

DB Netz AG
Regionalbereich Mitte
Großprojekte
(I.NG-MI-L)
Hahnstraße 49
60528 Frankfurt am Main

Abschätzung der Oberflächensetzungen aus dem Tunnelvortrieb im Stationsbereich Machbarkeitsstudie

Knoten Frankfurt; Fernbahntunnel inkl. Station unterhalb des Hbf. Frankfurt/Main

Ersteller(in):	DB Netz AG / Ingenieurgemeinschaft Fernbahntunnel Frankfurt am Main
Verantwortliche(r):	Rainer Lehmann Großprojekte RB Mitte (I.NG-MI-L), DB Netz AG
Version:	0.1, 04.12.2020

Revisionsdokumentation

Version	Datum	Bearbeiter	Beschreibung
0.1	04.12.2020	Mesay Mammo / Nabil Youala	erste Ausgabe

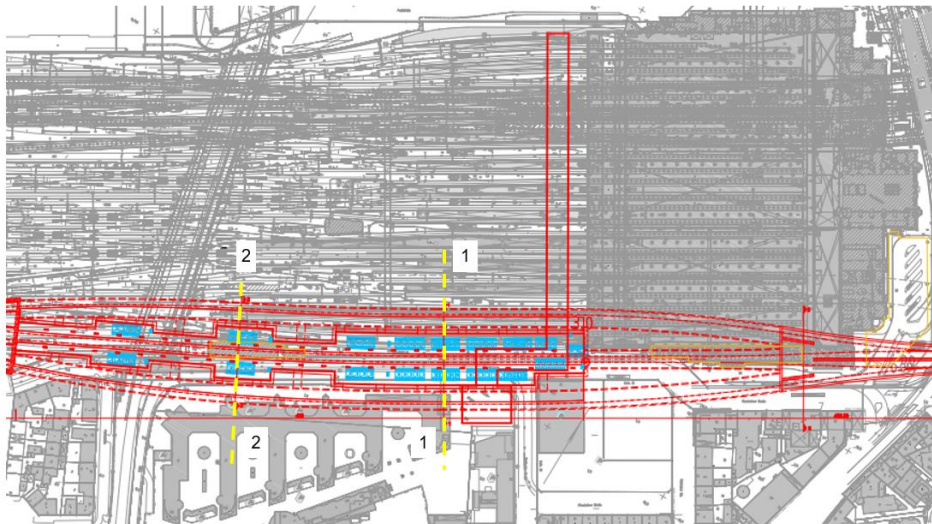
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Vorbemerkungen	4
1.2	Randbedingungen	5
1.3	Unterlagen, Literatur und Programme.....	5
1.3.1	Technische Vorschriften	5
1.3.2	Literatur und Tabellenwerke	6
1.3.3	Allgemeine Programmbeschreibungen	6
1.3.4	Abweichungen von Regelwerken.....	6
1.3.5	Verwendete Unterlagen	6
2	Baugrund	7
3	Vorgehensweise, Ermittlung der Setzungen	10
3.1	Quersetzungsmulde	10
3.2	Kriterien zur Beurteilung des Schadenspotenzials von Setzungsmulden	13
4	Berechnungsergebnisse	17
4.1	Schnitte 1-1 und 2-2	17
4.1.1	Untere Grenzwert der Oberflächensetzungen.....	18
4.1.2	Oberer Grenzwert der Oberflächensetzungen	20
5	Zusammenfassung	23

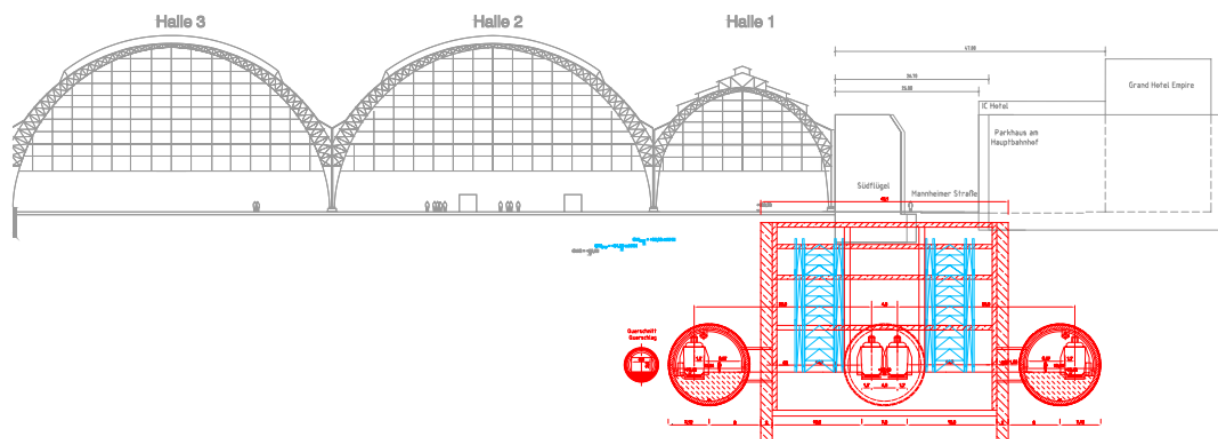
1 Einleitung

1.1 Vorbemerkungen

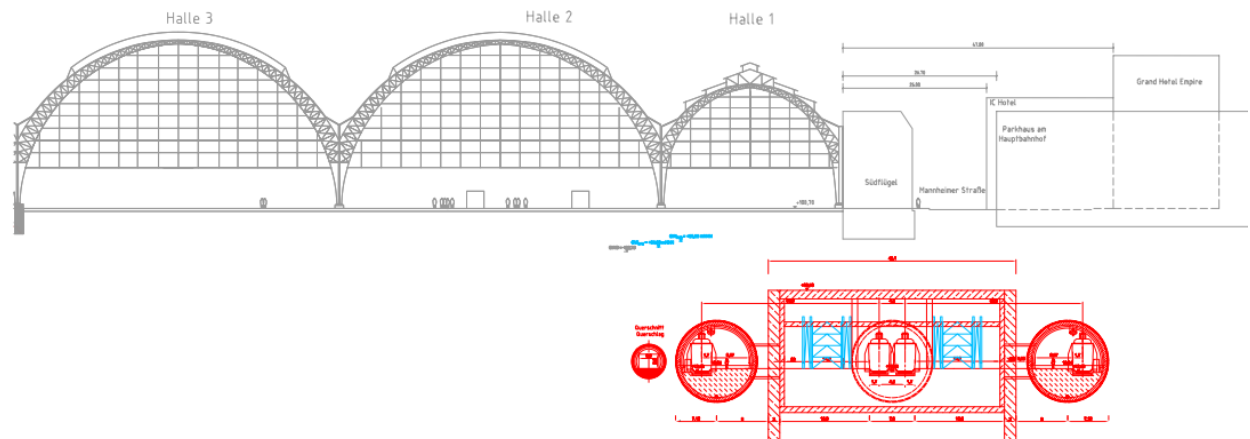
Die folgende Untersuchung befasst sich mit der Abschätzung Oberflächensetzungen aus dem Tunnelvortrieb im Stationsbereich. Auf der sicheren Seite liegend wird stellvertretend für alle Stationstypen der Stationstyp C untersucht. Die folgenden Schnitte werden für die Abschätzung der Setzungen an der Geländeoberfläche und Fundamentunterkanten betrachtet.



