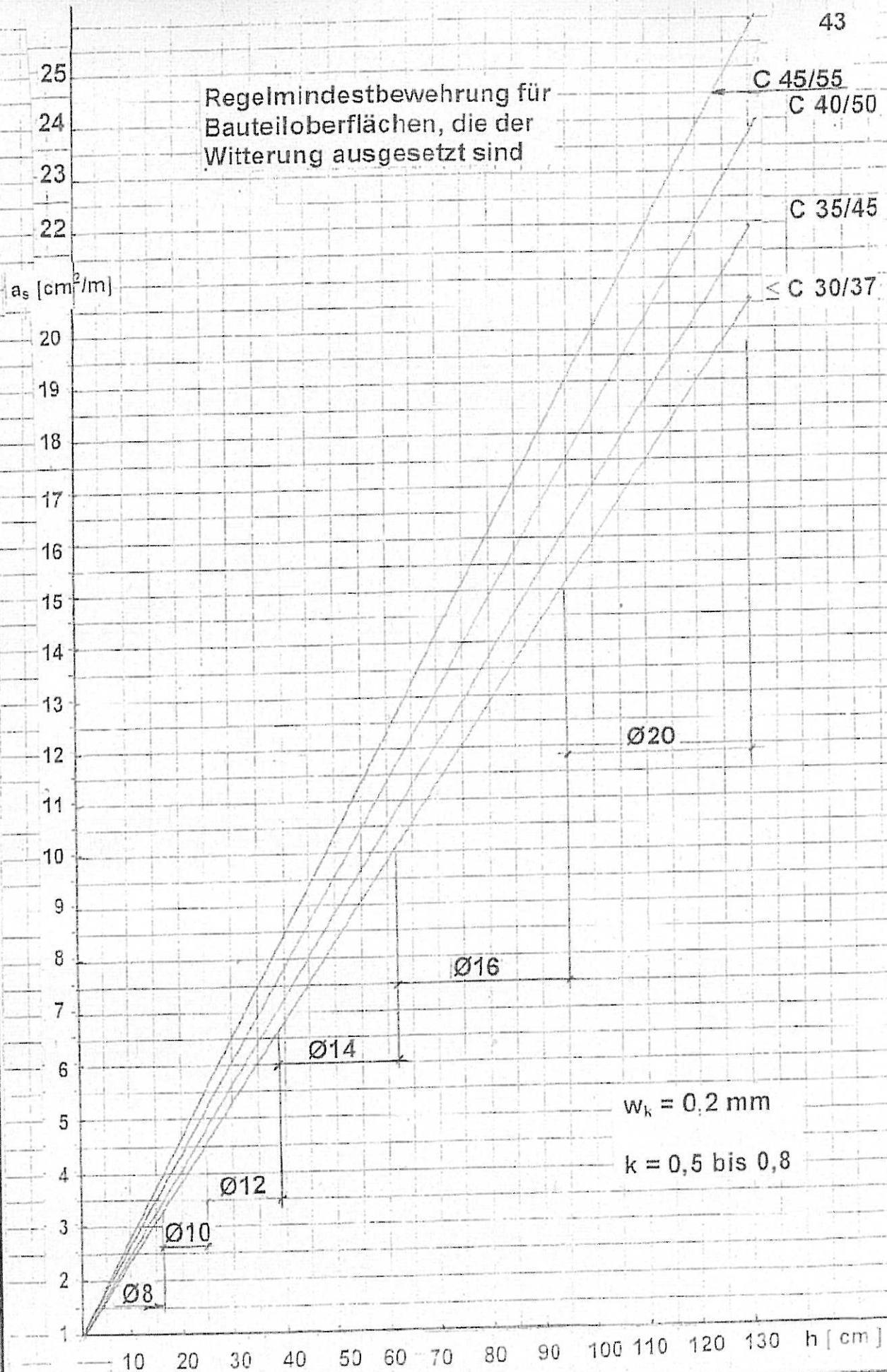
Regelmindestbewehrung für erdberührte
Bauteile ohne Außenhautdichtung aus
WU – Beton gem. DIN 1045 – 1, Abs. 11.2.2
(Abs. 13.1.1 nicht maßgebend)

C 45 / 55

C 40 / 50

C 35 / 45

C 30 / 37



8.10 Bauteile aus wasserundurchlässigem Beton

8.10.1 Maßnahmen für Nutzungsklasse B gem. DafStb-Richtlinie WU Beton, Abs. 5.3

8.10.1.1 Konstruktive Maßnahmen

Die Dicke der drückendem Wasser ausgesetzten Betonbauteile soll mindestens 40 cm betragen. Aussparungen und Querschnittssprünge sind möglichst zu vermeiden.

