GRASSL
BERATENDE
INGENIEURE
BAUWESEN

A7 Deckel Altona

Überprüfung der Wegeaufbauten



© Visualisierung: moka-studio
Luftbild: Matthias Friedel Luftbildfotografie
Entwurf: arbos Landschaftsarchitekten GmbH
Auftraggeber: Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen der FHH

Projekt - Nr.: H 25 560

Hamburg, Februar 2026

Inhaltsverzeichnis

1. Vorbemerkungen 2

1.1 Allgemeines 2

1.2 Regelwerke und Unterlagen 3

2. Untersuchung Querneigung Wege 4

2.1 Grundlagen der Berechnung 4

2.2 Handrechnung für den Regelquerschnitt 2.4 - 2.8 5

2.3 Zusammenfassung der Querneigung der Regelquerschnitte 9

3. Laubenstandorte 11

3.1 Typ A: Gartenlaube mit Einzelfundamenten 11

3.2 Typ B: Lauben in Blockhausbauweise auf gepflastertem Untergrund 13

4. Zusammenfassung 16

Aufstellernachweis 17

Anlage 1 Zusätzliche Flächenlasten der Regelquerschnitte durch die Querneigung

1. Vorbemerkungen

1.1 Allgemeines

Im Abschnitt der A7 zwischen Kilometer 153+300 und der Anschlussstelle Hamburg-Othmarschen entsteht der Lärmschutztunnel Altona. Er dient dazu, die erhöhten Anforderungen an den Schallschutz zu erfüllen, die sich aus der 8-streifigen Erweiterung der Autobahn ergeben. Darüber hinaus ermöglicht das Bauwerk eine städtebauliche Wiedervernetzung der Stadtteile Othmarschen und Bahrenfeld, die durch den damaligen Bau der A7 getrennt wurden. Die Tunneloberfläche soll künftig für Parkanlagen, Grünflächen und Kleingärten genutzt werden.

Dieser Bericht beschäftigt sich mit den Lasten der geplanten Wegeaufbauten und dem Vergleich mit den Ansätzen des Entwurfes bzw. der Ausführung. In der Entwurfsstatik wurde auf dem Deckel eine ständige Ausbaulast/Erdüberschüttung (1,20 m) von 24 kN/m^2 und eine Verkehrs-/Nutzlast von 10 kN/m^2 angesetzt.

Im ersten Teil soll überprüft werden, ob die Tunneldecke die zusätzlichen Belastungen, die sich aus der Querneigung der geplanten Wege ergeben, statisch aufnehmen kann, bzw. von welcher Wegeaufbauhöhe die Querneigung nach oben bzw. unten entwickelt werden darf. Bei den Regelquerschnitten haben sich zudem Änderungen in den geplanten Wegeaufbauten ergeben, die zu erhöhten Ausbaulasten führen, die mit berücksichtigt werden.

Im zweiten Teil werden die Ausbau- und Nutzlasten an den Laubenstandorten überprüft. An den Laubenstandorten wurden Anpassungen am Bodenaufbau vorgenommen, wodurch es zu erhöhten Ausbaulasten kommt. Es soll überprüft werden, ob die Lauben wie geplant ausgeführt werden können. Alle Prüfungen erfolgen auf Basis von Lastvergleichen.

1.2 Regelwerke und Unterlagen

[U1] Entwurf Lageplan Cluster 1 km 155+531.250 bis km 155+235.000, Zeichnung Nr: 201618-DA7-EL-71, arbos Freiraumplanung, gezeichnet FS/DT/BV, 28.02.2023

[U2] Deckel Altona, Überprüfung der Lasten geplanter Wegeaufbauten auf dem Tunnelbauwerk, arbos Freiraumplanung, Überarbeitung A/MR312-01 vom 08.10.2025/ 15.01.2025/ 12.02.2026

[U3] Entwurf Regelquerschnitte Wegebau & Befestigte Flächen, Zeichnung Nr: 201618-DA7-ED-120, arbos Freiraumplanung, 28.02.2023, Überarbeitung A/MR312-01 vom 14.11.2025

[U4] Lastenheft Ingenieurbauwerke – Neubau Tunnel Altona, 11.06.2024

[U5] Lärmschutztunnel Stellingen – Teil 3: Angaben für Kleingarten- und Parknutzung auf dem Bauwerk, Ingenieurbüro Grassl GmbH, 22.05.2015

[U6] Zeichnung Nr: 201618-DA7-ES-10, Entwurf Schnitte A - A' / B - B' / D - D' / E - E' / J - J', arbos Freiraumplanung, 28.02.2023

[U7] Plan 1025, Entwurf Regelquerschnitt 4+4 (Nord), Altonatunnel, Ingenieurgemeinschaft „A7-Go“,10/2019

[U8] Entwurf Regelaufbauten, Zeichnung Nr: 201618-DA7-ED-130, arbos Freiraumplanung, Überarbeitung A/MR312-01 vom 08.10.2025

[U9] E-Mail von Bezirksamt Altona (Hr. Feinle) vom 13.02.2026, AW: A_Wegeaufbauten_Rückfragen

[U10] Entwurf Bereiche mit geplantem Einbau von Leichtbaustoffen, Zeichnung Nr: 201618-DA7-EL-75.1, arbos Freiraumplanung, gezeichnet FS/DT/BV, 28.02.2023

2. Untersuchung Querneigung Wege

2.1 Grundlagen der Berechnung

Auf den Wegen ist für eine leistungsfähige Entwässerung eine Querneigung von 2,5 % geplant. Zudem ist das Gefälle der darunterliegenden Tunneldecke zu berücksichtigen. Die resultierende Querneigung führt zu abweichenden Aufbauhöhen der Wege über deren Querschnittsbreite, wodurch es zu höheren und / oder geringeren Belastungen gegenüber der Regel-Aufbauhöhe kommen kann.

Die Tunneldecke kann in Längsrichtung bis zu 6% Gefälle aufweisen (bedingt durch Lüfter und Verkehrszeichen im Tunnel) und in Querrichtung bis zu 3% Gefälle.

Gem. [U9] „folgen alle Quer- und Stichwege in ihrer Gefälleausbildung dem Längs- und Quergefälle der Tunneldecke." Zudem fallen „alle Kleingartenerschließungswege, östlich der Tunnelmittelwand, […] mit der Tunneldecke in Richtung Tunnelaußenwand" ab. Dadurch kann bei den Regelquerschnitten 2.1, 2.2, 2.3, 2.4-2.8, 3.1.1, 3.1.2, 3.2 und 3.3 die Differenz zwischen Weggefälle und Tunnelgefälle angesetzt werden.

Der Regelquerschnitt 1.1 der Promenade entwässert im Abschnitt 153+780 bis 153+700 entgegen dem Tunnelgefälle [U10]. Für diese Regelquerschnitte wird daher eine zusätzliche Fallunterscheidung nach der Entwässerungsrichtung getroffen.

Erweiterte Regelquerschnitte der Promenade:

1.1.1 Promenade Asphalt, Entwässerung mit dem Tunnelgefälle
1.1.2 Promenade Asphalt, Entwässerung entgegen dem Tunnelgefälle

Der Regelquerschnitt 1.1.2 ist für alle Abschnitte der Promenade zu verwenden, die sich im Bereich bis 10 m hinter der Hinterfüllung befinden und zum Tunnel hin entwässern, also ein Quergefälle entgegen der Tunneldecke aufweisen.

In Tabelle 2.1 sind die für die Untersuchung der Querneigung angesetzten Gesamtgefälle aufgeführt. Die Überprüfung der zusätzlichen Ausbaulast infolge der Querneigung der Regelquerschnitte erfolgt in Excel. Es werden alle Regelquerschnitte untersucht. In Abschnitt 2.2 wird exemplarisch die Berechnung für den Regelquerschnitt der Parkquerung Grand vorgestellt. Die Berechnung der zusätzlichen Aufbaulast ist für alle Regelquerschnitte in Anlage 1 beigefügt.

Die Lastausbreitungsfläche ist abhängig von der Aufbauhöhe des Bodens. Dadurch wirkt die Aufbauhöhe für die Ausbaulast ungünstig und für die Lastausbreitung günstig.