Grundriss, Ausschnitt aus Plan Trassenvariante S2-W-T2-1_SK_Y, Station Typ C



Schnitt 1-1, Ausschnitt aus Plan Trassenvariante S2-W-T2-1_SK_Y, Station Typ C



4.2.2

Schnitt 2-2, Ausschnitt aus Plan Trassenvariante S2-W-T2-1_SK_Y, Station Typ C

1.2 Randbedingungen

Schnitte 1-1 und 2-2

Drei Tunnelröhre mit Durchmesser von ca. 14,3 m werden in Abstand von ca. 30 m mit Schildvortrieb hergestellt.

Die Überlagerungshöhe des Tunnels beträgt ca. 20 m.

Die Tunnelröhren liegen in den Frankfurter Ton. Der Frankfurter Ton ist mit ca. 9 m Quartäre Sande und Kies Schicht überlagert.

Im Bereich der Schnitte 1-1 und 2-2 befinden sich die folgende Bauwerke:

- Der Südflügel des Frankfurter-Bahnhofs
- Das Parkhaus am Hauptbahnhof
- IC Hotel
- Grand Hotel Empire
- Straßen und Gleise

Nach den Plänen der Vorplanung besitzt der Südflügel des Frankfurter Bahnhofs die tiefste Fundamentunterkante bei ca. 5,2 m von der Geländeoberfläche.

1.3 Unterlagen, Literatur und Programme

1.3.1 Technische Vorschriften

DIN 1054:2010, Baugrund- Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau

1.3.2 Literatur und Tabellenwerke

[1] Oberflächensetzungen beim Tunnelvortrieb im Lockergestein- Prognose, Messung und Beeinflussung, Dr. -Ing. Jochen Fillibeck, 01/2012.

1.3.3 Allgemeine Programmbeschreibungen

Infocad V 19.10	FE-Berechnungen, InfoGraph GmbH
Microsoft Word V. 2013	Allgemeines Textverarbeitungsprogramm
Microsoft Excel V. 2013	Allgemeines Tabellenkalkulationsprogramm

1.3.4 Abweichungen von Regelwerken

Für die Setzungsermittlungen werden weder Abweichungen noch ergänzende oder zusätzliche Regelungen zu den Vorschriften in Abschnitt 1.3 getroffen.

1.3.5 Verwendete Unterlagen

Zur Bearbeitung der Setzungsermittlungen stehen folgende Unterlagen zur Verfügung

- [U1] Knoten Frankfurt, Fernbahntunnel inkl. Station unterhalb des HBF Frankfurt/Main, Machbarkeitsstudie, Bericht Nr. IK2024/01, Grundlagenermittlung: Beschreibung der Bau- grund- und Grundwasserverhältnisse für den geplanten Fernbahntunnel, IK, KATZEN- BACH INGENIEURE, 08.06.2020.
- [U2] Knoten Frankfurt, Fernbahntunnel inkl. Station unterhalb des HBF Frankfurt/Main, Machbarkeitsstudie, Pläne, Bearbeitungszustand 11.2020, DB Netz AG / Ingenieurgemein- schaft Fernbahntunnel Frankfurt am Main.

2 Baugrund

Der Schichtaufbau des Baugrundes sowie die Baugrundkennwerte werden gemäß [U1] angesetzt.

- Frankfurter Ton (Wechselagerung, Gebirgsparameter)

Wichte des feuchten Bodens:	γ	=	18 - 19 kN/m ³
Wichte des Bodens unter Auftrieb:	γ'	=	8 - 9 kN/m ³

Endscherfestigkeit:

- Reibungswinkel: $\varphi' = 20^\circ$
- Kohäsion: $c' = 20 \text{ kN/m}^2$

Anfangsscherfestigkeit:

- Reibungswinkel: $\varphi_u = 0^\circ$
- Kohäsion: $c_u = \geq 100 \text{ kN/m}^2$ (vgl. Bild 4)

Steifemodul:

- Erstbelastung: $E_{s,E} = 7 \cdot (1 + 0,35 \cdot z) [\text{MN/m}^2]$
(z in m ab OK Tertiär)
- Wiederbelastung: $E_{s,W} = 3 \cdot E_{s,E}$

Charakteristische Bodenkennwerte, Frankfurter Ton [U1]

- **Frankfurter Kalke**

a) Plastische Tone und Tonmergel

Wichte des feuchten Bodens:	$\gamma = 18 - 19 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb:	$\gamma' = 8 - 9 \text{ kN/m}^3$
Scherfestigkeit:	
- Reibungswinkel:	$\varphi' = 20 - 25^\circ$
- Kohäsion:	$c' = 20 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul (Erstbelastung):	$E_{s,E} = 25 - 50 \text{ MN/m}^2$

b) Kalksande und Kalkschluffe

Wichte des feuchten Bodens:	$\gamma = 19 - 20 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb:	$\gamma' = 9 - 10 \text{ kN/m}^3$
Scherfestigkeit:	
- Reibungswinkel:	$\varphi' = 27,5 - 35^\circ$
- Kohäsion:	$c' = 10 - 0 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul (Erstbelastung):	$E_{s,E} = 30 - 60 \text{ MN/m}^2$

c) Kalk-, Mergel- und Algenkalkbänke

Wichte des feuchten Bodens:	$\gamma = 23 - 26 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb:	$\gamma' = 13 - 16 \text{ kN/m}^3$
Einaxiale Druckfestigkeit:	$q_u = 2 - 200 \text{ MN/m}^2$
Steifemodul (Erstbelastung):	$E_{s,E} \geq 450 \text{ MN/m}^2$