In den Blöcken am Übergang zu bergmännisch aufgefahrenen Röhren bedingen die Kabelverteilungen Aussparungen größeren Umfangs in der Sohle, die zudem noch schräg verlaufen. In diesen Bereichen soll für die Kabelführung die Oberfläche der Sohle soweit abgesenkt werden, dass darüber alle erforderlichen Kabelrohre in einer Magerbetonschicht verlegt werden können.

In überwiegend auf Biegung beanspruchten Flächentragwerken ist eine Druckbewehrung zu vermeiden.

8.10.1.2 Begrenzung der Rissbreiten bei erdberührten Oberflächen

Für die erdberührten Oberflächen ist die Begrenzung der Rissbreiten nach DIN – 1045 – 1 Abs. 11.2.3 unter Berücksichtigung von 7.5 nachzuweisen.

8.10.1.3 Überwachung des Betonierens

Es ist DIN 1045-3, Abs. 11.5 und Tabelle 3, Zeile 5 zu beachten!

8.10.2 Maßnahmen für Nutzungsklasse A gem. DAfStb-Richtlinie WU Beton, Abs. 5.3

Die Maßnahmen für Nutzungsklasse A sind im Einzelfall mit der Technischen Aufsicht unter Zuhilfenahme eines Fachplaners abzustimmen.

8.11 Konstruktive Brandschutzmaßnahmen für den Rohbau

Zum Schutz gegen Abplatzungen im Brandfall ist in der Decke der Fahrbene unten zusätzlich zur tragenden Bewehrung eine verzinkte Mattenbewehrung anzuordnen. Diese ist so an der tragenden Bewehrung zu befestigen (z. B. kunststoffummantelt), dass keine Kontakt-Korrosion auftritt. Übergreifende Mattenstöße sind nicht erforderlich.

Das Mindestmaß der Betondeckung beträgt 2 cm. Die Betondeckung der Tragbewehrung ist in diesem Bereich um 2 cm zu erhöhen.

Alternativ ist eine Brandschutzbekleidung oder der Einsatz von Brandschutzbeton möglich.

Die Entscheidung darüber trifft der Bauherr in Abstimmung mit der Technischen Aufsicht. Bei Fugenkonstruktionen ist der Brandschutz zu beachten.

9. ANFORDERUNGEN AN DIE STATISCHE BERECHNUNG

9.1 Vorbemerkungen

Die Vorbemerkungen sollten aus folgenden Abschnitten bestehen:

1. Beschreibung des Tragwerks und der Bauvorgänge,
2. Maßgebende Vorschriften und Rechenannahmen,
3. Zugrunde liegende Pläne mit Bearbeitungsstand,
4. Materialangaben,
5. Geometrische Darstellung des Tragwerks mit Angabe der statischen Achsen, Schnitte und Positionen

9.2 Hauptberechnung

Die Darstellung und Beschreibung des statischen Systems oder des Strukturmodells in übersichtlicher Form ist der Berechnung voranzustellen.

Zu der Aufstellung der Einwirkungen ist eine Übersicht über die der Berechnung zugrunde liegenden Einwirkungskombinationen erforderlich.

Es ist eine Beschreibung der EDV-Programme mit folgenden Angaben beizufügen:

1. Programmbezeichnung und Versionsnummer,
2. Berechnungsmethode und zugrunde liegende Theorie in kurzer Form,
3. Charakteristik der verwendeten Systemelemente (Stäbe, finite Elemente u.s.w.)
4. alle für das Verständnis der Systemannahmen und der Ausdrücke erforderlichen Angaben (Koordinatensysteme, Vorzeichenkonventionen, Begriffe, Formelzeichen, Einheiten u.s.w.)

EDV – Ausdrücke sind auf das Wesentliche zu beschränken und möglichst in grafischer Form zu erstellen.

Verformungsbilder als Plausibilitätskontrolle sind erwünscht.

Für das Anfertigen der Ausführungspläne sind ausführliche Skizzen der Bewehrung, der Schweißnähte, der Verbindungsmittel u.s.w. erforderlich.

10. RICHTLINIEN FÜR DIE ANFERTIGUNG VON BEWEHRUNGSPLÄNEN

Es sind alle wesentlichen Schalungsmaße sowie die Lage der Steifen, Gurte und Mittelbohrträger (evtl. auch der Fahrbahnträger) einzutragen.

Sämtliche Aussparungen, Rohrleitungen und Einbauteile – sofern diese auf die Bewehrung Einfluss haben – sind in die Bewehrungszeichnungen zu übernehmen.

Betonier- und Rüttellücken, Arbeitsfugen mit Anschlussbewehrung und Fugenbändern sowie Hilfsabstützungen sind einzuzeichnen.

Für das Verlegen der Bewehrung erforderliche Abstandsmaße zu Schalkanten oder Bauteilen sind anzugeben.

Es ist bei der Wahl der Biegeformen auch an die Reihenfolge des Einbaus und die Einbauzwänge bei beengten Platzverhältnissen zu denken.

