



Treibhausgas und Umweltbilanzierung von Bauprojekten im Tiefbau – Anhang 1

Elementstammdaten

Vorgehen zur standardisierten und vereinfachten Ermittlung der Material- und Energieflüsse in Tiefbauprojekten der Stadt Zürich

Impressum

Auftraggeber

Stadt Zürich
Umwelt- und Gesundheitsschutz
Eggbühlstrasse 23
8050 Zürich

Ansprechpartner:
Philippe Stolz, Sandra Glättli

Stadt Zürich
Tiefbauamt
Werdmühleplatz 3
8001 Zürich

Ansprechpartner:
Markus Rausch

Auftragnehmer

OST – Ostschweizer Fachhochschule
Institut Bau und Umwelt
Oberseestrasse 10
8640 Rapperswil

F. Preisig AG
Hagenholzstrasse 83b
8050 Zürich

Ansprechpartner:
Heiner Brändli

Autor*innen

Susanne Kytzia, Andri Bacsa, Leon Wörle,
Paul Grewenig

Erscheinungsdatum

1.3.2024

Inhalt

1	Einleitung	4
2	Rechenwege	5
2.1	Strassenbau	5
2.1.1	Strassenoberbau	5
2.1.2	Randabschlüsse	6
2.1.3	Strassenabläufe	7
2.1.4	Aushub Strasse	8
2.2	Werkleitungen	9
2.2.1	Kanalisation, Wasserleitungen, Gasleitungen und Fernwärme	9
2.2.2	Unterlagsboden und Schutzplatte	13
2.2.3	Rohrblöcke	14
2.2.4	Schächte	15
2.2.5	Aushub Werkleitung	15
2.3	Gleisbau	17
2.3.1	Fahrbahn	17
2.3.2	Schiene	19
2.3.3	Aushub Gleis	19
3	Daten	20
3.1	Strassenbau	20
3.1.1	Strassenoberbau	20
3.1.2	Randabschlüsse	20
3.2	Werkleitungen	21
3.2.1	Rohre und Rohrumhüllung	22
3.2.2	Unterlagsboden und Schutzplatte	25
3.2.3	Rohrblöcke	26
3.2.4	Schächte	27
3.3	Gleisbau	28
3.3.1	Fahrbahn	28
3.3.2	Schiene	29

1 Einleitung

Zweck In diesem Anhang 1 wird dokumentiert, wie die Volumina der verschiedenen Baumaterialien im Excel-Tool zur Schätzung der Umweltbelastungen von Tiefbauprojekten berechnet werden. Es sind wenige allgemein formulierte Formeln, die aber für die verschiedenen Elemente mit unterschiedlichen Parametern definiert sind.

In der Anwendung des Excel-Tools können die Parameterwerte jederzeit angepasst werden. Für die Anpassung der Formeln müssen jedoch die Makros angepasst werden. Dies sollte nur in Zusammenarbeit mit einem Programmierer erfolgen.

Aufbau Die Gliederung dieser Berichts folgt der Struktur des Excel-Tools. Es wird zwischen den Hauptgruppen Strassenbau, Werkleitungsbau und Gleisbau unterschieden und anschliessend weiter nach Elementgruppen gegliedert.

Hauptgruppe	Elementgruppe	Elemente
Strassenbau	Strasse Asphalt	Deckschicht, Binderschicht, Tragschicht, Fundationsschicht
	Strasse Pflästerung	Fundationsschicht, Fugen, Pflästerung, Bettung
	Strasse Grünfläche	Deckschicht, Fundationsschicht
	Strasse Beton	Deckschicht, Tragschicht, Fundationsschicht
	Strasse Ungebunden	Deckschicht, Fundationsschicht
	Randabschluss	Bettung, Wasserstein, Randabschluss
	Aushub Strassenbau	Auffüllung
	Strassenablauf	Schacht
Werkleitung	Wasserleitung	Polyethylenrohr, Duktiles Gussrohr, Stahlrohr, Gussrohr Quellwasserleitung, Polyethylenrohr Quellwasserleitung, Stahlrohr Quellwasserleitung, Rohrumhüllung Beton, Rohrumhüllung Sonstige, Unterlagsbeton
	Kanalisation	Fertigteilebetonrohr, Steinzeugrohr, Polyethylenrohr Kanalisation, Polypropylenrohr, Schlauchliner, Rohrumhüllung Beton, Rohrumhüllung Sonstige, Unterlagsbeton
	Gasleitung	Stahlrohr, Polyethylenrohr, Rohrumhüllung
	Rohrblöcke	Geometrie, Rohrumhüllung
	Fernwärme	Stahlrohr, Polyethylenrohr, Unterlagsbeton, Schutzplatte
	Schacht	Schacht Beton, Schacht Kunststoff
	Aushub Werkleitung	Auffüllung
Gleisbau	Gleistrasse	Deckschicht, Oberbeton, Unterbeton, Fundationsschicht, Bauwerksbreite
	Grüntrasse	Schüttung, Unterbeton, Fundationsschicht, Bauwerksbreite, Schwelle
	Aushub Gleistrasse	Auffüllung

Die Ermittlung der Volumina der verschiedenen Baumaterialien unterscheidet sich nicht zwischen Neubau, Abbruch und Provisorien. Für alle drei Bereiche werden die gleichen Formeln und Parameterwerte verwendet.

2 Rechenwege

2.1 Strassenbau

2.1.1 Strassenoberbau

Formel 1 Die Materialvolumina der Schichten des Strassenoberbaus werden mit der folgenden allgemeinen Formel berechnet:

Volumen der Deckschicht, Tragschicht, Binderschicht, Foundationsschicht, Bettung:

$$V = S * A * (1 - w)$$

mit

- V: Materialvolumen der Schicht (m³)
- S: Schichtstärke (m)
- A: Fläche (m²)
- w: Anteil des wiederverwendeten Volumens (nur bei Foundationsschicht)

Wo angewendet? Diese Formel gilt für

- Strasse (Asphalt): Deckschicht, Tragschicht, Binderschicht, Foundationsschicht
- Strasse (Beton): Deckschicht, Tragschicht, Foundationsschicht
- Strasse (Grünfläche): Deckschicht, Foundationsschicht
- Strasse (ungebunden): Deckschicht, Foundationsschicht
- Strasse (Pflästerung): Bettung, Foundationsschicht

Der Parameterwert für die Fläche (A) wird jeweils für die gesamte Elementgruppe eingegeben. Der Parameterwert für die Schichtstärke (S) wird für jede einzelne Schicht (= Element) separat eingegeben.

Für alle Schichten ausser der Foundationsschicht ist der Wiederverwendungsanteil (w) auf 0 gesetzt. Für die Foundationsschicht können Wiederverwendungsanteile aus einer Dropdown-Liste ausgewählt werden.

Formel 2 Bei der Pflästerung müssen zusätzlich die Fugen berücksichtigt werden.

Volumen der Pflästerung

$$V = A_{Pflästerung} * (S - V_{Fugen/m^2})$$

mit

- V: Materialvolumen der Schicht (m³)
- S: Schichtstärke (m)
- A_{Pflästerung}: gepflästerte Fläche (m²)
- V_{Fugen/m²}: Volumen der Fugen pro m² gepflästerter Fläche (m³)

Wo angewendet? Diese Formel gilt nur für gepflästerte Flächen.