Tabelle 2.1 Angesetzte Gefälle und Wegbreiten

Regelquerschnitt	Wegbreite	Weggefälle	Tunnelgefälle	Ges. Gefälle
1.1.1 Promenade Asphalt, Entwässerung mit dem Tunnelgefälle	7,50 m	2,5 %	3 %*	0,5 %
1.1.2 Promenade Asphalt, Entwässerung entgegen Tunnelgefälle	7,50 m	2,5 %	3 %*	5,5 % [2]
1.2.1 Promenade Bereich Kreuzungen	7,50 m	2,5 %	3 %*	variiert
2.1 Querverbindung Kielkamp	5,00 m	2,5 %	6 %**	3,5 % [1]
2.2 + 2.3 Parkquerungen Pflaster	5,00 m	2,5 %	6 %**	3,5 % [1]
2.4 – 2.8 Parkquerungen Grand	5,50 m	2,5 %	6 %**	3,5 % [1]
3.2 Stichweg Grand	2,00 m	2,5 %	6 %**	3,5 % [1]
3.3 Kleingartenpflegeweg	0,80 m	2,5 %	6 %**	3,5 % [1]
3.1.1 Kleingartenerschließungsweg	3,50 m	2,5 %	3 %*	0,5 % [1]
3.1.2 Kleingartenerschließungsweg, abgesenkt	3,50 m	2,5 %	3 %*	variiert

[1] Weg- und Tunnelgefälle in dieselbe Richtung

[2] Weg- und Tunnelgefälle in unterschiedliche Richtungen (ungünstig)

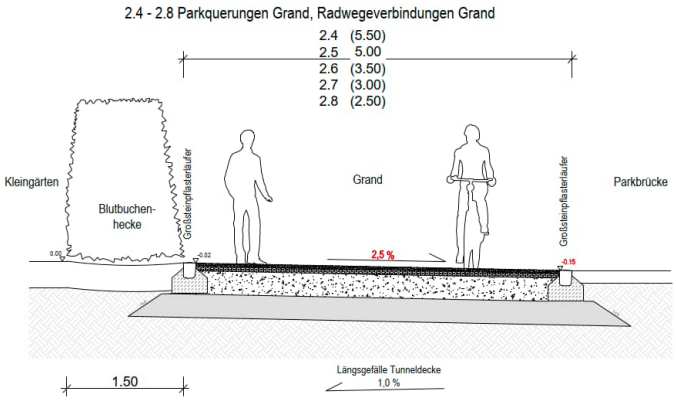
*Tunnelgefälle in Querrichtung mit max. 3%

** Tunnelgefälle in Längsrichtung mit max. 6%

2.2 Handrechnung für den Regelquerschnitt 2.4 - 2.8

Im Folgenden wird der Regelquerschnitt 2.4 – 2.8 Parkquerungen Grand mit einer Gesamtbreite von 5,50 m und einem Gesamtgefälle von 3,5 % (vgl. Tabelle 2.1) vorgestellt. Die Querneigung ist so im Querschnitt angeordnet, dass die Bodenaufbauten in der Mitte des Weges genau den angegebenen Regelaufbauten gem. [U2] entsprechen.

Es wird in einer Vergleichsrechnung die Zusatzlast aus der Querneigung berechnet. Bei einer Querneigung von 3,5 % über 5,50 m ergibt sich ausgehend von der Mitte des Weges eine Höhendifferenz von $275\ cm \cdot 0{,}035 = \pm\ 9{,}63\ cm$ an den Außenkanten des Weges.



Ausbaulast:

Stärke cm	kN/m³	kN/m²	
4,00		22,50	0,90
6,00		22,50	1,35
25,00		22,50	5,63
25,00		20,00	5,00
57,00		20,00	11,40
Summe			
117,00			24,28

Die Querneigung wird über eine Aufschüttung des Unterbodens hergestellt [U3]. Für die zusätzliche Ausbaulast wird ein Eigengewicht von 20 kN/m³ entsprechend der Wichte des Unterbodens [U2] angesetzt.

Durch die zusätzliche Ausbaulast ergibt sich eine Linienlast mit
$q_{g,k,1} = -0{,}0963\ m\ \cdot 20\ kN/m^3 = -1{,}93\ kN/m^2$ am Tiefpunkt des Gefälles und
$q_{g,k,2} = 0{,}0963\ m\ \cdot 20\ kN/m^3 = 1{,}93\ kN/m^2$ am Hochpunkt des Gefälles.

Die Linienlast verteilt sich mit einem Lastausbreitungswinkel von 60° über die jeweilige Aufbauhöhe (107 cm bis 127 cm) [U2] und mit 45° bis zur Mitte der Tunneldecke (Tunneldecke h=1,30m [U7]).

Zur Abbildung der Lastausbreitung werden 8 Abschnitte der Linienlast mit jeweils dem Mittelwert des Abschnittes gebildet. Jedem Abschnitt wird die zugehörige mittlere Bodenhöhe zugeordnet. Im ersten Schritt wird die Resultierende je Abschnitt gebildet und bis zur Mitte der Tunneldecke ausgebreitet. Die Lastausbreitung und die zugehörige Flächenlast je Abschnitt sind in der nachfolgenden Tabelle ermittelt.

Die Berechnung der Lastausbreitung wird exemplarisch für Abschnitt 1 dargelegt:

$$l_1 = b_1 + 2 \cdot \frac{h_1}{\tan(60°)} + 2 \cdot \frac{h_{Tunnel}}{2} = 0{,}69\ m + 2 \cdot \frac{1{,}09\ m}{\tan(60°)} + 2 \cdot 0{,}65\ m = 3{,}24\ m$$

Flächenlasten der einzelnen Abschnitte:

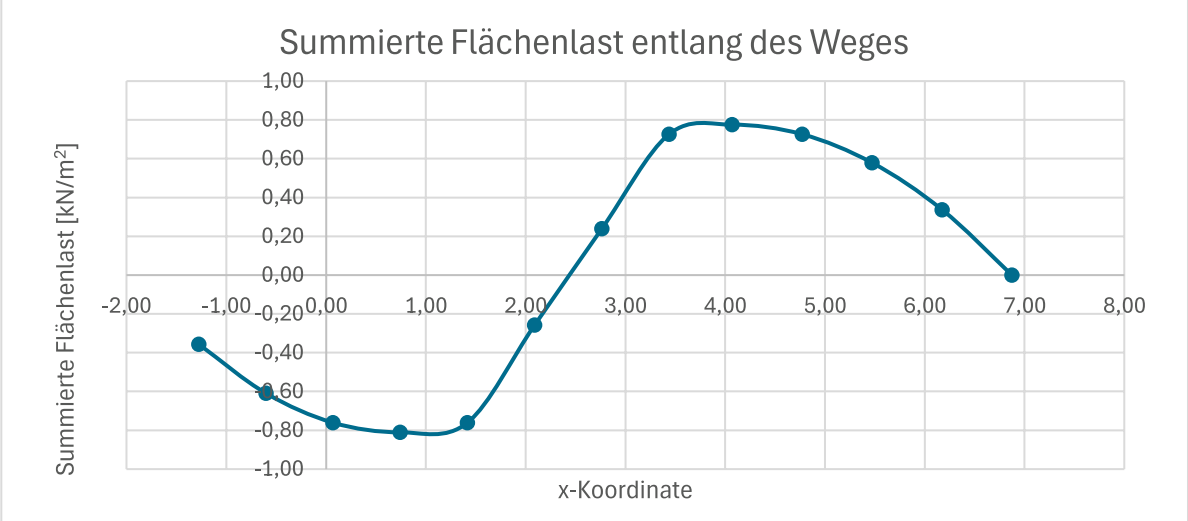
Abschnitt	Breite [m]	Mittlere Höhe [m]	Mittlere Last [kN/m²]	Lastausbreitung [m]	Flächenlast auf Tunneldecke [kN/m²]
1	0,69	1,09	-1,68	3,24	-0,36
2	0,69	1,11	-1,20	3,27	-0,25
3	0,69	1,13	-0,72	3,30	-0,15
4	0,69	1,16	-0,24	3,33	-0,05
5	0,69	1,18	0,24	3,35	0,05
6	0,69	1,21	0,72	3,38	0,15
7	0,69	1,23	1,20	3,41	0,24
8	0,69	1,25	1,68	3,44	0,34

Im zweiten Schritt werden die sich überlappenden Flächenlasten überlagert. Dabei werden die wirkenden Flächenlasten entlang einer Laufvariable x addiert. Die Laufvariable startet mit x = 0 am Tiefpunkt des Gefälles. Die Überlagerung der Flächenlasten erfolgt in der nachfolgenden Tabelle.