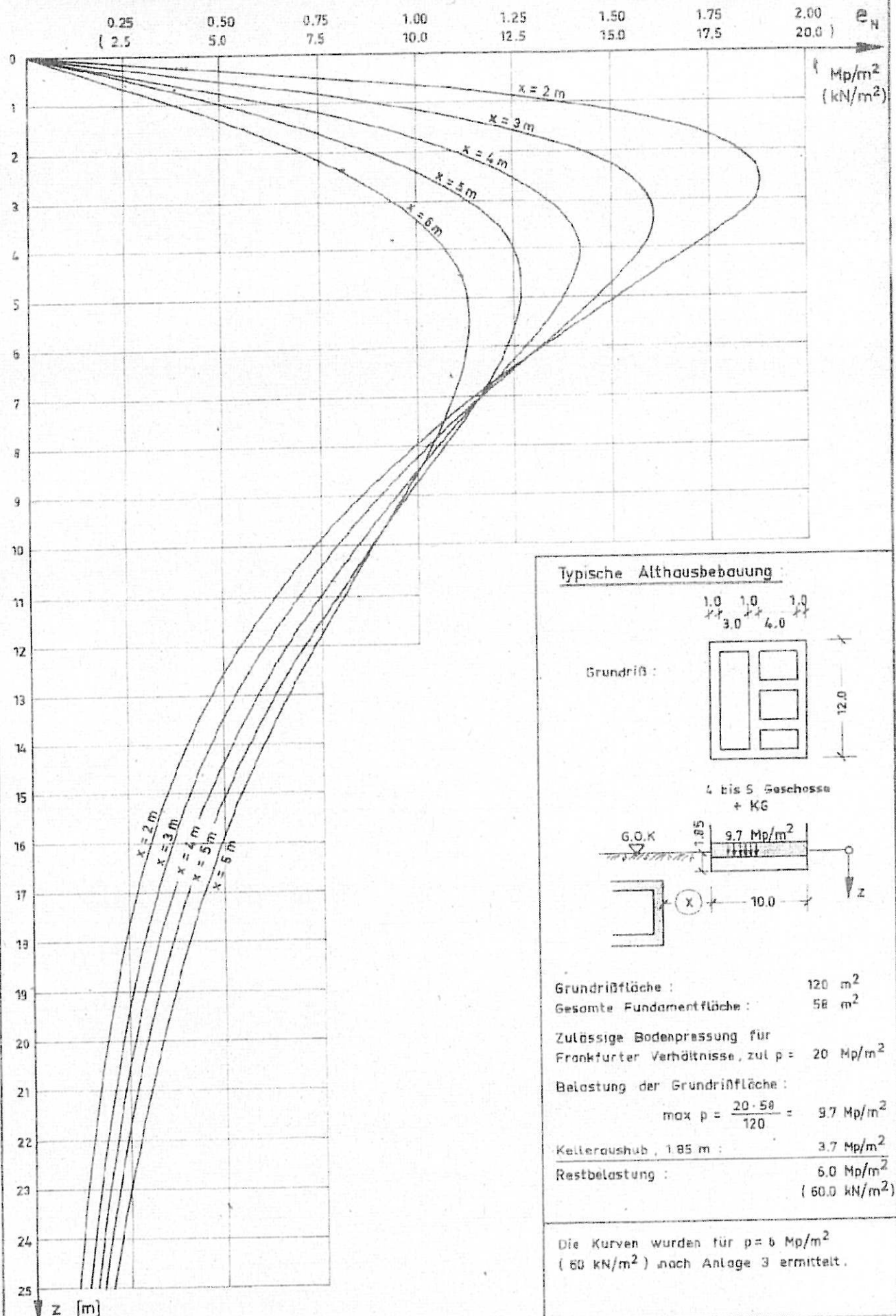
Bei schwierigen Einbauverhältnissen sind Detaildarstellungen im Maßstab 1 : 10 oder 1 : 5 erforderlich.

Jede Position ist auf dem Bewehrungsplan maßstäblich oder unmaßstäblich "herauszuziehen" und zu vermaßen.