Der Parameterwert für die Fläche (A_{Pflästerung}) wird jeweils für die gesamte Elementgruppe eingegeben. Der Parameterwert für die Schichtstärke (S) wird für das Element «Pflästerung» angegeben.

Für den Parameter V_{Fugen/m²} ist ein fixer Wert hinterlegt (siehe Anhang 3.1.1).

2.1.2 Randabschlüsse

Formel 3 Das Materialvolumina der Natursteine in den Randabschlüssen wird mit der folgenden Formel berechnet:

Volumen der Natursteine in den Randabschlüssen:

$$V = F_{Randstein} * L$$

mit

- V: Materialvolumen der Natursteine in den Randabschlüssen (m³)
- L: Länge der Randabschlüsse (m)
- F_{Randstein}: Querschnittsfläche des Randsteins (m²)

Wo angewendet? Diese Formel gilt für Randabschlüsse.

Der Parameterwert für die Länge (L) wird jeweils für die gesamte Elementgruppe eingegeben. Die Parameterwerte für die Querschnittsfläche des Randsteins (=Element) ist vom Typ des Randsteins abhängig. Die Anwendenden wählen diesen Typ aus und das Excel-Tool sucht dann den zu diesem Typ hinterlegten Wert (siehe Anhang 3.1.2) .

Formel 4 Das Materialvolumen für die Fugen der Randsteine wird mit der folgenden Formel berechnet:

Volumen der Fugen

$$V = V_{Fugen_Randstein/m} * L$$

mit

- V: Materialvolumen der Fugen (m³)
- L: Länge der Randabschlüsse (m)
- V_{Fugen_Randstein/m}: Volumen der Fugen pro m Randstein (m²)

Wo angewendet? Diese Formel gilt für Randabschlüsse. Dabei sind die Fugen der Randschlüsse nicht als eigenes Element definiert, sondern als Teil des Elements «Randschlüsse»

Das Excel-Tool rechnet das Materialvolumen der Fugen im Hintergrund mit und weist immer das Material «Mörtel» zu.

Die Parameterwerte für das Volumen der Fugen pro Laufmeter Randstein ist vom Typ des Randsteins abhängig. Die Anwendenden wählen diesen Typ aus und das Excel-Tool sucht dann den zu diesem Typ hinterlegten Wert (siehe Anhang 3.1.2) .

Formel 5 Das Materialvolumen der Wassersteine wird mit der folgenden Formel berechnet:

Volumen der Wassersteine

$$V = V_{Wasserstein} * L * \theta_{Wassersteine}$$

mit

- V: Materialvolumen der Wassersteine (m³)
- L: Länge der Randabschlüsse (m)
- $\theta_{Wassersteine}$: Anzahl der Reihen von Wassersteinen (Stck)
- V_{Wasserstein}: Volumen der Wassersteine pro Laufmeter (m³)

Wo angewendet? Der Parameterwert für die Länge (L) wird jeweils für die gesamte Elementgruppe eingegeben. Die Parameterwerte für Anzahl der Reihen von Wassersteinen wird für das Element «Wasserstein» eingegeben. Das Volumen der Wassersteine pro Laufmeter ist von der Anzahl an Reihen abhängig. Diese Werte sind fix im Excel-Tool hinterlegt (siehe Anhang 3.1.2) .

Formel 6 Das Materialvolumen der Bettung der Randabschlüsse wird mit der folgenden Formel berechnet:

Volumen der Bettung

$$V = V_{Bettung/m} * L$$

mit

- V: Materialvolumen der Bettung (m³)
- L: Länge der Randabschlüsse (m)
- V_{Bettung/m}: Volumen der Bettung pro Laufmeter (m²)

Wo angewendet? Der Parameterwert für die Länge (L) wird jeweils für die gesamte Elementgruppe eingegeben. Die Parameterwerte für das Volumen der Bettung wird für das Element «Bettung» eingegeben.

2.1.3 Strassenabläufe

Formel 7 Für die Strassenabläufe werden zwei Materialvolumina berechnet: das Materialvolumen für das Fertigbetonteil und das Materialvolumen für den Gussdeckel. Dazu wird die folgende allgemeine Formel verwendet:

Volumen der unterschiedlichen Teile des Strassenablaufs (Fertigteilbeton + Deckel):

$$V_{Teil_Strassenablauf} = \theta_{Strassenabläufe} * V_{Teil_Strassenablauf/Stück}$$

mit

- V_{Teil_Strassenablauf}: Materialvolumen des Fertigbetonteils oder des Deckels (m³)
- $\theta_{Strassenabläufe}$: Anzahl der Strassenabläufe (Stck)
- V_{Teil_Strassenablauf/Stück}: Volumen des Fertigbetonteils/des Deckels pro Schacht (m³ pro Stck)

Wo angewendet? Diese Formel gilt für Strassenabläufe.

Die Parameterwerte werden jeweils für die gesamte Elementgruppe eingegeben. Das Volumen des Fertigbetonteils und des Deckels hängen vom Typ des Schachtes ab. Die Anwendenden wählen diesen Typ aus und das Excel-Tool sucht dann den zu diesem Typ hinterlegten Wert (siehe Anhang 3.1.3).

2.1.4 Aushub Strasse

Formel 8/9 In dieser Elementgruppe werden sowohl der Aushub wie auch die Auffüllung im Strassenbau abgeschätzt. Dazu werden die folgenden beiden Formeln verwendet:

Volumen von Aushub/Auffüllung:

$$V_{Aushub} = T * B * L * (1 - w)$$

$$V_{Auffüllung} = h_A * B * L$$

- V_{Aushub} : Materialvolumen des Aushubs (m³)
- $V_{Auffüllung}$: Materialvolumen der Auffüllung (m³)
- T: durchschnittliche Tiefe des Aushubs im ausgehobenen Bereich (m)
- L: Länge des ausgehobenen/aufgefüllten Bereichs (m)
- B: Breite des ausgehobenen/aufgefüllten Bereichs (m)
- h_A : Höhe der Auffüllung in diesem Bereich (m)
- w: Anteil wiederverwerteter Aushub auf der Baustelle am gesamten Aushub (%)

Es wird vereinfachend angenommen, dass für die Auffüllung kein Material wieder verwendet wird.

Wo angewendet? Diese Formel gilt für den Strassenbau, den Werkleitungsbau und den Gleisbau.

Der Parameterwert für die Länge wird auf der Ebene der Elementgruppe erfasst. Im Strassenbau kann er beliebig gewählt werden.

Nur die Auffüllung kann als Element gewählt werden. Für dieses Element können alle Parameterwerte (T, B, h_A , w) eingegeben werden. Das Excel-Tool rechnet dann im Hintergrund das Volumen des Aushubs. Wenn die Höhe der Auffüllung (h_A) den Wert 0 erhält, dann wird nur der Aushub berechnet.