Summierte Flächenlast entlang des Weges:

x-Wert	wirkende Flächenlasten	summierte Flächenlast [kN/m²]
-1,28	1	-0,36
-0,60	1, 2	-0,61
0,07	1, 2, 3	-0,76
0,74	1, 2, 3, 4	-0,81
1,42	1, 2, 3, 4, 5	-0,76
2,09	2, 3, 4, 5, 6	-0,26
2,76	3, 4, 5, 6 ,7	0,24
3,44	4, 5, 6, 7, 8	0,73
4,07	5, 6, 7, 8	0,78
4,77	6, 7, 8	0,73
5,47	7, 8	0,58
6,17	8	0,34

Aus den summierten Flächenlasten ist abzulesen, dass die Linienlast der Querneigung durch die Lastausbreitung auf der Tunneldecke eine maximale Zusatzlast von 0,78 kN/m² erzeugt. Nachfolgend ist die veränderliche Zusatzlast über die Querschnittsbreite der „Parkquerung Grand“ grafisch dargestellt.



Die Ausbaulast ohne Querneigung liegt auf der gemittelten Höhe gem. [U2] bei 24,28 kN/m². Hier wurde die dynamische Schicht als nicht lastenreduziert (22,5 kN/m²) angesetzt.

Die Nachweise für die Regelquerschnitte sollen über Lastvergleiche erfolgen. Als Referenz wird hierzu das Lastenheft für den Tunnel Altona [U4] verwendet.

Im Lastenheft zum Tunnel Altona [U4] wird als veränderliche Einwirkung eine Nutzlast von 10 kN/m² für diverse Nutzungen auf dem Tunneldeckel festgelegt. Für Fahrzeuge auf der Tunneldecke wird in [U4] eine maximale Gesamtlast von 16 t festgelegt. Diese gilt sowohl für den Bauzustand als auch für den Endzustand sowie für Rettungswagen. Als Verkehrslast ist hierfür gem. DIN 1072 und [U5] eine Ersatzflächenlast von 8,9 kN/m² anzusetzen. Bei der Nutzlast ergibt sich im Bereich der befahrbaren Wege eine Tragreserve von 1,1 kN/m². Unter Berücksichtigung der Tragreserve der Nutzlast kann in Summe eine Ausbaulast von 25,1 kN/m² aufgenommen werden.

Ausbaulast ohne Querneigung	24,28	kN/m²		
Zusätzliche Ausbaulast:	0,78	kN/m²		
Summe:	25,06	kN/m²	<	25,1 kN/m²

Die Tragreserven der Nutzlast reichen aus, um die zusätzliche Ausbaulast infolge der Querneigung am Regelquerschnitt „Parkquerung Grand“ aufzunehmen.

2.3 Zusammenfassung der Querneigung der Regelquerschnitte

Es wurden nach demselben Verfahren auch die anderen Wege untersucht. Die Berechnungen sind in Anlage 1 zu finden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2.2 zusammengefasst. Bei der Auswertung der Tabelle ist zu beachten, dass die gesamte Ausbaulast 25,1 kN/m² nicht übersteigen darf, damit der Nachweis eingehalten ist. Bei den 25,1 kN/m² werden Tragreserven von 1,1 kN/m² aus der Nutzlast berücksichtigt.

Tabelle 2.2 Übersicht der maximalen Zusätzlichen Aufbaulast der Regelquerschnitte

Regelquerschnitt	**Ausbildung des Gefälles**	**Zusätzliche Ausbaulast [kN/m²]**	**Gesamte Ausbaulast [kN/m²]**
1.1.1 Promenade Asphalt, Entwässerung mit dem Tunnelgefälle	Wegmitte	0,20	24,02
1.1.2 Promenade Asphalt, Entwässerung entgegen Tunnelgefälle	Hochpunkt	< 0	< 23,83
1.2 Promenade Bereich Kreuzungen	Wegmitte/Hochpunkt	< 0	< 23,83
2.1 Querverbindung Kielkamp*	Wegmitte	0,66	24,49
2.2 + 2.3 Parkquerungen Pflaster	Wegmitte	0,66	24,51
2.4 – 2.8 Parkquerungen Grand	Wegmitte	0,78	25,05
3.1.1 Kleingartenerschließungsweg	Tiefpunkt oder Wegmitte	0,19	24,04
3.1.2 Kleingartenerschließungsweg, abgesenkt**	Wegmitte/Hochpunkt	< 0,19	< 24,04
3.2 Stichweg Grand	Wegmitte	0,12	24,87
3.3 Kleingartenpflegeweg	Tiefpunkt oder Wegmitte	0,08	24,08

*gem. [U2] analog zu 1.1 Promenade Asphalt

**gem. [U2] analog zu 3.1.1 Kleingartenerschließungsweg

Bei allen Regelquerschnitten entstehen gesamte Ausbaulasten unter 25,1 kN/m². Bei der Ausbildung der Regelquerschnitte der Wege sind die folgenden Punkte zu beachten:

- Bei den Regelquerschnitten, wo das Gefälle von der Wegmitte aus ausgebildet werden soll, dürfen in Wegmitte die in [U2] festgelegten Höhen nicht überschritten werden.
- Bei den Regelquerschnitten, wo das Gefälle vom Tiefpunkt aus ausgebildet werden kann, darf die in [U2] festgelegte Höhe am Tiefpunkt des Gefälles oder der Wegmitte angesetzt werden.
- Bei Abschnitten der Promenade, die sich im Bereich bis 10 m hinter der Hinterfüllung befinden und ein Quergefälle entgegen der Tunneldecke aufweisen, muss der Regelquerschnitt 1.1.2 Entwässerung entgegen dem Tunnelgefälle angesetzt werden. Ansonsten kann der Regelquerschnitt 1.1.1 Entwässerung mit dem Tunnelgefälle verwendet werden.
- Bei Regelquerschnitt 1.1.2 darf der Bodenaufbau die in [U2] festgelegte Höhe von 113 cm an keiner Stelle überschreiten. Das heißt, dass Gefälle ist vom Hochpunkt aus auszubilden, wodurch das Gefälle günstig wirkt. Auf eine Berechnung wird verzichtet, da 23,83 kN/m² < 25,1 kN/m².
- Bei Regelquerschnitt 1.2 muss die in [U2] festgelegte Höhe in Wegmitte angesetzt werden. Die Wegmitte entspricht im Querschnitt dem Hochpunkt, wodurch das Gefälle günstig wirkt. Auf eine Berechnung wird verzichtet, da 23,83 kN/m² < 25,1 kN/m².
- Bei allen Regelquerschnitten mit dynamischer Schicht (2.4 - 2.8, 3.2, 3.1.1 und 3.1.2) darf die dynamische Schicht nicht lastenreduziert mit 22,50 kN/m² ausgeführt werden.
- Der Regelquerschnitt 3.1.2 kann analog zum Kleingartenerschließungsweg 3.1.1 ausgeführt werden, mit der in [U2] festgelegten Höhe in Wegmitte (=Hochpunkt). Durch das günstig wirkende Gefälle wird die zusätzliche und gesamte Ausbaulast kleiner ausfallen als bei 3.1.1. Auf eine Berechnung für Regelquerschnitt 3.1.2 kann daher verzichtet werden.
- Eine Einschränkung der Befahrung im Endzustand ist für keinen der Wege erforderlich. Alle Wege können im Endzustand durch Fahrzeuge bis 16 t befahren werden.