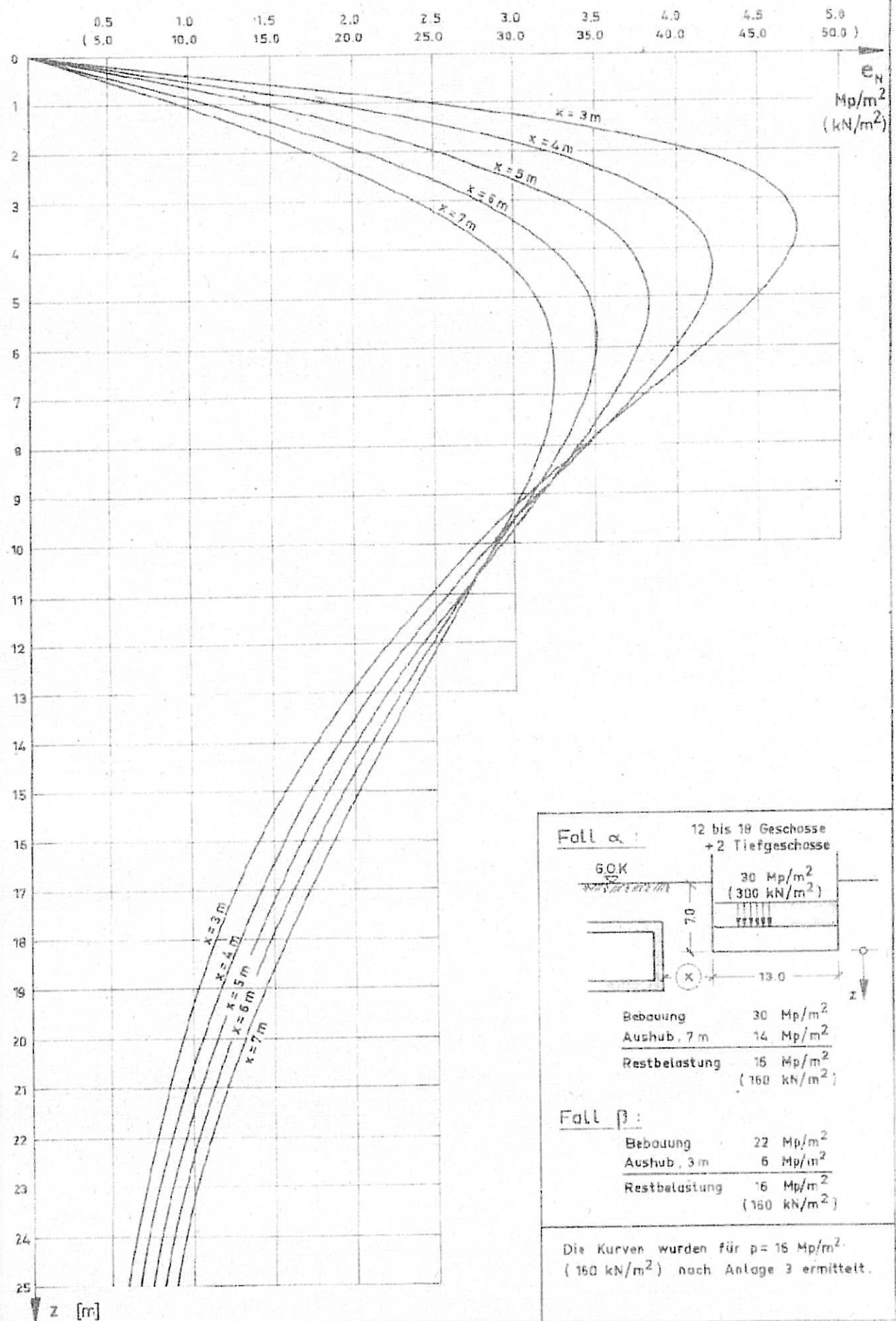
Bewehrungsanteile, die ausschließlich Bauzustände abdecken, sind gesondert zu ermitteln.

Die Füße der Stützböcke sind auf nichtmetallische Abstandshalter zu stellen.