2.2 Werkleitungen

2.2.1 Kanalisation, Wasserleitungen, Gasleitungen und Fernwärme

2.2.1.1 Rohre

Formel 10 Die Materialvolumina der Rohre werden mit der folgenden allgemeinen Formel berechnet (siehe auch Abbildung 2):

Volumen des Materials des Rohrs

$$V_{Rohr} = (D + s) * \pi * s * L$$

mit

- V_{Rohr} : Volumen des Materials des Rohrs (m³)
- D: Rohrinnendurchmesser (m)
- s: Wandstärke des Rohrs (m)
- L: Rohrlänge (m)
- π : Pi

Wo angewendet? Diese Formel gilt für sämtliche Rohre für Kanalisation, Wasserleitungen, Gasleitungen und Fernwärme.

Der Parameterwert für die Länge (L) wird jeweils für die gesamte Elementgruppe «Kanalisation», «Wasserleitung», «Gasleitung» oder «Fernwärme» eingegeben. Das Rohr selbst ist als Element in dieser Elementgruppe definiert. Für den Parameterwert für den Innendurchmesser (D) stehen in Dropdown-Listen vorgegebene Werte zur Verfügung. Die Wandstärke des Rohrs hängt von der Materialisierung ab (z.B. Beton oder Steinzeug). Für jedes Material stellt das Excel-Tool für jeden möglichen Innendurchmesser fixe Werte zur Verfügung (siehe Anhänge 2.2.1 bis 2.2.4).

Unterschiede Wasserleitungen und Fernwärmeleitungen unterscheiden sich von Kanalisations- und Gasleitungen, indem

Wasserleitungen:

Bei den Wasserleitungen gibt es häufiger neben der Wasserleitung auch noch eine Quellwasserleitung. Dann wird das Volumen beider Rohre separat berechnet.

Fernwärmeleitungen:

Fernwärmeleitungen bestehen aus drei Rohren: Mediumrohr, Rohrdämmung (Isolation) und Aussenmantel (Mantelrohr). Die Anwendenden wählen nur den Innendurchmesser des Mediumrohrs aus einer Dropdownlisten aus. Im excel-Tool sind die Wandstärke des Mediumrohrs und die korrespondierenden Innendurchmesser und Wandstärken des Mantelrohrs und der Isolierung hinterlegt (siehe Anhang 3.2.1.4).

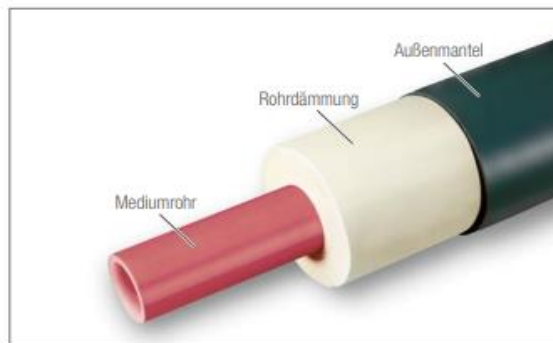


Abbildung 1: Hauptbestandteile eines Fernwärmerohrs

2.2.1.2 Rohrumhüllung

Formel 11 Die Materialvolumina der Rohrumhüllungen werden mit der folgenden allgemeinen Formel berechnet (siehe auch Abbildung 2):

Volumen der Rohrumhüllung:

$$V_{Umhüllung} = \left((h * B) - \frac{(D + 2 * s)^2 * \pi}{4} \right) * RF * L$$

mit

- $V_{Umhüllung}$: Volumen der Rohrumhüllung (m³)
- B: Breite des Grabens (m)
- D: Rohrinne Durchmesser (m)
- s: Wandstärke des Rohrs (m)
- π : Pi
- RF: Reduktionsfaktor
- L: Rohrlänge (m)

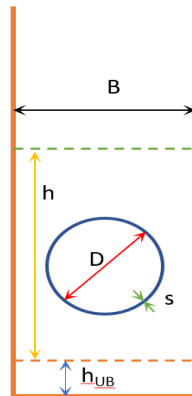


Abbildung 3: Querschnitt eines Grabens mit einem Rohr

Wo angewendet? Diese Formel gilt für sämtliche Rohrumhüllungen für Kanalisation, Wasserleitungen, Gasleitungen und Fernwärmeleitungen.

Der Parameterwert für die Länge (L) wird jeweils für die gesamte Elementgruppe «Kanalisation», «Wasserleitung», «Gasleitung» oder «Fernwärmeleitungen» eingegeben. Die Rohrumhüllung selbst ist als Element in dieser Elementgruppe definiert. Ausnahme sind die Fernwärmeleitungen. Hier muss kein einzelnes Element «Rohrumhüllung» angelegt werden, sondern das Excel-Tool berechnet diese im Hintergrund immer für das Material «Sand».

Das Element «Rohr» muss zwingend vor dem Element «Rohrumhüllung» angelegt werden, damit die Informationen zum ausgewählten Material und zum Durchmesser nicht doppelt erfasst werden müssen. Der Parameterwert zur Breite des Grabens hingegen wird mehrfach erfasst: einmal beim Element «Rohrumhüllung», ein zweites Mal beim Element «Unterlagsboden» und ein drittes Mal in der Elementgruppe «Aushub Werkleitungen». Hier müssen die Anwendenden sicher stellen, dass dieses Wert korrekt und konsistent erfasst werden.

Der Parameterwert für die Höhe der Rohrumhüllung ist im Excel-Tool hinterlegt. Er hängt ab vom Innendurchmesser des Rohrs und vom Material des Rohrs (siehe Anhänge 2.2.1 bis 2.2.4). Bei der Fernwärme ist der Durchmesser des Mediumrohrs maßgeblich.

Der Parameterwert für den Reduktionsfaktor kann nur für die Elementgruppe «Kanalisation» eingegeben werden (siehe unten). Für alle anderen Elementgruppen wird er mit dem Wert 1 angenommen.

Unterschiede

Für die Kanalisation ist es möglich Reduktionsfaktoren aus einer Dropdown-Liste auszuwählen. Mit einem Parameterwert kleiner als 1 wird das Volumen der Rohrumhüllung entsprechend reduziert (siehe Abbildung unten). Mit diesem Faktor soll vor allem die Wirkung einer Reduktion einer Rohrumhüllung aus Beton gezeigt werden. Es wird vereinfachend angenommen, dass das frei werdende Volumen nicht mit alternativen Materialien gefüllt wird.

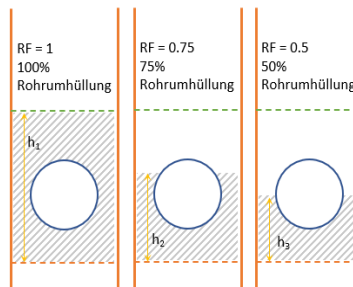


Abbildung 4: Querschnitt von Gräben mit alternativen Rohrumhüllungen

Wasserleitungen: Wenn bei einer Wasserleitung neben der Leitung auch eine Quellwasserleitung im gleichen Graben liegt (siehe Abbildung unten), dann wird das Volumen beider Leitungen berücksichtigt, d.h. der Term $\frac{(D+2*s)^2*\pi}{4}$ in Formel 10 wird einmal für die Wasserleitung und ein weiteres Mal für die Quellwasserleitung berechnet. Anschliessend werden beide Ergebnisse von $(h * B)$ abgezogen.