3. Laubenstandorte

An den Laubenstandorten ist die gemäß [U4] angesetzte Ausbaulast um 0,5 kN/m² überschritten. Bei unveränderten Gesamtlasten auf die Tunneldecke muss die zulässige Nutzlast auf der Tunneldecke um 0,5 kN/m² reduziert werden. Im Bereich der Laubenstandorte sind die Nutzlasten auf 9,5 kN/m² zu reduzieren, damit der Nachweis eingehalten ist.

Die im Bereich der Lauben wirkenden Lasten werden [U5] entnommen. Demnach muss der Bereich im Endzustand die Lasten aus der Laube, der Menschenansammlung und der Pflasterung aufnehmen. Für die private Gartennutzung (Menschenansammlung) wird eine Nutzlast von $q_{k,F} = 3\ kN/m^2$ angesetzt und für die Pflasterung eine Nutzlast von $q_{k,F,P} = 2{,}4\ kN/m^2$. Für die Lasten aus der Laube ergibt sich eine zulässige Nutzlast von

$$q_{Laube} = 9{,}50\ kN/m^2 - 3\ kN/m^2 - 2{,}4\ kN/m^2 = 4{,}10\ kN/m^2.$$

Es werden die folgenden Varianten für den Bau der Gartenlauben untersucht:

- Typ A: Gartenlaube mit Einzelfundamenten
- Typ B: Lauben in Blockhausbauweise auf gepflastertem Untergrund

Für die statische Berechnung werden die folgenden Annahmen getroffen:
Es wurde eine Geländeerhöhung mit einer Pflasterung o. ä. unter der Laube von max.10 cm Höhe angenommen. Einrichtungsgegenstände wie zum Beispiel Stühle, Tische und Schränke sind bereits in der Verkehrslast von 3 kN/m² für die Laube enthalten.

Zur Frostsicherheit und ausreichender Lastausbreitung sind Einzelfundamente 80 cm tief unter der GOK auszuführen.

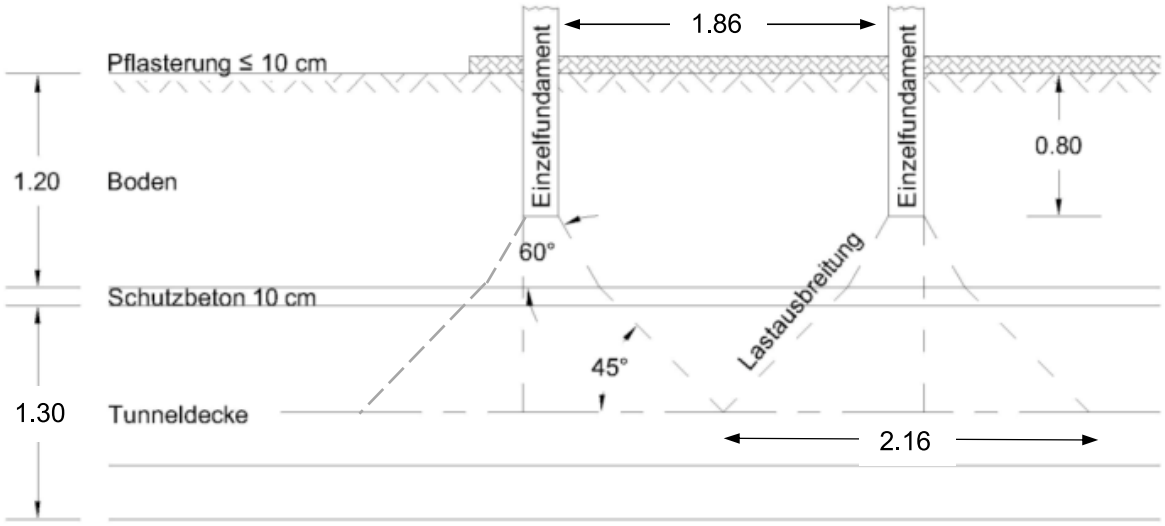
3.1 Typ A: Gartenlaube mit Einzelfundamenten

Es folgt der Lastvergleich für Lauben mit Einzelfundamenten. Gem. [U7] ist die Tunneldecke mindestens 1,30 m dick. Analog zur Berechnung der Gartenlauben beim Tunnel Stellingen [U5] wird eine Schutzbetonschicht von 10 cm und eine Breite der Einzelfundamente von 20 cm angesetzt.

Für den Typ A wird der Nachweis über einen Lastvergleich für die maximale Belastung für ein Einzelfundament geführt. Die Lastausbreitung erfolgt von der Unterkante des 80 cm tiefen Fundamentes bis zur Mitte der Tunneldecke und berechnet sich zu:

$$l_{xy} = 0{,}2\ m + 2 \cdot \frac{1{,}2\ m - 0{,}8\ m}{\tan(60°)} + 2 \cdot 0{,}1 + 2 \cdot \frac{1{,}3\ m}{2} = 0{,}2\ m + 0{,}46\ m + 1{,}5\ m = 2{,}16\ m$$

Um eine Überlappung der Lastausbreitungsflächen zu verhindern ist ein Mindestabstand von 1,86 m zwischen den Außenkanten der Einzelfundamenten vorzusehen.



Die Seitenabmessungen der Gartenlaube sind nicht vorgeschrieben. Durch den Mindestabstand der Einzelfundamente ergeben sich je Grundrissgröße 4 bis 6 Einzelfundamente.

Gesamtlast mit 6 Einzelfundamenten:

$$M = 8\ t$$
$$g = 9{,}81\ m/s^2$$
$$P_{k,F} = \frac{M \cdot g}{6} = \frac{8\ t \cdot 9{,}81\ m/s^2}{6} = 13{,}1\ kN$$
$$q_{k,F} = \frac{P_{k,F}}{l_{xy} \cdot l_{xy}} = \frac{13{,}1\ kN}{2{,}16\ m \cdot 2{,}16\ m} = 2{,}81\ kN/m^2 < 4{,}10\ kN/m^2 = q_{Laube}$$

Mit sechs Einzelfundamenten entsteht für die 8 t-schwere Laube eine Flächenlast von 2,81 kN/m². Bei kleineren Lauben können durch den Mindestabstand von 1,86 m keine sechs Einzelfundamente angeordnet werden. Hier wird die Gründung auf vier Einzelfundamenten empfohlen. Durch die geringere Lastausbreitung sollte die Gesamtlast der Laube bei vier Einzelfundamenten 5,3 t nicht überschreiten, für eine vergleichbare Flächenlast wie bei 6 Einzelfundamenten. Das entspricht einer Laubengröße von 16 m². Für Lauben über 16 m² (5,3 t) ist die Anordnung von 6 Einzelfundament platztechnisch möglich.

Gesamtlast mit 4 Einzelfundamenten:

$$M = 5{,}3\ t$$
$$g = 9{,}81\ m/s^2$$
$$P_{k,F} = \frac{M \cdot g}{4} = \frac{5{,}3\ t \cdot 9{,}81\ m/s^2}{4} = 13{,}0\ kN$$
$$q_{k,F} = \frac{P_{k,F}}{l_{xy} \cdot l_{xy}} = \frac{13{,}0\ kN}{2{,}16\ m \cdot 2{,}16\ m} = 2{,}79\ kN/m^2 < 4{,}10\ kN/m^2 = q_{Laube}$$

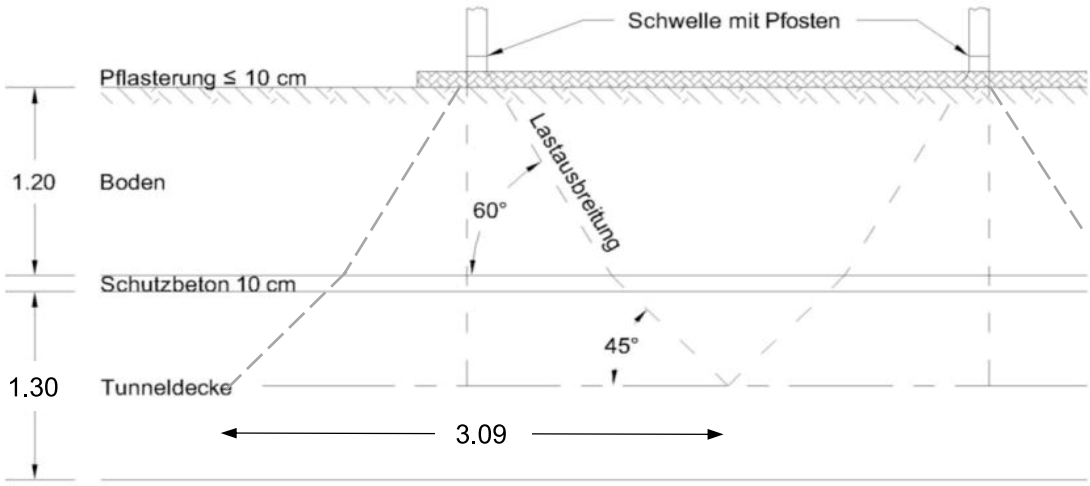
Bei dem maßgebenden Nachweis (6 Einzelfundamente) besteht eine Tragreserve von 1,29 kN/m².