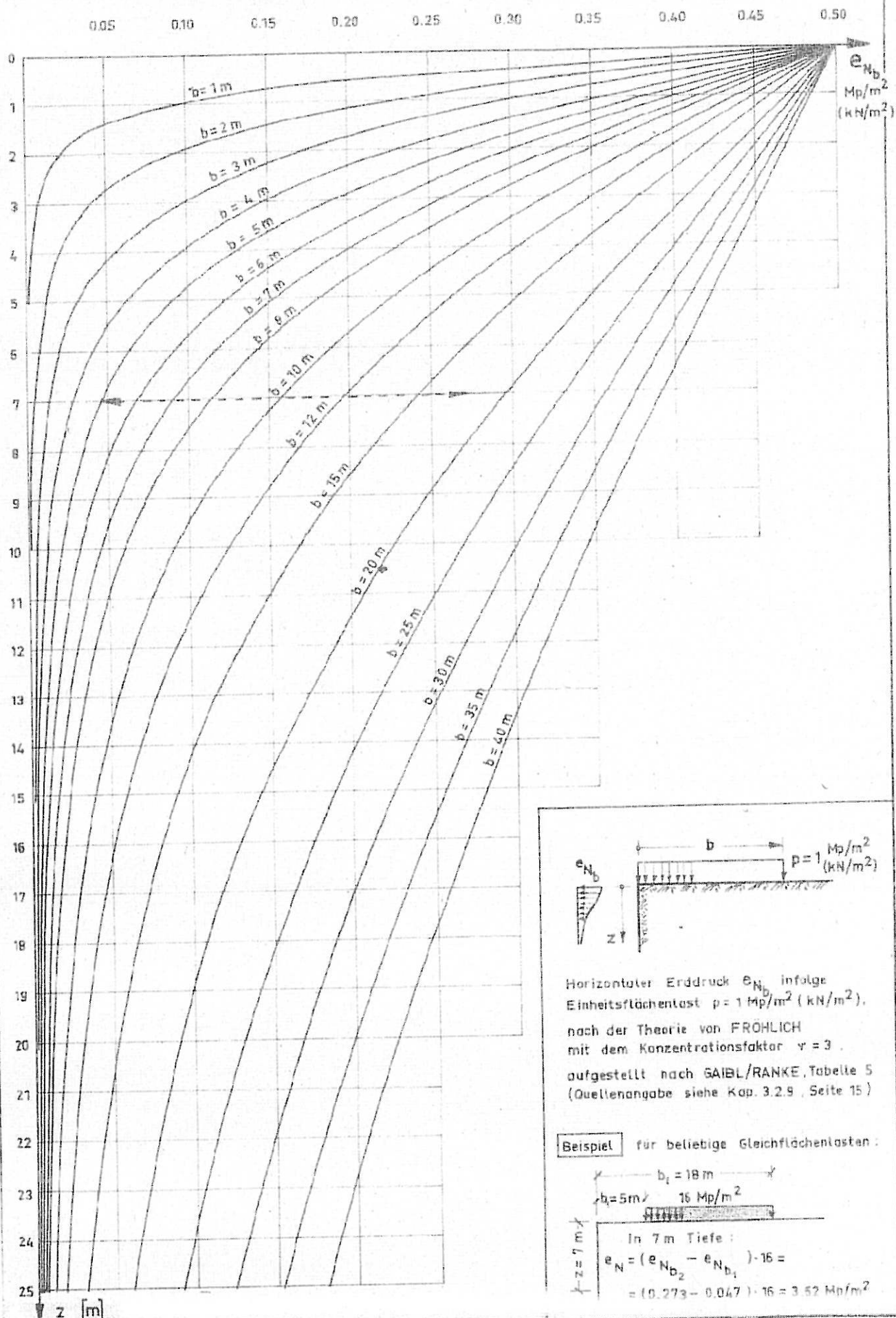
Horizontaler Erddruck für vorhandene standardisierte Althausbebauung



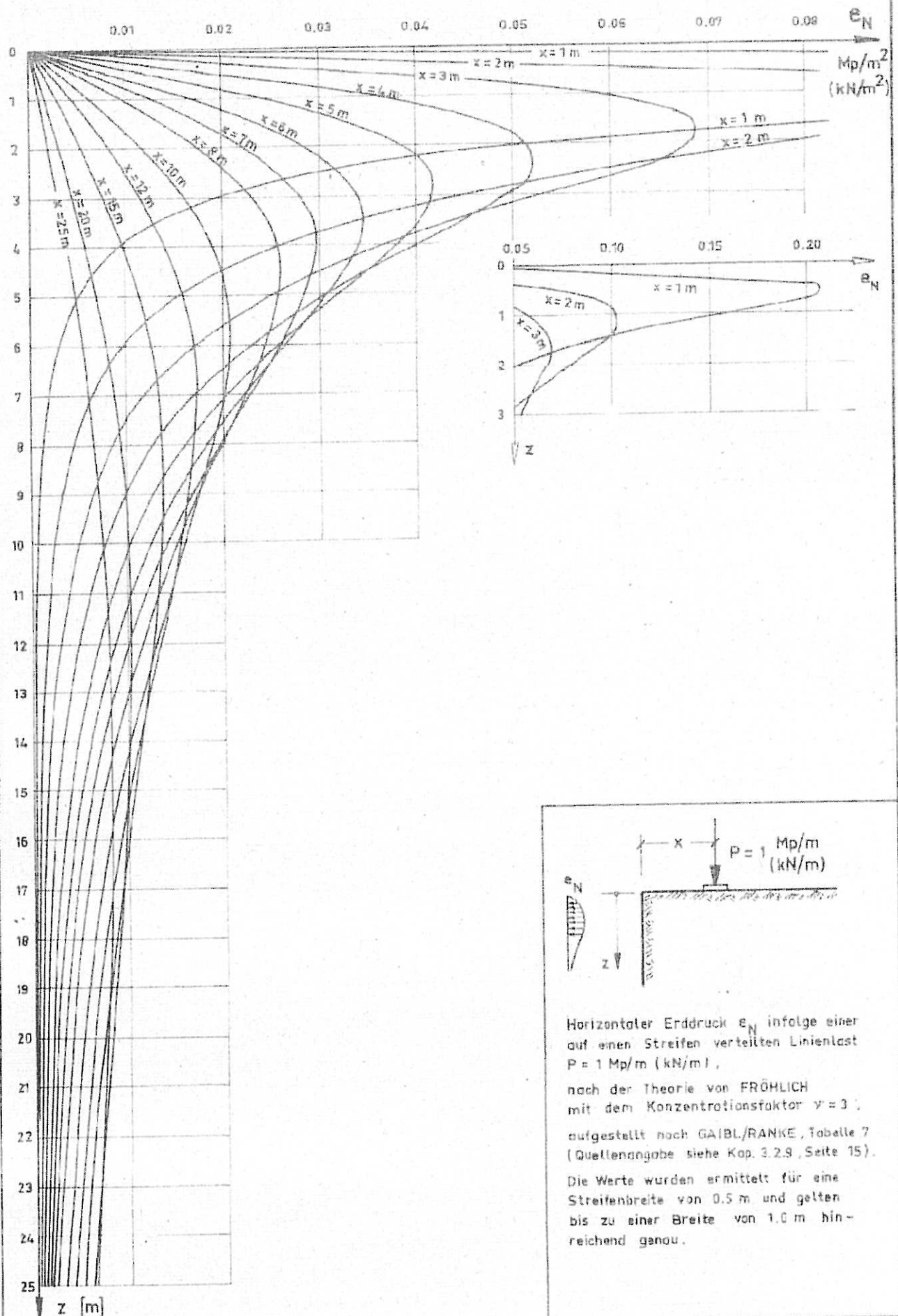
Horizontaler Erddruck für künftige Standardbebauung