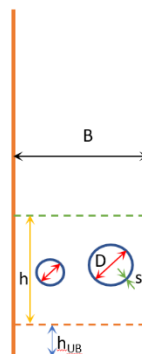


Abbildung 5: Querschnitt eines Grabens mit Wasser- und Quellwasserleitung.

Relining: Wird bei den Rohren das Element «Relining» gewählt, dann sollte keine Rohrumhüllung angelegt werden.

Fernwärmeleitungen: Bei den Fernwärmeleitungen liegen immer zwei parallele Rohre im Graben (siehe Abbildung 4). Daher wird der Term $\frac{(D+2*s)^2*\pi}{4}$ in Formel 10 mit dem Faktor 2 multipliziert.

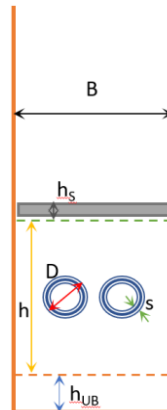


Abbildung 6: Querschnitt eines Grabens mit zwei parallel laufenden Rohren für Fernwärme

2.2.2 Unterlagsboden und Schutzplatte

Formel 12 Die Materialvolumina des Unterlagsbodens bzw. der Schutzplatte (bei Fernwärme) werden mit der folgenden allgemeinen Formel berechnet (siehe auch Abbildung 2, 4 und 5):

Volumen des Unterlagsbodens/der Schutzplatte:

$$V_{UB/S} = B * h_{UB/S} * L$$

mit

- $V_{UB/S}$: Volumen des Unterlagsbodens oder der Schutzplatte (m^3)
- $h_{UB/S}$: Höhe des Unterlagsbodens oder der Schutzplatte (m)
- B: Breite des Grabens (m)
- L: Rohrlänge (m)

Wo angewendet? Diese Formel gilt für sämtliche Unterlagsböden für Kanalisation, Wasserleitungen und Fernwärmeleitungen.

Der Parameterwert für die Länge (L) wird jeweils für die gesamte Elementgruppe «Kanalisation», «Wasserleitung» oder «Fernwärmeleitungen» eingegeben. Der Unterlagsboden selbst ist als Element in dieser Elementgruppe definiert. Die Schutzplatte als zusätzliches Element für die Fernwärmeleitungen. Für die Werte der Parameter « h_{UB} » und « h_S » sind im Excel-Tool fixe Werte hinterlegt (siehe Anhang 3.2.2).

Der Parameterwert zur Breite des Grabens hingegen wird für jedes Element erfasst. Hier müssen die Anwendenden sicher stellen, dass diese Werte korrekt und konsistent erfasst werden (vgl. auch Rohrumhüllung und «Aushub Werkleitungen»).

2.2.3 Rohrblöcke

Das Materialvolumen der Rohre wird mit der folgenden allgemeinen Formel berechnet:

Formel 13

Volumen der Rohre:

$$V_{Rohre} = LZ * RZ * (D + s) * \pi * s * L$$

mit

- LZ: Anzahl über einander liegender Rohre (Stck)
- RZ: Anzahl neben einander liegender Rohre (Stck)
- D: Rohrendurchmesser (m)
- s: Wandstärke des Rohrs (m)
- L: Rohrlänge (m)
- π : Pi

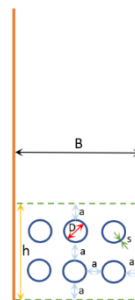


Abbildung 7: Querschnitt eines Grabens mit Rohrblock

Das Materialvolumen der Rohrumhüllung wird mit der folgenden allgemeinen Formel berechnet:

Formel 14

Volumen der Rohre:

$$A_{Umhüllung} = h_{Rohrblock} * B_{Rohrblock} - \left(LZ * RZ * \frac{(D + 2 * s)^2 * \pi}{4} \right)$$

Mit:

$$h_{Rohrblock} = LZ * (D + 2 * s + a) + a$$

$$B_{Rohrblock} = RZ * (D + 2 * s + a) + a$$

Mit:

- a: Abstand zwischen den Rohren

Wo angewendet? Diese Formel gilt nur für Rohrblöcke.
Der Parameterwert für die Länge (L) wird für die Elementgruppe «Rohrblöcke» eingegeben. Die Anzahl der neben- bzw. übereinander liegender Rohre kann im Element «Geometrie» durch eine Dropdown-Liste ausgewählt werden.
Für den Parameterwert für den Innendurchmesser (D) stehen in Dropdown-Listen vorgegebene Werte zur Verfügung. Das Excel-Tool stellt für jeden möglichen Innendurchmesser einen Wert für die Wandstärke s zur Verfügung (siehe Anhang 3.2.3).
Der Wert für den Abstand zwischen den Rohren (a) wird als konstant angenommen (siehe Anhang 3.2.3).

2.2.4 Schächte

Formel 15 Für die Schächte werden zwei Materialvolumina berechnet: das Materialvolumen für das Fertigbetonteil und das Materialvolumen für den Deckel. Dazu wird die folgende allgemeine Formel verwendet:

Volumen der unterschiedlichen Teile der Schächte:

$$V_{\text{Teil_Schacht}} = \theta_{\text{Schächte}} * V_{\text{Teil_Schacht}} / \text{Stück}$$

mit

- $V_{\text{Teil_Schacht}}$: Materialvolumen des Fertigbetonteils oder des Deckels (m³)
- $\theta_{\text{Schächte}}$: Anzahl der Schächte (Stck)
- $V_{\text{Teil_Schacht}}/\text{Stück}$: Volumen des Fertigbetonteils/des Deckels pro Schacht (m³/Stck)

Wo angewendet? Diese Formel gilt für Schächte.
Der Parameterwert für die Anzahl Schächte wird für die gesamte Elementgruppe eingegeben. Die Volumina des Fertigbetonteils und des Deckels hängen vom jeweiligen Typ des Schachtes bzw. des Deckels ab. Die Anwendenden wählen diese Typen aus und das Excel-Tool sucht dann die zu diesen Typen hinterlegten Werte (siehe Anhang 3.2.4).

2.2.5 Aushub Werkleitung

Formel 8/9 Für diese Elementgruppe werden ebenfalls die Formeln 8 und 9 eingesetzt (siehe Abschnitt 2.1.4).

Wo angewendet? Diese Formel gilt für den Strassenbau, den Werkleitungsbau und den Gleisbau.

Der Parameterwert für die Länge wird auf der Ebene der Elementgruppe erfasst. Er sollte im Werkleitungsbau mit den Parameterwerten für die Längen der Werkleitungen abgeglichen werden.

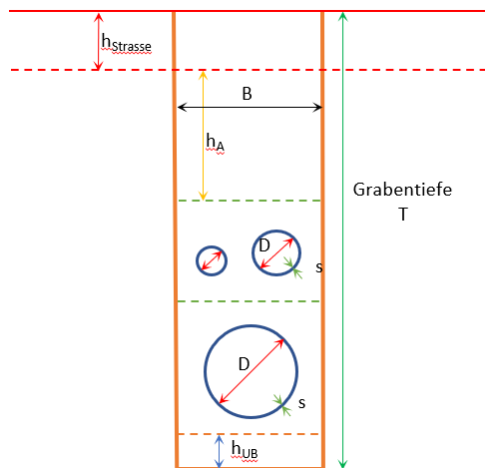


Abbildung 8: Querschnitt eines Grabens mit unterschiedlichen Werkleitungen.