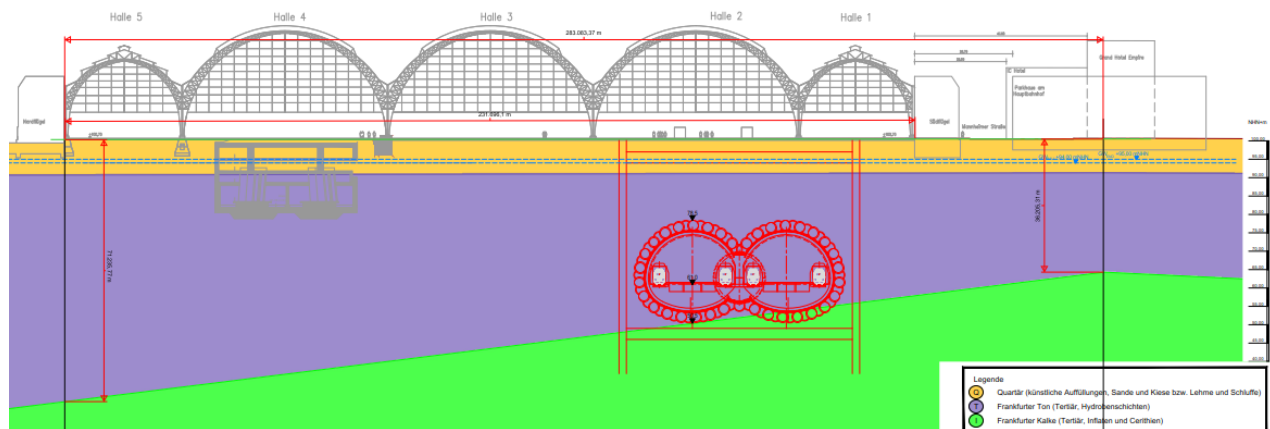
d) Mittlere Gebirgskennwerte Frankfurter Kalke

Wichte des feuchten Bodens:	$\gamma = 20 - 22 \text{ kN/m}^3$
Wichte des Bodens unter Auftrieb:	$\gamma' = 10 - 12 \text{ kN/m}^3$
Scherfestigkeit:	
- Reibungswinkel:	$\varphi' = 32,5^\circ$
- Kohäsion:	$c' = 15 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul:	
• Erstbelastung:	$E_{s,E} = 300 \pm 50 \text{ MN/m}^2$
• Wiederbelastung:	$E_{s,W} = 1,5 \cdot E_{s,E}$

Charakteristische Bodenkennwerte, Frankfurter Kalke [U1]

In dem geotechnischen Bericht sind für die Quartäre Sande und Kiese keine Kennwerte vorgeschlagen. Einen Reibungswinkel von $\varphi=30^\circ$ ohne Kohäsion wird angenommen.

Der Aufbau des Baugrunds wird nach [U1] wie folgt angenommen.



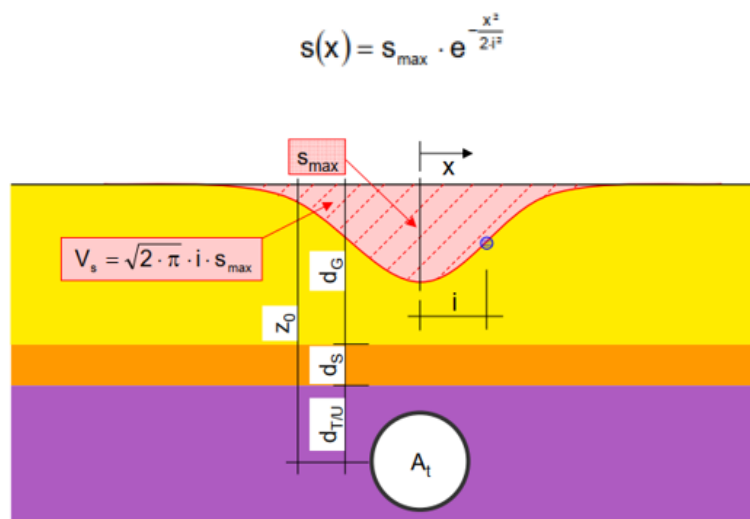
Baugrundaufbau [U1]

3 Vorgehensweise, Ermittlung der Setzungen

Die Einschätzung der Setzungen wird anhand der mathematischen bzw. empirischen Formeln nach [1] durchgeführt.

3.1 Quersetzungsmulde

Nach [1] kann die Setzungsmulde in Tunnelquerrichtung geeignet durch die Normalverteilungsfunktion nach Gauß beschrieben werden. Die Setzung $s(x)$ an der Stelle x wie auch das Volumen der Setzungsmulde V_s an der Geländeoberfläche ist durch zwei Parameter, die maximale Setzung S_{\max} sowie den Abstand des Wendepunkts von der Tunnelachse i bestimmt.



Quersetzungsmulde

Das Volumen der Setzungsmulde V_s wird mit der folgenden Gleichung ermittelt:

$$V_s = \sqrt{2\pi} * i * s_{\max}$$

Definiert man den Volumenverlust VL_s als das Verhältnis zwischen V_s und der Fläche des Tunnelquerschnitts A_t , so kann die Unbekannte S_{\max} alternativ auch durch VL_s ausgedrückt werden.

$$s_{\max} = VL_s \cdot \frac{A_t}{\sqrt{2\pi} \cdot i}$$

Die maximale Tangentenneigung $1/n$ im Wendepunkt i wird durch die folgende Gleichung ermittelt.

$$1/n = \frac{s_{\max}}{\sqrt{e \cdot i}}$$

Für Schildvortriebe empfiehlt die Literatur [1] zur Ermittlung des Volumenverlust VL_s die folgenden empirischen Formeln mit Berücksichtigung der Entwicklung der Maschinentechnik in wichtigen Setzungsrelevanten Bereichen.