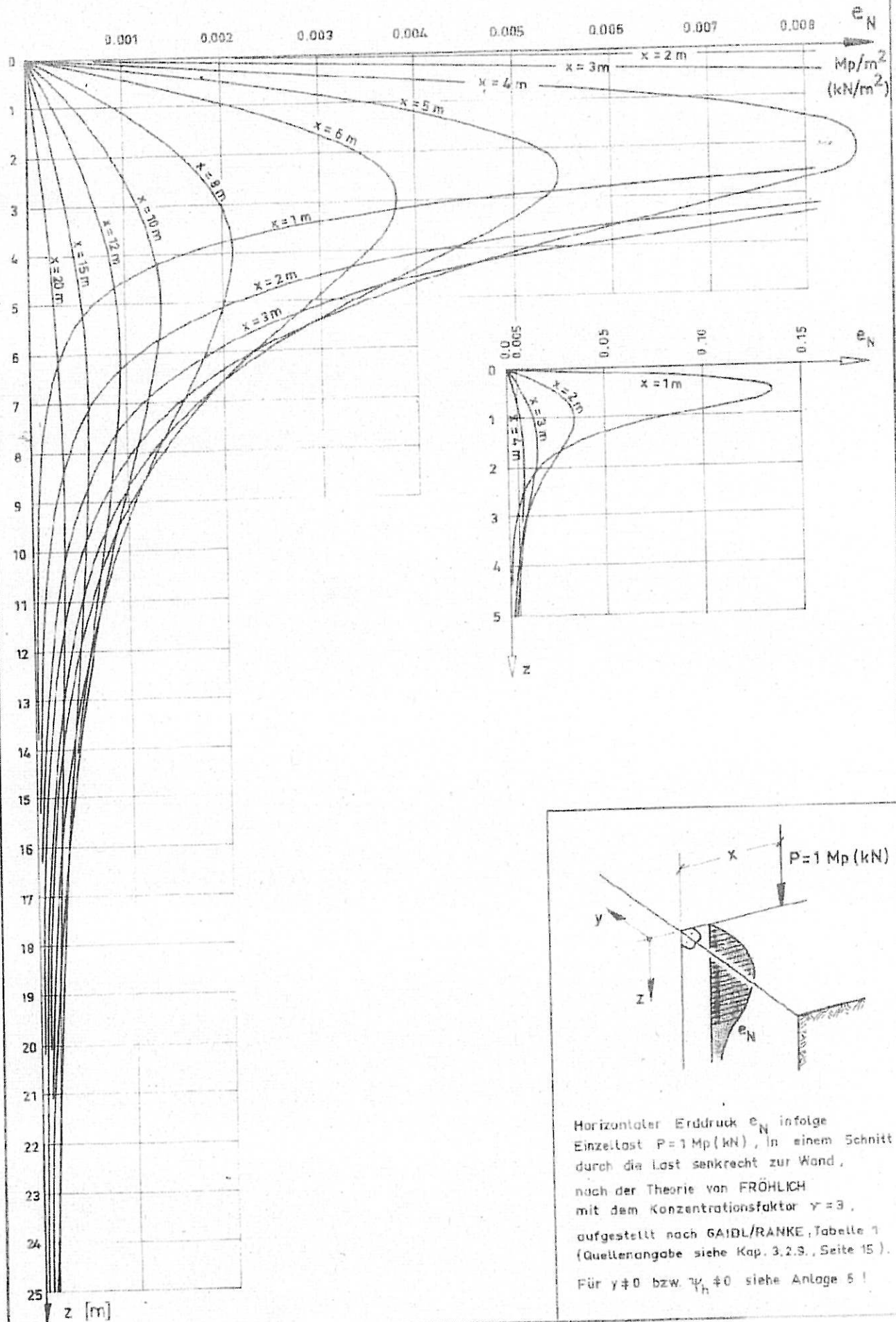
Horizontaler Erddruck infolge Einheitsflächenlast