Nur die Auffüllung kann als Element gewählt werden. Für dieses Element können alle Parameterwerte (T , B , h_A , w) eingegeben werden. Der Wert für die Breite des Grabens sollte mit den Eingaben der Werkleitungen für diesen Abschnitt des Grabens abgeglichen werden (siehe Abschnitte 1.2.1.2 und 1.2.1.3). Mit dem Parameterwert für die Höhe der Auffüllung wird der Abstand zwischen der Oberkante der Rohrumhüllung der obersten Werkleitung und der Unterkante der Fundationsschicht des Strassenoberbaus verstanden.

Das Excel-Tool rechnet dann im Hintergrund das Volumen des Aushubs. Wenn die Höhe der Auffüllung (h_A) den Wert 0 erhält, dann wird nur der Aushub berechnet.

2.3 Gleisbau

2.3.1 Fahrbahn

Formel 16 Die Materialvolumina der Schichten der Fahrbahn des Gleistrasse werden mit der folgenden allgemeinen Formel berechnet:

Volumen der Deckschicht, Oberbeton, Unterbeton, Foundationsschicht:

$$V = (a_{Rand} + B_{Spur} + a_{Achse}) * 2 * S * L * (1 - w)$$

mit

- V: Materialvolumen der Schicht (m³)
- a_{Rand} : Randabstand: Er entspricht dem Mass von der äusseren Kante des gesamten Gleisquerschnittes bis zur Achse des äusseren Schienenprofils (m)
- B_{Spur} : Abstand zwischen den beiden Gleisspuren.(m)
- a_{Achse} : Achsabstand: Er entspricht dem Mass von der Achse des inneren Schienenprofils bis zur Achse des gesamten Gleisquerschnittes. (m)
- S: Schichtstärke (m)
- L: Länge des Gleistrasse (m)
- Anteil Wiederverwendung am gesamten Materialeinsatz (nur bei Foundationsschicht) (%)

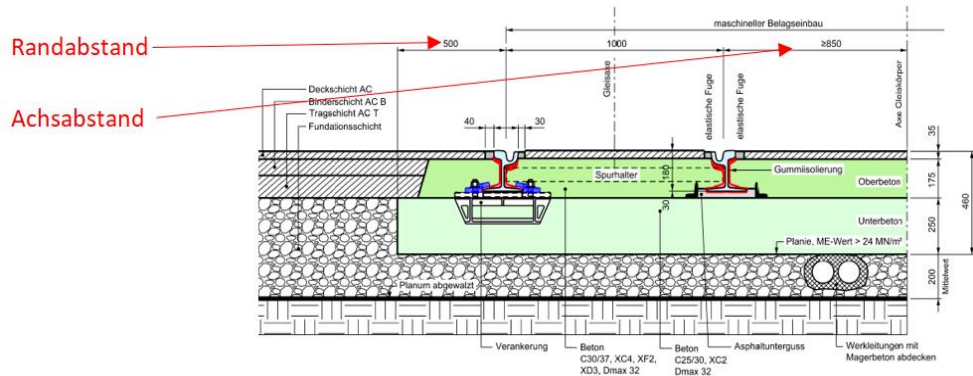


Abbildung 9: Gleisquerschnitt

Wo angewendet? Diese Formel gilt für die Elemente «Deckschicht», «Oberbeton», «Unterbeton» und «Fundationsschicht» in der Elementgruppe «Gleistrasse» und für das Element «Fundationsschicht» in der Elementgruppe «Grüntrasse»

Der Parameterwert für die Länge (L) wird auf der Ebene der Elementgruppe eingegeben.

Die Parameterwerte für den Randabstand (a_{Rand}) und den Achsabstand (a_{Achse}) werden im Element «Bauwerksbreite» eingegeben. Für den Abstand zwischen den Fahrspuren (B_{Spur}) ist im Excel-Tool ein fixer Wert hinterlegt (siehe Anhang 3.2.2). Die Parameterwerte für die Schichtstärke (S) werden in den Elementen «Deckschicht», «Oberbeton», «Unterbeton» und «Fundationsschicht» eingegeben.

Für alle Schichten ausser der Fundamentalschicht ist der Wiederverwendungsanteil (w) auf 0 gesetzt. Für die Fundamentalschicht können Wiederverwendungsanteile aus einer Dropdown-Liste ausgewählt werden.

Formel 15 Beim Grüntrasse müssen ausserdem noch die Blockschwellen berücksichtigt werden (siehe Abbildung unten).

Volumen des Unterbetons und der Schüttung im Grüntrasse

$$V_{Schicht} = L * ((a_{Rand} + B_{Spur} + a_{Achse}) * 2 * S - A_{Schicht} * V_{Schwelle/Laufmeter})$$

mit

- $V_{Schicht}$: Materialvolumen des Unterbetons oder der Schüttung (m³)
- S: Schichtstärke des Unterbetons oder der Schüttung (m)
- $A_{Schicht}$: Anteil des Volumens der Schwelle im Unterbeton oder der Schüttung (%)
- $V_{Schwelle/Laufmeter}$: Volumen der Schwelle pro Laufmeter (m³)

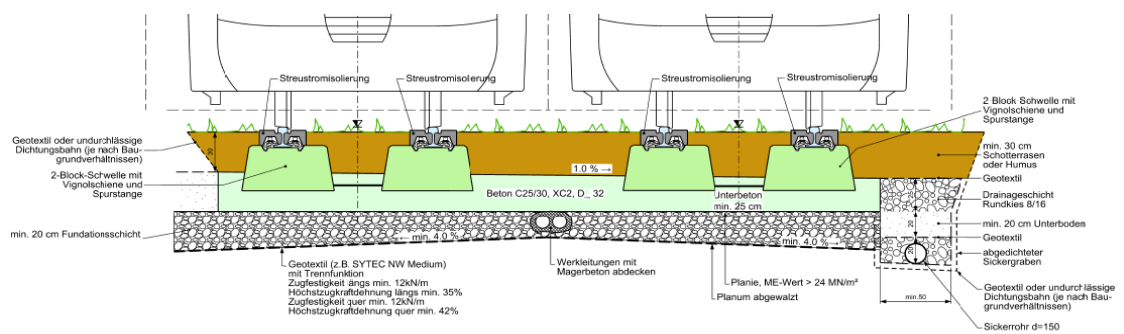


Abbildung 10: Querschnitt eines Grüntrasse

Wo angewendet? Diese Formel gilt für die Elemente «Unterbeton» und «Schüttung» in der Elementgruppe «Grüntrasse».

Der Parameterwert für die Länge (L) wird auf der Ebene der Elementgruppe eingegeben.

Die Parameterwerte für den Randabstand (a_{Rand}) und den Achsabstand (a_{Achse}) werden im Element «Bauwerksbreite» eingegeben. Für den Abstand zwischen den Fahrspuren (B_{Spur}) ist im Excel-Tool ein fixer Wert hinterlegt (siehe Anhang 3.2.2). Die Parameterwerte für die Schichtstärke (S) werden in den Elementen «Unterbeton» und «Schüttung» eingegeben.