3.2 Typ B: Lauben in Blockhausbauweise auf gepflastertem Untergrund

Es folgt der Lastvergleich für Lauben in Blockbauweise auf gepflasterten Untergrund. Gem. [U7] ist die Tunneldecke mindestens 1,30 m dick. Analog zur Berechnung der Gartenlauben beim Tunnel Stellingen [U5] wird eine Schutzbetonschicht von 10 cm und eine Breite der Streifenfundamente von 20 cm angesetzt.

Die Lastausbreitung erfolgt von der Unterkante der Pflasterung (auf der sicheren Seite, da Höhe der Pflasterung variabel) bis zur Mitte der Tunneldecke und berechnet sich zu:

$$l_x = 0{,}2\ m + 2 \cdot \frac{1{,}2\ m}{\tan(60°)} + 2 \cdot 0{,}1 + 2 \cdot \frac{1{,}3\ m}{2} = 3{,}09\ m$$



Die Belastung der Streifenfundamente wird vereinfachend als Linienlast entlang der Langen Seitenkante berechnet. Diese Modellierung ist durch die höhere Linienlast (im Vergleich zur Verteilung auf den ganzen Umfang) auf der sicheren Seite und es müssen keine Überlappungen an den Gebäudeecken berücksichtigt werden. Exemplarisch wird dafür die maximale Laube mit 24 m² mit den Seitenlängen von a = 6 m und b = 4 m nachgewiesen.

Beispiel: Laube mit 24 m² Grundfläche:

$$M = 8\ t$$

$$g = 9{,}81\ m/s^2$$

$$P_{k,F} = \frac{M \cdot g}{2 \cdot a} = \frac{8\ t \cdot 9{,}81\ m/s^2}{2 \cdot 6\ m} = 6{,}54\ kN/m$$

$$q_{k,F} = \frac{P_{k,F}}{l_x} = \frac{6{,}54\ kN/m}{3{,}09\ m} = 2{,}12\ kN/m^2 < 4{,}10\ kN/m^2 = q_{Laube}$$

Bei Lauben vom Typ B besteht eine Tragreserve von 1,98 kN/m².

Die Nachweise der Gartenlaube nach Typ A und B haben gezeigt, dass die Gartenlauben analog zum Tunnel Stellingen ausgeführt werden können. Es gelten die folgenden Randbedingungen für Gartenlauben:

- Grundfläche ≤ 24 m²
- Firsthöhe ≤ 3,60 m
- Traufhöhe ≤ 2,25 m
- Holzbauweise

Eine Laube mit einer Grundfläche von 24 m² darf das Nettogewicht von 8,0 t nicht überschreiten. Die weiteren Grenzwerte von Größe und Gewicht für die Laubentypen A und B sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Laubengröße	Nettogewicht der Laube
24 m²	8,0 t
23 m²	7,7 t
22 m²	7,3 t
21 m²	7,0 t
20 m²	6,7 t
19 m²	6,3 t
18 m²	6,0 t
17 m²	5,7 t
16 m²	5,3 t
15 m²	5,0 t
14 m²	4,7 t
13 m²	4,3 t
12 m²	4,0 t
11 m²	3,7 t
10 m²	3,3 t
9 m²	3,0 t
8 m²	2,7 t
7 m²	2,3 t
6 m²	2,0 t
5 m²	1,7 t
4 m²	1,3 t
3 m²	1,0 t
2 m²	0,7 t
1 m²	0,3 t

Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei Typ A ab einer Gesamtlast über 5,3 t mind. sechs Einzelfundamente anzuordnen sind und die Einzelfundamente einen Mindestabstand von 1,86 m zwischen den Außenkanten der Einzelfundamenten aufweisen müssen, um eine Überlappung der Lastausbreitungsflächen zu verhindern.

Bei einer Anordnung der Laube neben einem Weg ist die Lastausbreitung des Weges und der Laube zu berücksichtigen. Eine Überschneidung der Lastausbreitungsflächen der Laube und des Weges ist möglich, wenn die maximale Überschreitung der Ausbaulast von 24 kN/m² kleiner als die maßgebende Tragreserve der Laubenstandorte ist. Die maßgebende Tragreserve der Laubenstandorte Typ A und B beträgt 1,29 kN/m². Die zusätzliche Ausbaulast wird im Bereich der Wege auf maximal 1,1 kN/m² beschränkt (maximale Tragreserve der Nutzlast) . Da im Bereich der Lauben eine größere Tragreserve vorliegt, ist eine Überschneidung der Lastausbreitungsflächen möglich und es müssen keine Vorgaben für einen Mindestabstand von den Wegen definiert werden.

Für Fahrzeuge wurde im Lastenheft gem. DIN 1072 eine Gesamtlast von 16 t festgelegt. Hierfür ist eine Ersatzflächenlast von 8,9 kN/m² anzusetzen. Im Bauzustand ist die Befahrung mit einem Fahrzeug von bis zu 16 t auch über den Bereich der Laubenstandorte möglich, da die Nachweise durch die reduzierte zulässige Nutzlast nicht überschritten werden.

Nachweis: Ersatzflächenlast von 8,9 kN/m² < 9,5 kN/m² zulässige Nutzlast.

4. Zusammenfassung

In diesem Bericht wurden die geplanten Wegeaufbauten und die Laubenstandorte überprüft. Dabei wurden im ersten Teil die Regelquerschnitte der Wege mit den aktualisierten Ausbaulasten inkl. der Zusatzlast aus der Querneigung und im zweiten Teil die Nachweise der Lauben kontrolliert.

Untersuchung der Zusatzlast durch die Querneigung:

Es wurden alle Regelquerschnitte mit den ungünstigsten Gefällen überprüft. Dabei wurden die aktuellen Ausbaulasten gem. [U2] verwendet. An den Querschnitten, wo es möglich war, wurde die nicht lastenreduzierte dynamische Schicht angesetzt. Im Rahmen der Untersuchung wurde eine Fallunterscheidung für den Regelquerschnitt der Promenade, Asphalt getroffen: 1.1.1 Entwässerung mit dem Tunnelgefälle und 1.1.2 Entwässerung entgegen Tunnelgefälle. Bei der Ausbildung der Regelquerschnitte der Wege sind einige Besonderheiten zu beachten, die dem Abschnitt 2.3 zu entnehmen sind.

Untersuchung der Laubenstandorte:

Die Untersuchung der Laubenstandorte hat gezeigt, dass die Lauben analog zum Tunnel Stellingen [U5] ausgeführt werden können. Es wurde eine Unterscheidung für Lauben mit Einzelfundamenten (Typ A) und für Streifenfundamente (Typ B) getroffen und beide nachgewiesen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei Typ A ab einer Gesamtlast von über 5,3 t mind. sechs Einzelfundamente anzuordnen sind und die Einzelfundamente einen Mindestabstand von 1,86 m zwischen den Außenkanten der Einzelfundamente aufweisen müssen, um eine Überlappung der Lastausbreitungsflächen zu verhindern.