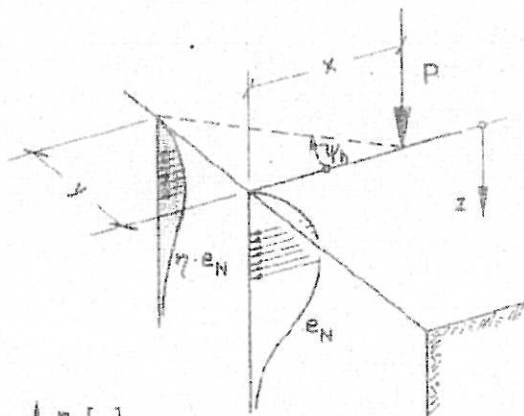
Horizontaler Erddruck infolge Streifenlast



Horizontaler Erddruck infolge Einzellast, für $y=0$ ($\psi_h=0$)



Seitliche Verteilung des horizontalen Erddrucks
infolge Einzellast, für $y \neq 0$ ($\psi_h \neq 0$)



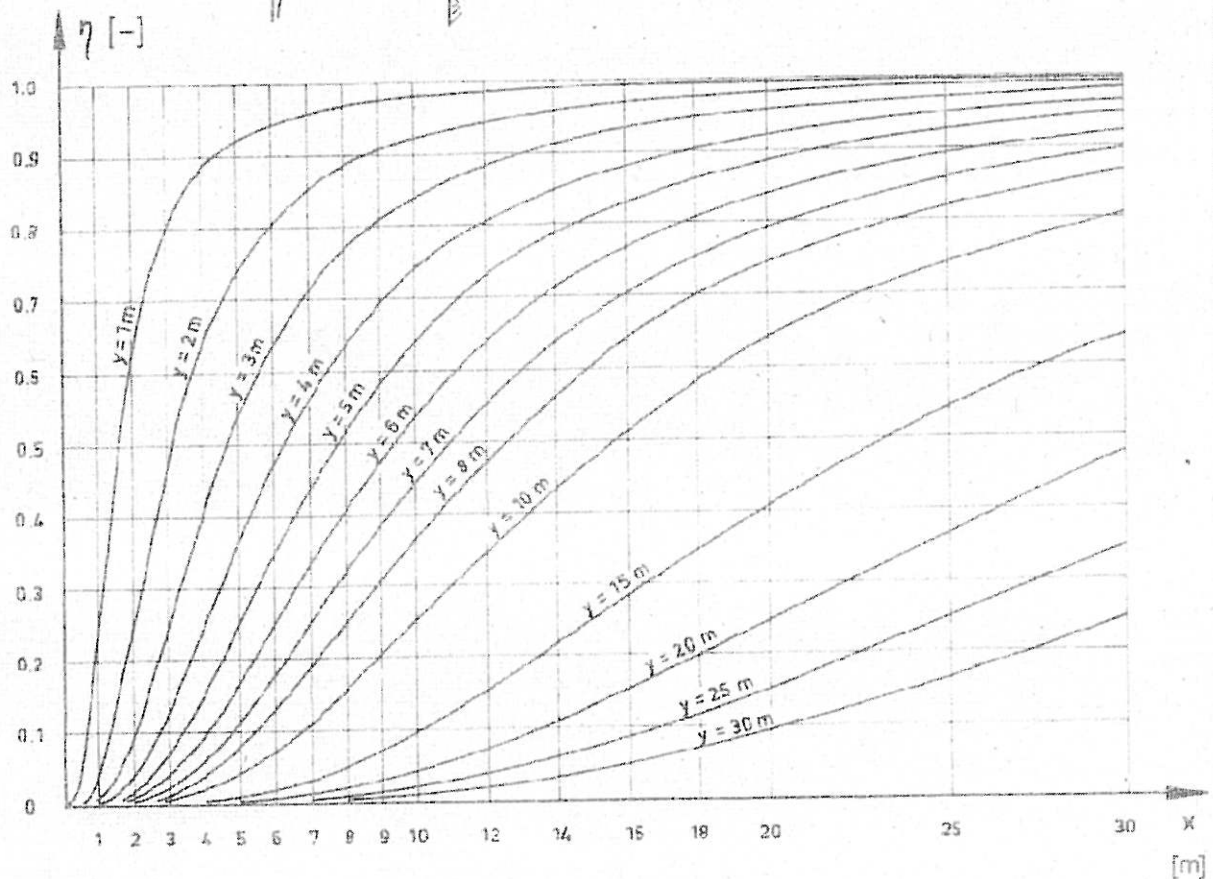
Erweiterung des aus Anlage 5 für $y=0$ erhältlichen Erddrucks auf beliebige Entfernungen y der Wand schnittsstellen von der Last.