Die Parameterwerte für das Volumen der Schwellen pro Laufmeter ($V_{Schwelle/Laufmeter}$) und den Anteil des Volumens der Schwelle in der jeweiligen Schicht ($A_{Schicht}$) werden als fixe Werte im Excel-Tool hinterlegt (siehe Anhang 3.2.2).

2.3.2 Schiene

Formel 17 Die Materialvolumina der Teile der Schienen werden mit der folgenden allgemeinen Formel berechnet:

Volumen der Teile der Schiene (Schiene, Verankerung, Streustromisolierung):

$$V_{Teil} = 2 * V_{Teil/m} * L$$

mit

- V: Materialvolumen des Teils der Schiene (m³)
- $V_{Teil/m}$: Volumen des Teils der Schiene pro Meter (m³/m)
- L: Länge des Gleistrasse (m)

Wo angewendet? Diese Formel gilt für das Element «Schiene» in den Elementgruppen «Gleistrasse» und «Grüntrasse».

Parameterwert für Länge (L) wird auf der Ebene der Elementgruppe eingegeben. Die Schiene wird nicht als eigenes Element betrachtet, sondern automatisch mit dem Element «Bauwerksbreite» mit berechnet.

Sie besteht dabei jeweils aus drei Teilen: der Schiene (Stahl), der Verankerung (Stahl) und der Streustromisolierung (Polyethylen). Die Parameterwerte für $V_{Teil/m}$ sind als fixe Werte hinterlegt (siehe Anhang 3.3.2). Beim Parameterwert für die Schiene wird zwischen Gleistrasse und Grüntrasse unterschieden.

2.3.3 Aushub Gleis

Formel 8/9 Für diese Elementgruppe werden ebenfalls die Formeln 8 und 9 eingesetzt (siehe Abschnitt 2.1.4).

Wo angewendet? Diese Formel gilt für den Strassenbau, den Werkleitungsbau und den Gleisbau.

Der Parameterwert für die Länge wird auf der Ebene der Elementgruppe erfasst. Im Strassenbau kann er beliebig gewählt werden.

Nur die Auffüllung kann als Element gewählt werden. Für dieses Element können alle Parameterwerte (T, B, h_A , w) eingegeben werden. Das Excel-Tool rechnet dann im Hintergrund das Volumen des Aushubs. Wenn die Höhe der Auffüllung (h_A) den Wert 0 erhält, dann wird nur der Aushub berechnet.

3 Daten

3.1 Strassenbau

- Quellen
- 3.7.3 Normalprofil 1:50, Plan Nr. 05000-21
 - Dimensionierung Strassenoberbau TAZ-Standard
 - TED-Norm 2022
 - SN 640 480a Pflästerungen

Zur Umrechnung der Massen in Volumina werden die Werte der Dichten aus den Materialstammdaten verwendet.

3.1.1 Strassenoberbau

Fugen Der Mittelwert des Fugenvolumens wurde aus den Angaben der SN640480a Pflästerung S. 24, gebildet.

Daraus ergibt sich ein Mittelwert des Fugenvolumens von 0.01965 m³/m².

3.1.2 Randabschlüsse

Randsteine	Randstein-Art	Querschnittsfläche [m ² /m]	Materialbedarf Fugen [m ³ /m]
	Randstein RN 15	0.0392	0.0036456
	Randstein RN 25	0.0642	0.0059706
	Stellplatte SN 4	0.01	0.00093
	Stellplatte SN 6	0.015	0.001395
	Stellplatte SN 8	0.02	0.00186
	Bundstein	0.0144	0.0013392
	Boardstein	0.0144	0.0013392
	Zürich-Bord	0.08526	0.00792918

Wassersteine	Anzahl Reihen	Fläche [m ² /m]	Materialbedarf Fugen [m ³ /m]
	0	0	0
	1	0.0144	0.0013392
	2	0.0288	0.0026784
	3	0.0432	0.0040176

3.1.3 Strassenabläufe

Teile Die Massen wurden anhand der TED-Norm ermittelt und mit den Angaben zur Dichte von Gusseisen und Fertigbetonteile aus den Materialstammdaten in Volumina umgerechnet.

Schachttypen	Materialbedarf [m ³ /Stk] Gusseisen	Materialbedarf [kg/Stk] Beton
Schlammstammler 700	0.00110828	1010
Schlammstammler 800	0.001197452	1436

3.2 Werkleitungen

- Quellen**
- TED-Norm 2022
 - Anhang NPK Leistungsverzeichnis Tiefbauarbeiten 2022, Seite 10 - 18
 - Normblatt Normalprofil Erdverlegte Leitungen NW 25 – 500
 - Betonrohre D 10 bis 125 cm unbewehrt (creabeton.ch)
 - Form K-FM, Vibrationsverfahren | DN 1300 – DN 3000 mm (rohr.de)
 - PLH-FW_V1.2.pdf (verenum.ch)
 - untitled (crb.ch)
 - Technische Information – Vorisolierte REHAU Systeme für die Wärme- & Kälteversorgung – Österreich – 878600 – 11/2020

Zur Umrechnung der Massen in Volumina werden die Werte der Dichten aus den Materialstammdaten verwendet.

3.2.1 Rohre und Rohrumhüllung

3.2.1.1 Kanalisation

Kanalisation	Element	Innendurchmesser [mm]	Wandstärke [mm]	Höhe der Rohrumhüllung [mm]
	Fertigteilbetonrohr	300	70	720
	Fertigteilbetonrohr	400	75	840
	Fertigteilbetonrohr	500	85	970
	Fertigteilbetonrohr	600	90	1090
	Fertigteilbetonrohr	700	90	1200
	Fertigteilbetonrohr	800	95	1320
	Fertigteilbetonrohr	1000	115	1580
	Fertigteilbetonrohr	1200	140	1850
	Fertigteilbetonrohr	1300	170	2020
	Fertigteilbetonrohr	1400	180	2150
	Fertigteilbetonrohr	1600	180	2370
	Fertigteilbetonrohr	1800	180	2590
	Steinzeug	250	34	628
	Steinzeug	300	38	696
	Steinzeug	400	46	812
	Steinzeug	500	54.5	959
	Steinzeug	600	62.5	1085
	Steinzeug	800	66	1382
	Polyethylen	250	15	580
	Polyethylen	315	20	655
	Polyethylen	355	22.5	700
	Polyethylen	400	25	750
	Polyethylen	450	25	800
	Polyethylen	500	30	860
	Polyethylen	560	35	940
	Polyethylen	630	40	1020
	Polyethylen	710	45	1120
	Polyethylen	800	50	1230
	Polyethylen	900	62.5	1365
	Polyethylen	1000	65	1480
	Polyethylen	1200	77.5	1725
	Polypropylen	250	15	580
	Polypropylen	315	20	655
	Polypropylen	355	22.5	700
	Polypropylen	400	25	750
	Polypropylen	450	25	800
	Polypropylen	500	30	860
	Polypropylen	560	35	940
	Polypropylen	630	40	1020
	Polypropylen	710	45	1120
	Polypropylen	800	50	1230
	Polypropylen	900	62.5	1365
	Polypropylen	1000	65	1480
	Polypropylen	1200	77.5	1725