Die Lauben dürfen eine Grundstücksfläche von 24 m^2 und ein Gesamtgewicht von 8 t nicht überschreiten. Es gelten dieselben Grenzwerte für Laubengröße und -gewicht wie beim Tunnel Stellingen (vergleiche [U5 und Abschnitt 3.2]).

Die Umsetzung der Flächenvorbereitung an den Laubenstandorten kann unter Berücksichtigung einer Tragschicht von 120 cm und einer Ausbaulast von 24,5 kN/m^2 erfolgen.

Aufstellernachweis

Aufgestellt:

Seiten	1	bis	3	Vorbemerkungen
	4	bis	10	Untersuchung Querneigung Wege
	11	bis	15	Laubenstandorte
	16	bis	16	Zusammenfassung
Anlagen:	A1-1	bis	A1-9	Zusätzliche Flächenlasten der Wege durch Querneigung

Hamburg, den 27.02.2026

ppa. V. Bens

i.A. Celina Buttke

INGENIEURBÜRO GRASSL GmbH

Beratende Ingenieure für das Bauingenieurwesen

Bearbeiter:in: M.Sc. Celina Buttke

Anlage 1

Zusätzliche Flächenlasten der Regelquerschnitte durch die Querneigung

1.1.1 Promenade Asphalt, Entwässerung mit dem Tunnelgefälle

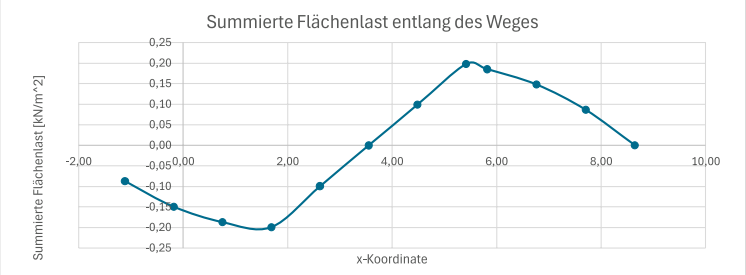
Festgelegte Aufbauhöhe [U2] in Wegmitte anzusetzen.

Eingangswerte:

Aufbauhöhe 1,13 | Wegbreite 7,50 | Gefälle 0,01 | zusätzl. Aufbauhöhe 1,88

Abschnitt	Breite	Mittelpunkt	Mittlere Höhe [m]	Mittlere Last [kN/m^2]	Ersatzlast [kN/m]	Lastausbreitung [m]	Flächenlast auf Tunneldecke [kN/m^2]
1,00	0,94	0,47	1,11	-0,33	-0,31	3,52	-0,09
2,00	0,94	1,41	1,12	-0,23	-0,22	3,53	-0,06
3,00	0,94	2,34	1,12	-0,14	-0,13	3,54	-0,04
4,00	0,94	3,28	1,13	-0,05	-0,04	3,54	-0,01
5,00	0,94	4,22	1,13	0,05	0,04	3,55	0,01
6,00	0,94	5,16	1,14	0,14	0,13	3,55	0,04
7,00	0,94	6,09	1,14	0,23	0,22	3,56	0,06
8,00	0,94	7,03	1,15	0,33	0,31	3,56	0,09
Summe	7,50			Summe	0,00		

x-Wert	wirkende Flächenlasten	summierte Flächenlast [kN/m^2]
-1,11	1	-0,09
-0,18	1, 2	-0,15
0,75	1, 2, 3	-0,19
1,68	1, 2, 3, 4	-0,20
2,62	2, 3, 4, 5	-0,10
3,55	3, 4, 5, 6	0,00
4,48	4, 5, 6, 7	0,10
5,42	5, 6, 7, 8	0,20
5,82	6, 7, 8	0,19
6,76	7, 8	0,15
7,70	8	0,09
8,65	-	0,00



Nachweis der Ausbaulast inkl. Querneigung:

Ausbaulast Weg	23,83	kN/m²	
Ausbaulast Gefälle	0,20	kN/m²	
Gesamte Ausbaulast	**24,02**	**kN/m²**	**< 25,1 kN/m²**

Ausbaulast:

Dicke cm	Wichte kN/m³	Ausbaulast kN/m²
3,50	25,00	0,88
8,50	25,00	2,13
25,00	22,50	5,63
23,00	20,00	4,60
53,00	20,00	10,60
Summe 113,00		Summe 23,83

2.1 Querverbindung Kielkamp

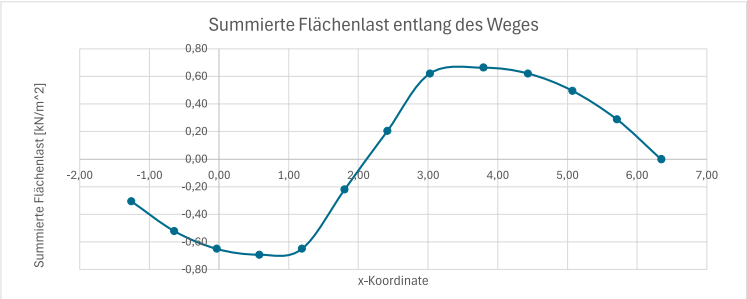
Festgelegte Aufbauhöhe [U2] in Wegmitte anzusetzen.

Eingangswerte:

Aufbauhöhe 1,13 | Wegbreite 5,00 | Gefälle 0,04 | zusätzl. Aufbauhöhe 8,75

Abschnitt	Breite	Mittelpunkt	Mittlere Höhe [m]	Mittlere Last [kN/m^2]	Ersatzlast [kN/m]	Lastausbreitung [m]	Flächenlast auf Tunneldecke [kN/m^2]
1,00	0,63	0,31	1,05	-1,53	-0,96	3,14	-0,30
2,00	0,63	0,94	1,08	-1,09	-0,68	3,17	-0,22
3,00	0,63	1,56	1,10	-0,66	-0,41	3,19	-0,13
4,00	0,63	2,19	1,12	-0,22	-0,14	3,22	-0,04
5,00	0,63	2,81	1,14	0,22	0,14	3,24	0,04
6,00	0,63	3,44	1,16	0,66	0,41	3,27	0,13
7,00	0,63	4,06	1,18	1,09	0,68	3,29	0,21
8,00	0,63	4,69	1,21	1,53	0,96	3,32	0,29
Summe	5,00			Summe	0,00		

x-Wert	wirkende Flächenlasten	summierte Flächenlast [kN/m^2]
-1,26	1	-0,30
-0,65	1, 2	-0,52
-0,03	1, 2, 3	-0,65
0,58	1, 2, 3, 4	-0,69
1,19	1, 2, 3, 4, 5	-0,65
1,80	2, 3, 4, 5, 6	-0,22
2,42	3, 4, 5, 6 ,7	0,20
3,03	4, 5, 6, 7, 8	0,62
3,80	5, 6, 7, 8	0,66
4,43	6, 7, 8	0,62
5,07	7, 8	0,50
5,71	8	0,29
6,35	-	0,00



Nachweis der Ausbaulast inkl. Querneigung:

Ausbaulast Weg	23,83	kN/m²	
Ausbaulast Gefälle	0,66	kN/m²	
Gesamte Ausbaulast	24,49	kN/m²	< 25,1 kN/m²

Ausbaulast:

Dicke cm	Wichte kN/m³	Ausbaulast kN/m²
3,50	25,00	0,88
8,50	25,00	2,13
25,00	22,50	5,63
23,00	20,00	4,60
53,00	20,00	10,60
Summe 113,00		Summe 23,83

2.2 + 2.3 Parkquerung Pflaster

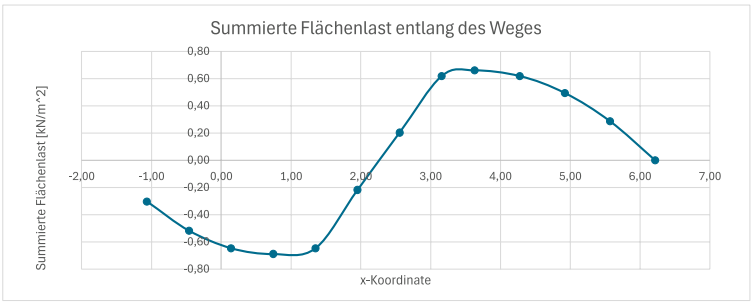
Festgelegte Aufbauhöhe [U2] in Wegmitte anzusetzen.