	Schildvortrieb
$VL_{s,50\%} =$	$0,0033 \cdot \left(\frac{A_t}{z_0}\right)^{-0,82}$
$VL_{s,90\%} =$	$0,0064 \cdot \left(\frac{A_t}{z_0}\right)^{-0,72}$
$VL_{s,99\%} =$	$0,0093 \cdot \left(\frac{A_t}{z_0}\right)^{-0,70}$

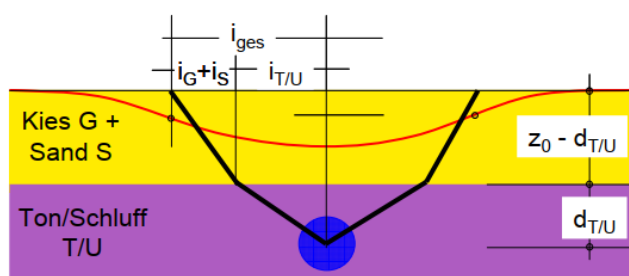
VL_s für verschiedene Vertrauensbereiche (A_t/z_0 in m)

Wendepunktabstand (i):

Beim Mehrschichtsystem kann es angenommen werden, dass sich der Wendepunktabstand der Gesamtesetzungsmulde i_{ges} aus Anteilen der einzelnen Schichten zusammensetzt (s. folgende Abbildung).

$$I_{\text{ges}} = K_{G/S} \cdot d_{G/S} + K_{T/U} \cdot d_{T/U}$$

$$I_{\text{ges}} = K_{G/S} \cdot (z_0 - d_{T/U}) + K_{T/U} \cdot d_{T/U}$$



Dabei bedeuten:

- $i_G, i_{T/U}, i_S$: Wendepunktabstand der jeweiligen Schicht
- $d_{T/U}$: Schichtdicke der Tone und Schluffe
- $z_0 - d_{T/U}$: Schichtdicke der Sande und Kiese

Nach den vorliegenden Auswertungen [1] lässt sich der mittlere Wendepunktabstand i wie folgt ermitteln:

In Kiesen / Sanden: $K_{G/S} = 0,57$

In Tonen/Schluffen: $K_{T/U} = 0,82$

Die Wendepunktabstände in Abhängigkeit vom Baugrund werden im [1] wie folgt angegeben.

Baugrund		Wendepunktabstand i [m]
nichtbindig	locker bis mitteldicht	0,25 bis $0,5 \cdot z_0$
	mitteldicht bis dicht	0,4 bis $0,6 \cdot z_0$
bindig	weich bis steif	0,3 bis $0,6 \cdot z_0$
	steif bis halbfest / fest	0,5 bis $0,9 \cdot z_0$

Da beim konstanten Volumenverlust mit kleiner werdendem i die Setzungsdifferenzen, Dehnungen und Krümmungen der Setzungsmulde größer werden, wurde zusätzlich ein vergleichsweise kleiner Wendepunktabstand gemäß die folgende K-Werte bei der Auswertung berücksichtigt.

In Kiesen / Sanden: $K_{G/S} = 0,4$ In Tonen/Schluffen: $K_{T/U} = 0,4$

3.2 Kriterien zur Beurteilung des Schadenspotenzials von Setzungsmulden

Verfahren nach Burland aus [1]:

Schritt 1:

Im 1. Schritt werden nur die Tangentenneigungen $1/n$ und maximalen Setzungen S_{\max} der Gesamtsetzungsmulde betrachtet. Die Einflüsse aus dem Bauwerk bleiben unberücksichtigt (greenfield Settlements). Werden die Grenzwerte unterschritten, sind keine weiteren Untersuchungen erforderlich.

Grenzwerte $1/n < 1/500$, $S_{\max} < 10 \text{ mm}$

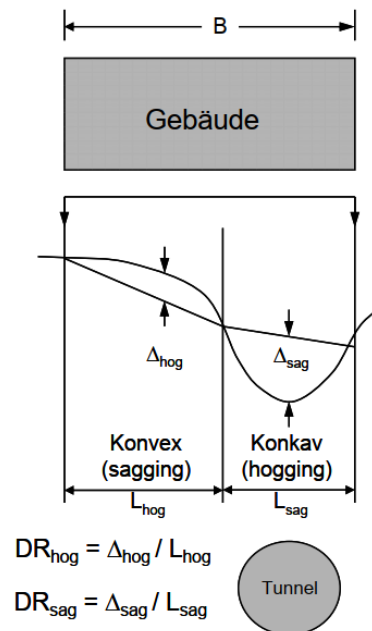
Schritt 2;

Werden die Grenzwerte überschritten, muss im 2. Schritt die maximale horizontale Dehnung $\varepsilon_h(x)$ sowie die Krümmung DR (deflection ratio) im Bauwerksbereich ebenfalls unter „greenfield conditions“ bestimmt werden. Dies sind die Eingangsgrößen zur Bestimmung der Schadens-kategorie nach Burland, 1991.

Formel zur Bestimmung der horizontalen Dehnung aus [1]:

$$\varepsilon_h(x) = \frac{s(x)}{z_0} \cdot \left(\frac{x^2}{i^2} - 1 \right)$$

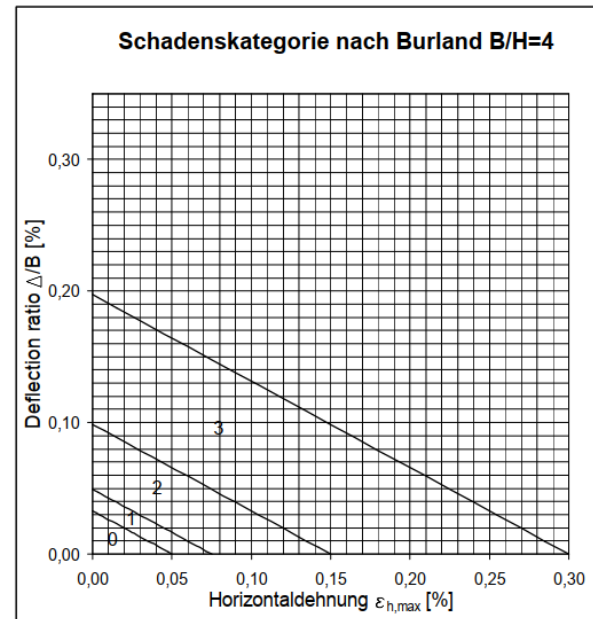
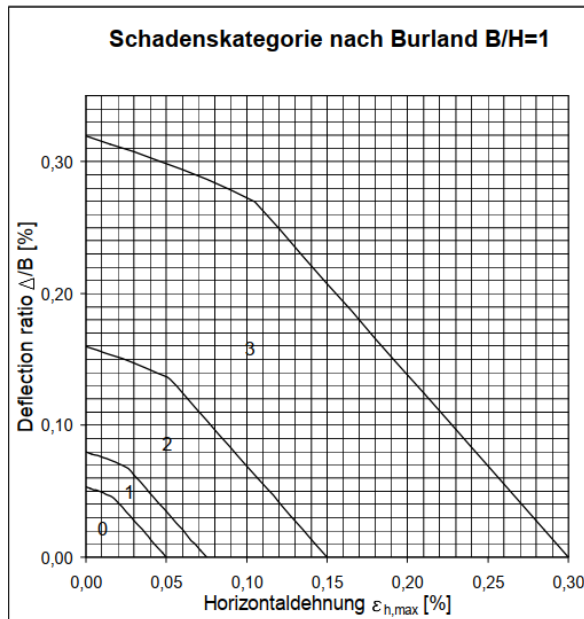
Neben diesen Dehnungsanteilen entstehen im Bauwerk, welches der Setzungsmulde folgt, auch Biege- und Schubdehnungen aus der Krümmung DR der Setzungsmulde. Es wird unterschieden zwischen konkaver (DR_{sag}) und Konvexer (DR_{hog}). Wobei die konvexe Krümmung für das Bauwerk in der Regel ungünstige ist.