Kanalisation	Element	Innendurchmesser [mm]	Wandstärke [mm]
	Schlauchliner	300	3
Schlauchliner	400	6	
Schlauchliner	500	7.5	
Schlauchliner	600	9	
Schlauchliner	700	12	
Schlauchliner	800	13.5	
Schlauchliner	1000	15	
Schlauchliner	1200	16.5	
Schlauchliner	1300	18	
Schlauchliner	1400	19.5	
Schlauchliner	1600	21	
Schlauchliner	1800	24	

3.2.1.2 Gasleitungen

Gasleitungen	Element	Innendurchmesser [mm]	Wandstärke [mm]	Höhe der Rohrumhüllung [mm]
	Stahlrohr	80	3.2	406.4
Stahlrohr	100	3.6	407.2	
Stahlrohr	125	4	408	
Stahlrohr	200	6.3	512.6	
Stahlrohr	250	6.3	562.6	
Stahlrohr	300	7.1	614.2	
Polyethylenrohr	63	3	406	
Polyethylenrohr	90	3.5	407	
Polyethylenrohr	125	4.9	409.8	
Polyethylenrohr	160	6.2	512.4	
Polyethylenrohr	180	6.2	562.4	
Polyethylenrohr	250	7.8	615.6	
Polyethylenrohr	315	9.8	619.6	

3.2.1.3 Wasserleitungen

Wasser- leitungen	Element	Innendurchmesser [mm]	Wandstärke [mm]	Höhe der Rohrumhüllung [mm]
	Duktiles Gussrohr	80	4	408
	Duktiles Gussrohr	100	4	408
	Duktiles Gussrohr	125	4	408
	Duktiles Gussrohr	200	4	508
	Duktiles Gussrohr	250	4	558
	Duktiles Gussrohr	300	4	608
	Polyethylenrohr	63	3	406
	Polyethylenrohr	90	3.5	407
	Polyethylenrohr	125	4.9	409.8
	Polyethylenrohr	160	6.2	512.4
	Polyethylenrohr	180	6.2	562.4
	Polyethylenrohr	250	7.8	615.6
	Polyethylenrohr	315	9.8	619.6
	Stahlrohr	80	3.2	406.4
	Stahlrohr	100	3.6	407.2
	Stahlrohr	125	4	408
	Stahlrohr	200	6.3	512.6
	Stahlrohr	250	6.3	562.6
	Stahlrohr	300	7.1	614.2
	Gussrohr Quellwasserleitung	80	4	408
	Gussrohr Quellwasserleitung	100	4	408
	Gussrohr Quellwasserleitung	125	4	408
	Gussrohr Quellwasserleitung	200	4	508
	Gussrohr Quellwasserleitung	250	4	558
	Gussrohr Quellwasserleitung	300	4	608
	Polyethylenrohr Quellwasserleitung	63	3	406
	Polyethylenrohr Quellwasserleitung	90	3.5	407
	Polyethylenrohr Quellwasserleitung	125	4.9	409.8
	Polyethylenrohr Quellwasserleitung	160	6.2	512.4
	Polyethylenrohr Quellwasserleitung	180	6.2	562.4
	Polyethylenrohr Quellwasserleitung	250	7.8	615.6
	Polyethylenrohr Quellwasserleitung	315	9.8	619.6
	Stahlrohr Quellwasserleitung	80	3.2	406.4
	Stahlrohr Quellwasserleitung	100	3.6	407.2
	Stahlrohr Quellwasserleitung	125	4	408
	Stahlrohr Quellwasserleitung	200	6.3	512.6
	Stahlrohr Quellwasserleitung	250	6.3	562.6
	Stahlrohr Quellwasserleitung	300	7.1	614.2

3.2.1.4 Fernwärme

Fernwärme Element	DN	Mediumrohr	Mantelrohr	Isolation	Mediumrohr	Mantelrohr	Isolation	Höhe
	[mm]	Durchmesser [mm]	Durchmesser [mm]	Durchmesser [mm]	Wandstärke [mm]	Wandstärke [mm]	Wandstärke [mm]	Rohrumhüllung [mm]
Stahlrohr	25	33.7	110	38.9	2.6	3	35	410
Stahlrohr	32	42.4	140	47.6	2.6	3	38	440
Stahlrohr	40	48.3	140	53.5	2.6	3	35	440
Stahlrohr	50	60.3	160	66.1	2.9	3	37	460
Stahlrohr	65	76.1	180	81.9	2.9	3	39	480
Stahlrohr	80	88.9	200	95.3	3.2	3	43	500
Stahlrohr	100	114.3	250	121.5	3.6	3.2	52	550
Stahlrohr	125	139.7	280	146.9	3.6	3.4	51	580
Stahlrohr	150	168.3	315	176.3	4	3.6	51	615
Stahlrohr	200	219.1	400	228.1	4.5	4.1	62	700
Stahlrohr	250	273	500	283	5	4.8	82	800
Stahlrohr	300	323.9	560	335.1	5.6	5.2	81	860
Stahlrohr	350	355.6	630	366.8	5.6	5.6	95	930
Stahlrohr	400	406.4	630	419	6.3	6	104	930
Stahlrohr	450	457.2	710	469.8	6.3	6.6	98	1010
Stahlrohr	500	508	800	520.6	6.3	6.9	136	1100
Polyethylenrohr	25	25	75	29.6	2.3	3	25	375
Polyethylenrohr	32	32	90	37.8	2.9	3	29	390
Polyethylenrohr	40	40	90	47.4	3.7	3	25	390
Polyethylenrohr	50	50	110	59.2	4.6	3	30	410
Polyethylenrohr	63	63	125	74.6	5.8	3	31	425
Polyethylenrohr	75	75	140	88.6	6.8	3	32.5	440
Polyethylenrohr	90	90	160	106.4	8.2	3.2	35	460
Polyethylenrohr	110	110	180	130	10	3.4	35	480
Polyethylenrohr	125	125	200	147.8	11.4	3.6	37.5	500
Polyethylenrohr	140	140	200	165.4	12.7	4.1	30	500
Polyethylenrohr	160	160	250	189.2	14.6	4.8	45	550

3.2.2 Unterlagsboden und Schutzplatte

Unterlagsboden Der Unterlagsbeton hat immer eine Stärke (h_{UB}) von 0.1 m.

Schutzplatte Die Schutzplatte hat eine Stärke von 50mm.