Eingangswerte:

Aufbauhöhe 1,14 Wegbreite 5,00 Gefälle 0,04 zusätzl. Aufbauhöhe 8,75

Abschnitt	Breite	Mittelpunkt	Mittlere Höhe [m]	Mittlere Last [kN/m^2]	Ersatzlast [kN/m]	Lastausbreitung [m]	Flächenlast auf Tunneldecke [kN/m^2]
1,00	0,63	0,31	1,06	-1,53	-0,96	3,15	-0,30
2,00	0,63	0,94	1,09	-1,09	-0,68	3,18	-0,21
3,00	0,63	1,56	1,11	-0,66	-0,41	3,21	-0,13
4,00	0,63	2,19	1,13	-0,22	-0,14	3,23	-0,04
5,00	0,63	2,81	1,15	0,22	0,14	3,26	0,04
6,00	0,63	3,44	1,17	0,66	0,41	3,28	0,13
7,00	0,63	4,06	1,19	1,09	0,68	3,31	0,21
8,00	0,63	4,69	1,22	1,53	0,96	3,33	0,29
Summe	5,00			Summe	0,00		

x-Wert	wirkende Flächenlasten	summierte Flächenlast [kN/m^2]
-1,06	1	-0,30
-0,46	1, 2	-0,52
0,14	1, 2, 3	-0,65
0,75	1, 2, 3, 4	-0,69
1,35	1, 2, 3, 4, 5	-0,65
1,95	2, 3, 4, 5, 6	-0,22
2,56	3, 4, 5, 6, 7	0,20
3,16	4, 5, 6, 7, 8	0,62
3,63	5, 6, 7, 8	0,66
4,28	6, 7, 8	0,62
4,92	7, 8	0,49
5,57	8	0,29
6,22	-	0,00



Nachweis der Ausbaulast inkl. Querneigung:

Ausbaulast Weg	23,85	kN/m²	
Ausbaulast Gefälle	0,66	kN/m²	
Gesamte Ausbaulast	24,51	kN/m²	< 25,1 kN/m²

Ausbaulast:

Dicke cm	Wichte kN/m³	Ausbaulast kN/m²
8,00	24,00	1,92
4,00	22,50	0,90
25,00	22,50	5,63
23,00	20,00	4,60
54,00	20,00	10,80
Summe		Summe
114,00		23,85

2.4 – 2.8 Parkquerung Grand

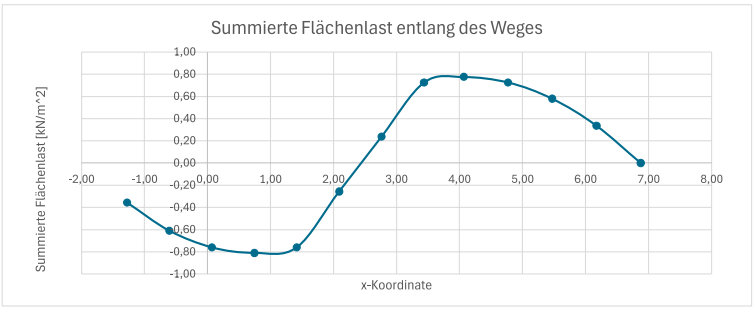
Festgelegte Aufbauhöhe [U2] in Wegmitte anzusetzen.

Eingangswerte:

Aufbauhöhe 1,17 | Wegbreite 5,50 | Gefälle 0,04 | zusätzl. Aufbauhöhe 9,63

Abschnitt	Breite	Mittelpunkt	Mittlere Höhe [m]	Mittlere Last [kN/m^2]	Ersatzlast [kN/m]	Lastausbreitung [m]	Flächenlast auf Tunneldecke [kN/m^2]
1,00	0,69	0,34	1,09	-1,68	-1,16	3,24	-0,36
2,00	0,69	1,03	1,11	-1,20	-0,83	3,27	-0,25
3,00	0,69	1,72	1,13	-0,72	-0,50	3,30	-0,15
4,00	0,69	2,41	1,16	-0,24	-0,17	3,33	-0,05
5,00	0,69	3,09	1,18	0,24	0,17	3,35	0,05
6,00	0,69	3,78	1,21	0,72	0,50	3,38	0,15
7,00	0,69	4,47	1,23	1,20	0,83	3,41	0,24
8,00	0,69	5,16	1,25	1,68	1,16	3,44	0,34
Summe	5,50			Summe	0,00		

x-Wert	wirkende Flächenlasten	summierte Flächenlast [kN/m²]
-1,28	1	-0,36
-0,60	1, 2	-0,61
0,07	1, 2, 3	-0,76
0,74	1, 2, 3, 4	-0,81
1,42	1, 2, 3, 4, 5	-0,76
2,09	2, 3, 4, 5, 6	-0,26
2,76	3, 4, 5, 6 ,7	0,24
3,44	4, 5, 6, 7, 8	0,73
4,07	5, 6, 7, 8	0,78
4,77	6, 7, 8	0,73
5,47	7, 8	0,58
6,17	8	0,34
6,88	-	0,00



Nachweis der Ausbaulast inkl. Querneigung:

Ausbaulast Weg	24,28	kN/m²	nicht lastenreduziert
Ausbaulast Gefälle	0,78	kN/m²	
Gesamte Ausbaulast	25,05	kN/m²	< 25,1 kN/m²

Ausbaulast:

Dicke cm	Wichte kN/m³	Ausbaulast kN/m²
4,00	22,50	0,90
6,00	22,50	1,35
25,00	22,50	5,63
25,00	20,00	5,00
57,00	20,00	11,40
Summe 117,00		Summe 24,28

3.1.1 Kleingartenerschließungsweg

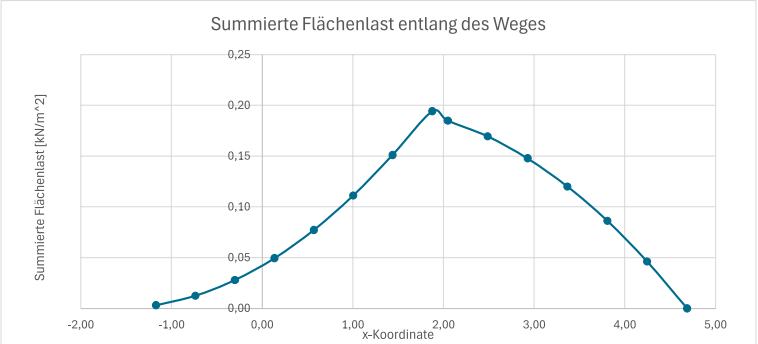
Festgelegte Aufbauhöhe [U2] kann am Tiefpunkt des Gefälles oder in Wegmitte angesetzt werden.