Für eine Einheitslast gilt:

$$e_{N\psi} = \eta \cdot e_N$$

η ... aus Diagramm

e_N ... Einheitserddruck aus Anlage 5



$$\eta = \cos^4 \psi_h = \cos^4 \left(\arctan \frac{y}{x} \right)$$

Nach WEISSENBACH, Bougruben Teil II, Berlin 1975, Verlag von Wilh. Ernst & Sohn,
 Seite 73, Gl. 2201.

$$\begin{aligned} (e_{N\psi}) e_{oPh} &= \frac{3 \cdot F}{2 \cdot \pi \cdot x^2} \sin^4 \psi_z \cdot \cos \psi_z \cdot \cos^4 \psi_h \\ &= P \cdot e_N \cdot \eta \end{aligned}$$

Beispiel : $P = 500 \text{ Mp}$
 $x = 4 \text{ m}$
 $y = 3 \text{ m}$
 $z = 5 \text{ m}$

$$e_{N\psi} = 500 \cdot 0,0035 \cdot 0,41 = 0,72 \text{ Mp/m}^2$$

VerkehrsGesellschaft
Frankfurt am Main



Geschäftsstelle BOStrab
NT4.03 / Mellies
Tel. 22465

Frankfurt am Main, 11.10.2010

Grundsätzliche Vereinbarungen für Statik und Konstruktion von Tunnelbauwerken (GVT), Teil 1 Herstellung in offener Bauweise

Ergänzung

zu Kap. 2.3.2.6 Belastung der Wände und Wandverkleidungen infolge Luftdruck und -sog

1. Die Einwirkungen aus Luftdruck und -sog von $0,50 \text{ kN/m}^2$ gemäß Kap. 2.3.2.6 „Belastung der Wände und Wandverkleidungen infolge Luftdruck und -sog“ sind als quasi-statische Lasten gemäß DIN 1055-100 anzusetzen.
2. Diese Einwirkungen sind sinngemäß auch für andere Einbauten wie abgehängte Decken oder Anzeigetafeln anzusetzen.

Aufgestellt:	Geprüft:	Einverstanden:	Einverstanden:	Einverstanden:	Zugestimmt:
GS BOStrab	Dr. Schulenberg Prüfingenieur	VGF Fahrweg	VGF Infrastruktur	BL BOStrab	Technische Aufsichtsbehörde
NT4.03		NT31	NT33	NT4	
Frankfurt, 11.10.2010	Darmstadt, 14.10. 2010	Frankfurt, 12.10. 2010	Frankfurt, 2010	Frankfurt, 2010	Darmstadt, 14.10. 2010
			 12.10.2010		
Mellies	Dr. Schulenberg	Geilfuß	Lebisich	Rüffer	Krämer

VerkehrsGesellschaft
Frankfurt am Main



Geschäftsstelle BOStrab
NT4.03 / Mellies
Tel. 22465

Frankfurt am Main, 17.12.2010

Grundsätzliche Vereinbarungen für Statik und Konstruktion von Tunnelbauwerken (GVT), Teil 1 Herstellung in offener Bauweise

Ergänzung

zu Kap. 2.3.2.8 Belastung der Brüstungen und Geländer

- Die Einwirkungen aus horizontalen Nutzlasten gemäß Kap. 2.3.2.8 „Belastung der Brüstungen und Geländer“ sind sinngemäß auch auf freistehendes Mobiliar anzusetzen mit den folgenden Werten:

in öffentlich zugänglichen Bereichen	$q_{hk} = \pm 1,0 \text{ kN/m}$, mindestens 1,0 kN
in allen anderen Bereichen	$q_{hk} = \pm 0,5 \text{ kN/m}$, mindestens 0,5 kN
- Diese Einwirkungen sind in Höhe der Oberkante, nicht aber höher als 1,20 m über der Standfläche anzusetzen.

Aufgestellt:	Geprüft:	Einverstanden:	Einverstanden:	Einverstanden:	Zugestimmt:
GS BOStrab	Dr. Schulenberg Prüfingenieur	VGF Fahrweg	VGF Infrastruktur	BL BOStrab	Technische Aufsichtsbehörde
NT4.03		NT33	NT3	NT4	
Frankfurt, 17.12.2010	Darmstadt, 27.12. 2010	Frankfurt, 4.1.11 2010	Frankfurt, 05.01.11 2010	Frankfurt, 10.01.2010	Darmstadt, 12.01.2010
Mellies	Dr. Schulenberg	Rack	Lebisich	Rüffer	Krämer