Krümmung aus [1]

Die Größe der Biege- und Schubdehnungen ist abhängig von der Breite B des Bauwerks senkrecht zum Vortrieb und dessen Höhe H. Die Schadenskategorien nach Burland beruhen auf Grenzwerten für die maximal im Bauwerk auftretenden Horizontal-, Biege- und Schubdehnungen und können für verschiedene Verhältnisse von B/H aus Diagrammen abgelesen werden.

In den folgenden Abbildungen sind für $B/H = 1$ und $B/H = 4$ die Diagramme zur Ermittlung des Schadenspotenzials nach Burland bei konvexer Krümmung dargestellt. Für Verhältnisse $B/H > 4$ ändern sich die Diagramme nur noch unwesentlich.



B = Bauwerksbreite senkrecht zum Vortrieb
 DR = Deflection Ratio (Krümmung)

H = Bauwerkshöhe
 Δ = Sehnenlänge

Schadenskategorie nach Burland, 1974 für B/H = 1 und B/H = 4 [aus 1]

Schadenskategorien:

SK 0 bis 2 Ästhetische Schäden

SK 3 und 4 Gebrauchstauglichkeit eingeschränkt

SK 5 Verlust der Stabilität des Bauwerks

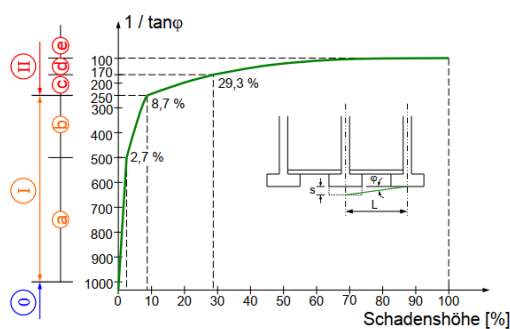
Schritt 3:

Wenn die Schadenskategorie größer als 2 ist, sind detaillierter Untersuchungen notwendig, bei denen auch das Bauwerk modelliert und dessen Steifigkeit mitberücksichtigt wird.

Für die Machbarkeitsstudie werden nur die Schritte 1 und 2 betrachtet.

Verfahren nach Kramer aus [1]:

Ergänzend zu dem Kriterium nach Burland wird nachfolgend zusätzlich das einfache Kriterium von Kramer, 1978 beschrieben. Maßgebend bei diesem Kriterium ist die sich einstellende maximale Tangentenneigung $1/n = S/L = \tan \varphi$ zwischen 2 Fundamenten.



Bereich 0: keine Schäden

Bereich I: architektonische Schäden

- a) leichte architektonische Schäden: Putzrisse beseitigen, Decken streichen, Wände tapezieren
- b) mittlere bis starke architektonische Schäden: wie a), zusätzlich Risse auskeilen und verfugen, Schreinerarbeiten an Türen / Fenstern, Fliesenarbeiten, Außenfassade Risse verfugen

Bereich II: konstruktive Schäden

- c) leichte bis mittlere konstruktive Schäden: wie b), jedoch zusätzlich Aufnehmen und Erneuern der Fußböden, Unterzüge einbauen, Innenputzarbeiten, Mehraufwand für Fassade, Wertminderung
- d) starke konstruktive Schäden: noch reparabel
- e) Einsturz bzw. Abbruch: Abbruch und Wiederaufbau ohne Berücksichtigung des Nutzungsausfalls

Gebäudeschäden nach Kramer aus [1]

Da bei den untersuchten Querschnitten die Lage der Fundamente nicht im Detail bekannt ist, wird für die Beurteilung, die maximale Tangentenneigung der Setzungsmulde im Bereich der Gebäude zugrunde gelegt.