Eingangswerte:

Aufbauhöhe 1,17 Wegbreite 3,50 Gefälle 0,01 zusätzl. Aufbauhöhe 0,88

Abschnitt	Breite	Mittelpunkt	Mittlere Höhe [m]	Mittlere Last [kN/m²]	Ersatzlast [kN/m]	Lastausbreitung [m]	Flächenlast auf Tunneldecke [kN/m²]
1,00	0,44	0,22	1,17	0,02	0,01	3,09	0,00
2,00	0,44	0,66	1,17	0,07	0,03	3,09	0,01
3,00	0,44	1,09	1,18	0,11	0,05	3,10	0,02
4,00	0,44	1,53	1,18	0,15	0,07	3,10	0,02
5,00	0,44	1,97	1,18	0,20	0,09	3,10	0,03
6,00	0,44	2,41	1,18	0,24	0,11	3,10	0,03
7,00	0,44	2,84	1,18	0,28	0,12	3,11	0,04
8,00	0,44	3,28	1,19	0,33	0,14	3,11	0,05
Summe	3,50			Summe	0,61		

x-Wert	wirkende Flächenlasten	summierte Flächenlast [kN/m²]
-1,17	1	0,00
-0,74	1, 2	0,01
-0,30	1, 2, 3	0,03
0,13	1, 2, 3, 4	0,05
0,57	1, 2, 3, 4, 5	0,08
1,01	1, 2, 3, 4, 5, 6	0,11
1,44	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	0,15
1,88	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	0,19
2,05	3, 4, 5, 6, 7, 8	0,18
2,49	4, 5, 6, 7, 8	0,17
2,93	5, 6, 7, 8	0,15
3,37	6, 7, 8	0,12
3,81	7, 8	0,09
4,25	8	0,05
4,69	-	0,00



Nachweis der Ausbaulast inkl. Querneigung:

Ausbaulast Weg	24,15	kN/m²	nicht lastenreduziert
Ausbaulast Gefälle	0,19	kN/m²	
Gesamte Ausbaulast	24,34	kN/m²	< 25,1 kN/m²

Ausbaulast:

Dicke cm	Wichte kN/m³	Ausbaulast kN/m²
4,00	22,50	0,90
6,00	22,50	1,35
20,00	22,50	4,50
87,00	20,00	17,40
Summe 117,00		Summe 24,15

3.2 Stichweg Grand

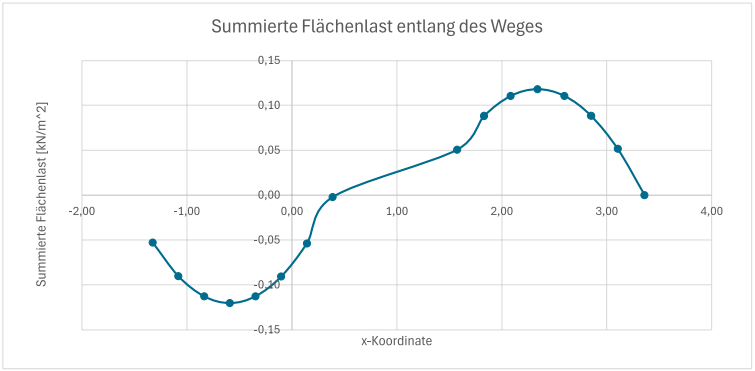
Festgelegte Aufbauhöhe [U2] in Wegmitte anzusetzen.

Eingangswerte:

Aufbauhöhe 1,20 Wegbreite 2,00 Gefälle 0,04 zusätzl. Aufbauhöhe 3,50

Abschnitt	Breite	Mittelpunkt	Mittlere Höhe [m]	Mittlere Last [kN/m^2]	Ersatzlast [kN/m]	Lastausbreitung [m]	Flächenlast auf Tunneldecke [kN/m^2]
1,00	0,25	0,13	1,17	-0,61	-0,15	2,90	-0,05
2,00	0,25	0,38	1,18	-0,44	-0,11	2,91	-0,04
3,00	0,25	0,63	1,19	-0,26	-0,07	2,92	-0,02
4,00	0,25	0,88	1,20	-0,09	-0,02	2,93	-0,01
5,00	0,25	1,13	1,20	0,09	0,02	2,94	0,01
6,00	0,25	1,38	1,21	0,26	0,07	2,95	0,02
7,00	0,25	1,63	1,22	0,44	0,11	2,96	0,04
8,00	0,25	1,88	1,23	0,61	0,15	2,97	0,05
Summe	2,00			Summe	0,00		

x-Wert	wirkende Flächenlasten	summierte Flächenlast [kN/m²]
-1,33	1	-0,05
-1,08	1, 2	-0,09
-0,84	1, 2, 3	-0,11
-0,59	1, 2, 3, 4	-0,12
-0,35	1, 2, 3, 4, 5	-0,11
-0,10	1, 2, 3, 4, 5, 6	-0,09
0,14	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	-0,05
0,39	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	0,00
1,58	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	0,05
1,83	3, 4, 5, 6, 7, 8	0,09
2,09	4, 5, 6, 7, 8	0,11
2,34	5, 6, 7, 8	0,12
2,60	6, 7, 8	0,11
2,85	7, 8	0,09
3,11	8	0,05
3,36	-	0,00



Nachweis der Ausbaulast inkl. Querneigung:

Ausbaulast Weg	24,75	kN/m²	nicht lastenreduziert
Ausbaulast Gefälle	0,12	kN/m²	
Gesamte Ausbaulast	24,87	kN/m²	< 25,1 kN/m²

Ausbaulast:

Dicke cm	Wichte kN/m³	Ausbaulast kN/m²
4,00	22,50	0,90
6,00	22,50	1,35
20,00	22,50	4,50
90,00	20,00	18,00
Summe 120,00		Summe 24,75

3.3 Kleingartenpflegeweg

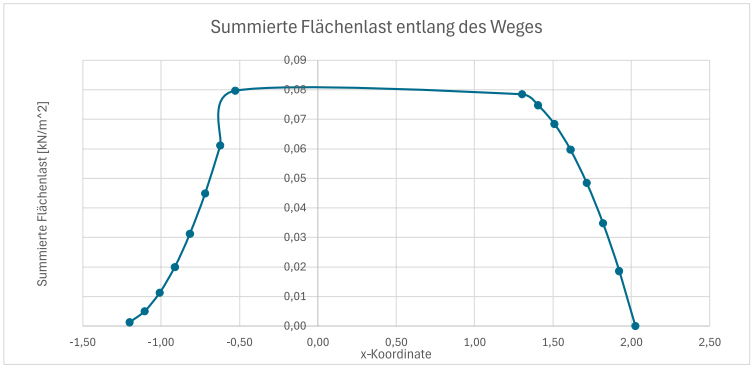
Festgelegte Aufbauhöhe [U2] kann am Tiefpunkt des Gefälles oder in Wegmitte angesetzt werden.

Eingangswerte:

Aufbauhöhe 1,20 Wegbreite 0,80 Gefälle 0,04 zusätzl. Aufbauhöhe 1,40

Abschnitt	Breite	Mittelpunkt	Mittlere Höhe [m]	Mittlere Last [kN/m²]	Ersatzlast [kN/m]	Lastausbreitung [m]	Flächenlast auf Tunneldecke [kN/m²]
1,00	0,10	0,05	1,20	0,04	0,00	2,79	0,00
2,00	0,10	0,15	1,21	0,11	0,01	2,79	0,00
3,00	0,10	0,25	1,21	0,18	0,02	2,80	0,01
4,00	0,10	0,35	1,21	0,25	0,02	2,80	0,01
5,00	0,10	0,45	1,22	0,32	0,03	2,81	0,01
6,00	0,10	0,55	1,22	0,39	0,04	2,81	0,01
7,00	0,10	0,65	1,22	0,46	0,05	2,81	0,02
8,00	0,10	0,75	1,23	0,53	0,05	2,82	0,02
Summe	0,80			Summe	0,22		

x-Wert	wirkende Flächenlasten	summierte Flächenlast [kN/m^2]
-1,20	1	0,00
-1,11	1, 2	0,01
-1,01	1, 2, 3	0,01
-0,91	1, 2, 3, 4	0,02
-0,82	1, 2, 3, 4, 5	0,03
-0,72	1, 2, 3, 4, 5, 6	0,04
-0,62	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	0,06
-0,53	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	0,08
1,30	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	0,08
1,41	3, 4, 5, 6, 7, 8	0,07
1,51	4, 5, 6, 7, 8	0,07
1,61	5, 6, 7, 8	0,06
1,72	6, 7, 8	0,05
1,82	7, 8	0,03
1,92	8	0,02
2,03	-	0,00



Nachweis der Ausbaulast inkl. Querneigung:

Ausbaulast Weg	24,80	kN/m²	nicht höhenreduziert
Ausbaulast Gefälle	0,08	kN/m²	
Gesamte Ausbaulast	24,88	kN/m²	< 25,1 kN/m²

Ausbaulast:

Dicke cm	Wichte kN/m³	Ausbaulast kN/m²
5,00	24,00	1,20
4,00	22,50	0,90
20,00	22,50	4,50
91,00	20,00	18,20
Summe 120,00		Summe 24,80