3.2.3 Rohrblöcke

Rohr	Element	Innendurchmesser [mm]	Wandstärke [mm]
	Polyethylenrohr	63	3
	Polyethylenrohr	90	3.5
	Polyethylenrohr	125	4.9
	Polyethylenrohr	160	6.2
	Polyethylenrohr	180	6.2
	Polyethylenrohr	250	7.8
	Polyethylenrohr	315	9.8

Geometrie	Element	Rohrblockaufbau	Anzahl Reihen	Anzahl Spalten	Anzahl Rohre [Stk.]
	Geometrie	1	1	1	1
	Geometrie	2	1	2	2
	Geometrie	3	1	3	3
	Geometrie	4	1	4	4
	Geometrie	5	1	5	5
	Geometrie	2x1	2	1	2
	Geometrie	2x2	2	2	4
	Geometrie	2x3	2	3	6
	Geometrie	2x4	2	4	8
	Geometrie	2x5	2	5	10
	Geometrie	2x6	2	6	12
	Geometrie	2x7	2	7	14
	Geometrie	2x8	2	8	16
	Geometrie	2x9	2	9	18
	Geometrie	2x10	2	10	20
	Geometrie	2x11	2	11	22
	Geometrie	2x12	2	12	24
	Geometrie	2x13	2	13	26
	Geometrie	2x14	2	14	28
	Geometrie	2x15	2	15	30
	Geometrie	2x16	2	16	32
	Geometrie	2x17	2	17	34
	Geometrie	2x18	2	18	36
	Geometrie	2x19	2	19	38
	Geometrie	2x20	2	20	40

Geometrie	Element	Rohrblockaufbau	Anzahl Reihen	Anzahl Spalten	Anzahl Rohre [Stk.]
	Geometrie	3x1	3	1	3
	Geometrie	3x2	3	2	6
	Geometrie	3x3	3	3	9
	Geometrie	3x4	3	4	12
	Geometrie	3x5	3	5	15
	Geometrie	3x6	3	6	18
	Geometrie	3x7	3	7	21
	Geometrie	3x8	3	8	24
	Geometrie	3x9	3	9	27
	Geometrie	3x10	3	10	30

Abstand Die Abstände (a) zwischen den Rohren betragen 50 mm.

3.2.4 Schächte

Schacht	Element	Schachttyp	Materialbedarf Beton [m ³ /Stk]	Materialbedarf Kunststoff [m ³ /Stk]
	Schacht Beton	600/800	1.125237192	
	Schacht Beton	900/1100	1.472485769	
	Schacht Kunststoff	DN 600	0.083491461	0.059069952

Es wird von einer durchschnittlichen Dichte von Kunststoff von 1258 kg/m³ ausgegangen.

Deckel	Element	Deckeltyp	Materialbedarf Beton [m ³ /Stk]
	Deckel	Gusseisen voll	1.125237192
	Deckel	Gusseisen gelocht	1.472485769
	Deckel	Abdeckung Beton	0.083491461

3.3 Gleisbau

- Quellen
- Profilpläne der VBZ.
 - 11999080-027_K
 - 11999080-028_L
 - 11999080-030_B
 - 11999080-039_B
 - 11999080-045_K
 - 11999080-046_D
 - 11999080-051_B
 - 11999080-052_B
 - 11999080-060_A
 - 11999080-070_A
 - Schienenprofil UIC 60 (RAIL 60 E1 (UIC 60) - VALENTE SPA (valente1919.com))
 - Schienenprofil RI 60 (Tram rails - EVRAZ)
 - Rippenplatten - Heinrich Krug GmbH & Co.KG (heinrich-krug.de), <https://www.heinrich-krug.de/oberbau/rippenplatten>)

3.3.1 Fahrbahn

Abstand Gleis-spuren Der Abstand zwischen den Fahrspuren (B_{Spur}) beträgt immer 1 m.

Schwelle Die Blockschwellen kommen nur im Grüntrasse vor, da dort kein Oberbeton vorhanden ist, in den die Schiene verankert werden kann.
Abmessung einer Blockschwelle beträgt $0.3\text{m} * 0.6\text{m} * 0.3\text{m} (= 0.054\text{m}^3)$.

Daraus ergibt sich für zwei parallel verlaufende Schienenpaare:

$$V_{Schwelle/Laufmeter} = 0.054\text{m}^3 * 2 * \frac{1}{0.6} * L$$

Es wird angenommen, dass 40% des Volumens der Blockschwelle in der Betonplatte verankert sind und die restlichen 60% vom Schüttgut umschlossen sind.

Daraus ergibt sich

$$A_{Schüttung} = 0.6$$

$$A_{Beton} = 0.4$$

Es wird angenommen, dass alle 60 cm eine Blockschwelle eingebaut wird.

3.3.2 Schiene

Schiene Für das Gleistrasse wird von dem folgenden Schienenprofil ausgegangen:

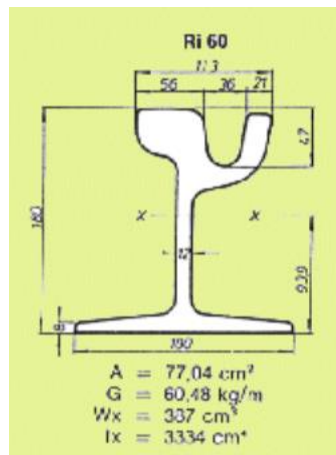


Abbildung 11: Schienenprofil Gleistrasse (Quelle: <https://www.bahnseite.de/purespace/profile.html>)

Daraus ergibt sich $V_{\text{Schiene}/m} = 0.007704 \text{ m}^3$

Für das Grüntrasse wird von dem folgenden Schienenprofil ausgegangen:

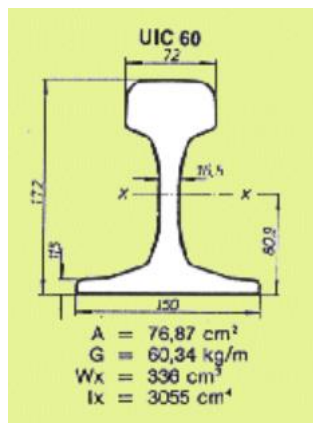


Abbildung 12: Schienenprofil Grüntrasse (Quelle: <https://www.bahnseite.de/purespace/profile.html>)

Daraus ergibt sich $V_{\text{Schiene}/m} = 0.007687 \text{ m}^3$

Verankerung	Verankerung	Massen [kg]	
	Spurstange	L 60x10 (C5)	8.69
	(Stirnplatte Spurstange)	2*60*160*10	4.1
	Rippenplatte	PS 60/160	8.77
	Hackenschraube	HS 22*65	0.475
	Schwellenschraube	Ss 5 24*150	0.545
	Klemmplatte	Kpo 6	0.085

Es wird angenommen, dass alle 60 cm eine Verankerung eingebaut wird. Zur Umrechnung der Masse in das Volumen wird die Dichte aus den Materialstammdaten (7850 kg/m^3) verwendet.

$$V_{\text{Verankerung/m}}$$

$$0.002887261 * 1/0.6 = 0.004813064 \text{ m}^3$$

**Streu-
isolation** Für das Gleistrasse wird als Streuisolation eine 10mm dicke Gummiumhüllung des Schienenprofils angenommen. Die Breite der Gummimatte wird mit 720mm angenommen.

$$V_{\text{Streuisolation/m}}$$

$$= 0.0072 \text{ m}^3$$

Für das Grüntrasse wird als Streustromisolierung ein Gummiblock angenommen, welcher die Verankerung auf den Blockschwellen umschliesst mit den Abmessungen: 200mm * 300mm * 100mm.

$$V_{\text{Streuisolation/m}}$$

$$= 0.006 \text{ m}^3$$

Stadt Zürich
Umwelt- und Gesundheitsschutz
Eggbühlstrasse 23
8050 Zürich
T +41 44 412 20 20
stadt-zuerich.ch/ugz

Stadt Zürich
Tiefbauamt
Werdmühleplatz 3
8001 Zürich
T +41 44 412 50 99
stadt-zuerich.ch/tiefbauamt