4.1.1 Untere Grenzwert der Oberflächensetzungen

In Kiesen / Sanden: $K_{G/S} = 0,57$

In Tonen / Schluffen: $K_{T/U} = 0,82$

$Z_{uk,Fund} [m] = 5,2$

Verschiebungen bzw. Neigungen an der Geländeoberfläche

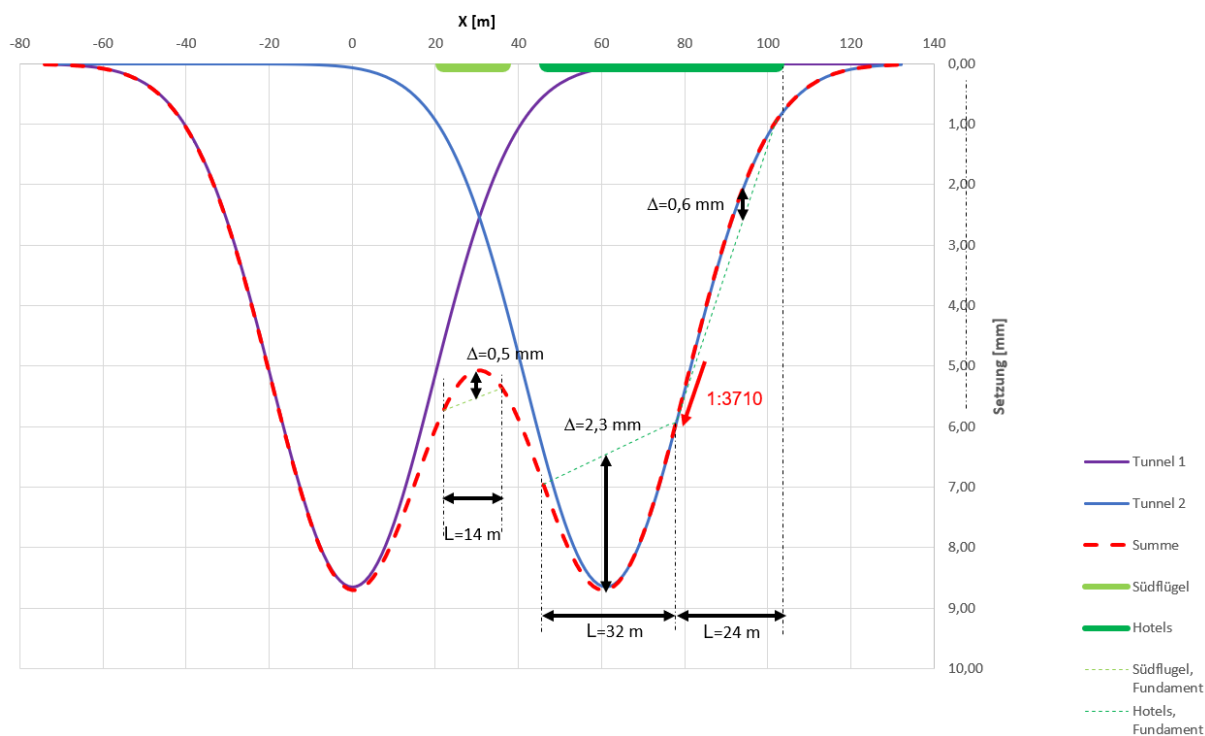
$Z_{0,1} [m]$	$x_1 [m]$	$D_1 [m]$	$d_{T/U,1} [m]$	$A_{t,1} [m^2]$	$VL_{s1,99} [\%]$	$V_{s,1} [m^3]$	$i_{ges,1} [m]$	$S_{max,1} [mm]$	Neigung, n_1
26,4	0	14,3	17,7	160,6	0,263	0,422	19,5	8,6	3713
$Z_{0,2} [m]$	$x_2 [m]$	$D_2 [m]$	$d_{T/U,2} [m]$	$A_{t,2} [m^2]$	$VL_{s2,99} [\%]$	$V_{s,2} [m^3]$	$i_{ges,2} [m]$	$S_{max,2} [mm]$	Neigung, n_2
26,4	61	14,3	17,7	160,6	0,263	0,422	19,5	8,6	3713

Gesamtsetzungsmulde

$\sum s(x), max$	8,7 mm
Neigung der Gesamtsetzungsmulde, n	3713
$\epsilon_n(x), max$	0,031

max Δ_{sag} bzw. Δ_{hog} [mm]	L_{sag} bzw. L_{hog} [m]	DR_{sag} bzw. DR_{hog} $=\Delta/L$ [-]	Anmerkung
-0,44	14,00	-0,003	Südflügel
2,26	32,00	0,007	Hotels
-0,58	24,00	-0,002	Hotels

Schnitt 1-1, Setzungsermittlung auf der Geländeoberfläche, unterer Grenzwert



Verschiebungen bzw. Neigungen an der Fundamentunterkante

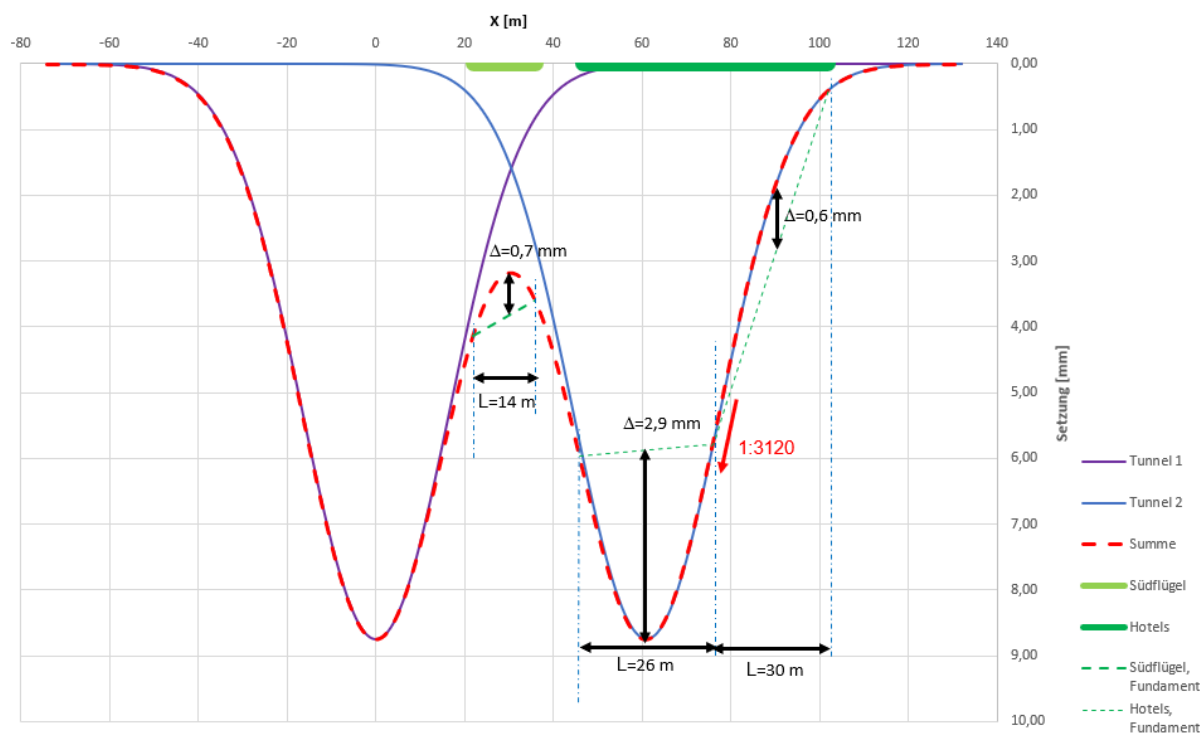
$Z_{0,1}$ [m]	x_1 [m]	D_1 [m]	$d_{T/U,1}$ [m]	$A_{t,1}$ [m ²]	$VL_{s1,99}$ [%]	$V_{s,1}$ [m ³]	$i_{ges,1}$ [m]	$S_{max,1}$ [mm]	Neigung, n_1
21,2	0	14,3	17,7	160,6	0,225	0,362	16,5	8,7	3112
$Z_{0,2}$ [m]	x_2 [m]	D_2 [m]	$d_{T/U,2}$ [m]	$A_{t,2}$ [m ²]	$VL_{s2,99}$ [%]	$V_{s,2}$ [m ³]	$i_{ges,2}$ [m]	$S_{max,2}$ [mm]	Neigung, n_2
21,2	61	14,3	17,7	160,6	0,225	0,362	16,5	8,7	3112

Gesamtsetzungsmulde

$\sum s(x), \max$		8,8 mm
Neigung der Gesamtsetzungsmulde, n		3118
$\varepsilon_n(x), \max$		0,033

$\max \Delta_{sag}$ bzw. Δ_{hog} [mm]	L_{sag} bzw. L_{hog} [m]	DR_{sag} bzw. DR_{hog} $= \Delta/L$ [-]	Anmerkung
-0,65	14,00	-0,005	Südflügel
2,87	30,00	0,010	Hotels
-0,58	26,00	-0,002	Hotels

Schnitt 1-1, Setzungsermittlung auf der Unterseite des Fundaments, unterer Grenzwert



Beurteilung nach Burland:

Schritt 1:

Max. Neigung $1/n = 1/3120 < 1/500$ erfüllt

$S_{\max} = 8,8 \text{ mm} < 10 \text{ mm}$ erfüllt, (keine Schäden)

Beurteilung nach Kramer:

Max. Neigung $1/n = 1/3120 < 1/1000 \Rightarrow$ Bereich 0, keine Schäden

4.1.2 Oberer Grenzwert der Oberflächensetzungen

In Kiesen / Sanden: $K_{G/S} = 0,4$

In Tonen / Schluffen: $K_{T/U} = 0,4$

$Z_{uk,Fund} [\text{m}] = 5,2$

Verschiebungen bzw. Neigungen an der Geländeoberfläche

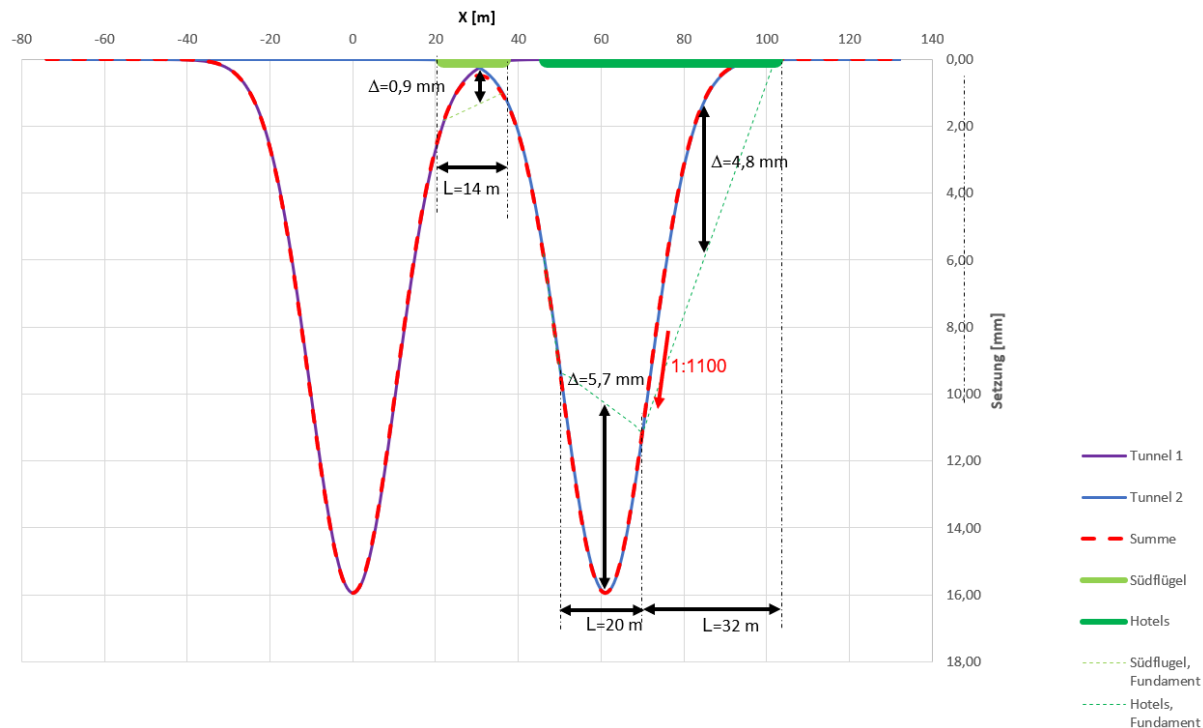
$Z_{0,1} [\text{m}]$	$x_1 [\text{m}]$	$D_1 [\text{m}]$	$d_{T/U,1} [\text{m}]$	$A_{t,1} [\text{m}^2]$	$VL_{s1,99} [\%]$	$V_{s,1} [\text{m}^3]$	$i_{ges,1} [\text{m}]$	$S_{max,1} [\text{mm}]$	Neigung, n_1
26,4	0	14,3	17,7	160,6	0,263	0,422	10,6	15,9	1092
$Z_{0,2} [\text{m}]$	$x_2 [\text{m}]$	$D_2 [\text{m}]$	$d_{T/U,2} [\text{m}]$	$A_{t,2} [\text{m}^2]$	$VL_{s2,99} [\%]$	$V_{s,2} [\text{m}^3]$	$i_{ges,2} [\text{m}]$	$S_{max,2} [\text{mm}]$	Neigung, n_2
26,4	61	14,3	17,7	160,6	0,263	0,422	10,6	15,9	1092

Gesamtsetzungsmulde

$\sum s(x), \text{max}$		15,9	mm
Neigung der Gesamtsetzungsmulde, n		1097	
$\epsilon_n(x), \text{max}$		0,060	

$\max \Delta_{sag}$ bzw. Δ_{hog}	L_{sag} bzw. L_{hog}	DR_{sag} bzw. DR_{hog} $= \Delta/L$	Anmerkung
[mm]	[m]	[-]	
-0,89	14,00	-0,006	Südflügel
-0,07	4,00	-0,002	Hotels
5,69	20,00	0,028	Hotels
-4,75	32,00	-0,015	Hotels

Schnitt 1-1, Setzungsermittlung auf der Geländeoberfläche, oberer Grenzwert



Verschiebungen bzw. Neigungen an der Fundamentunterkante

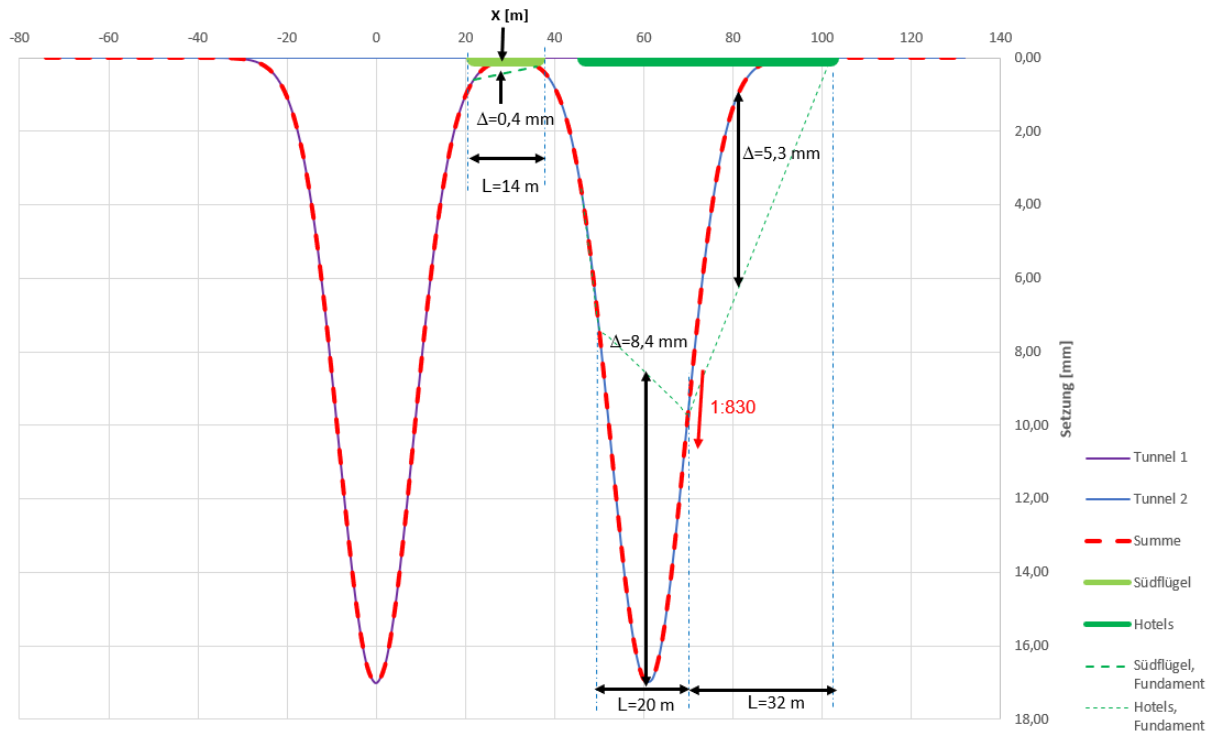
$Z_{0,1}$ [m]	x_1 [m]	D_1 [m]	$d_{T/U,1}$ [m]	$A_{t,1}$ [m ²]	$VL_{s1,99}$ [%]	$V_{s,1}$ [m ³]	$i_{ges,1}$ [m]	$S_{max,1}$ [mm]	Neigung, n_1
21,2	0	14,3	17,7	160,6	0,225	0,362	8,5	17,0	821
$Z_{0,2}$ [m]	x_2 [m]	D_2 [m]	$d_{T/U,2}$ [m]	$A_{t,2}$ [m ²]	$VL_{s2,99}$ [%]	$V_{s,2}$ [m ³]	$i_{ges,2}$ [m]	$S_{max,2}$ [mm]	Neigung, n_2
21,2	61	14,3	17,7	160,6	0,225	0,362	8,5	17,0	821

Gesamtsetzungsmulde

$\sum s(x)_{max}$		17,0 mm
Neigung der Gesamtsetzungsmulde, n	828	
$e_0(x)_{max}$		0,064

$\max \Delta_{sag}$ bzw. Δ_{hog}	L_{sag} bzw. L_{hog}	DR_{sag} bzw. DR_{hog} $= \Delta/L$	Anmerkung
[mm]	[m]	[-]	
-0,35	14,00	-0,003	Südflügel
-0,19	4,00	-0,005	Hotels
8,39	20,00	0,042	Hotels
-5,28	32,00	-0,017	Hotels

Schnitt 1-1, Setzungsermittlung auf der Unterkante des Fundaments, oberer Grenzwert



Beurteilung nach Burland:

Schritt 1:

Max. Neigung $1/n = 1/830 < 1/500$ erfüllt

$S_{max} = 17,0$ mm > 10 mm nicht erfüllt, Schritt 2 muss untersucht werden.

Schritt 2:

Maximale horizontale Dehnung ($\epsilon_{h,max}$) = 0,060

Max. Krümmung, $DR = 0,028$

$B/H=1 \Rightarrow$ Schadenskategorien 2 (Ästhetische Schäden)

$B/H=4 \Rightarrow$ Schadenskategorien 2 (Ästhetische Schäden)

Beurteilung nach Kramer:

Max. Neigung $1/n = 1/830 < 1/500 \Rightarrow$ Bereich I-a, leichte architektonische Schäden

5 Zusammenfassung

Die maximalen Oberflächensetzungen betragen ~1,7 Die Tangentenneigungen der
Setzungsmulde betragen 1:830.

Die Abschätzungen der Setzungen zeigen, dass es infolge des Tunnelvortriebs keine bis
leichte architektonische Schäden bei den vorhandenen Gebäuden zu erwarten sind.

Frankfurt am Main den 04.12.2020

aufgestellt: Mesay Tsegaye, Mammo (M.Sc.)

gesehen: Nabil Youala (Dipl. -Ing.)