

Passerelle Girhalden

Neubau einer Fuss- und Radwegbrücke über die SBB

Technischer Bericht

Vorprojekt



Stadtverwaltung Illnau-Effretikon

Abteilung Tiefbau

Martin Pfister

Märtplatz 29 / Postfach

8307 Effretikon

Impressum

Dokumenten-Nr.	Version	Datum	Verfasser	Freigabe	Bemerkungen
90750.15-002	1.0	18.11.2020	slm	lid	Abgabe Vorprojekt

Autor Titelbild / Mitwirkender Architekt

Eduard Imhof
Dipl. Arch. ETH SIA
Zentralstrasse 45
6003 Luzern
T 041 210 28 46
imhof.eduard@bluwin.ch

Verteiler

Firma	Name	Funktion	Anzahl
Stadtverwaltung Illnau-Effretikon	Martin Pfister	Stv. Leiter Abteilung Tiefbau	1

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	6
2. Einleitung	7
2.1 Ausgangslage / Begründung des Vorhabens	7
2.2 Zielsetzung Vorprojekt	7
3. Grundlagen	8
3.1 Normbezogene Bestimmungen	8
3.1.1 SIA Normen und Merkblätter	8
3.1.2 VSS Normen	8
3.1.3 SBB / VöV	8
3.1.4 Weitere Richtlinien und Empfehlungen	9
3.2 Projektbezogene Grundlagen	9
3.2.1 Ausgeführte Nachbarprojekte	9
3.2.2 Agglomerationsprogramm Kanton Zürich	9
3.2.3 Objektvereinbarung SBB / Stadt Illnau-Effretikon	9
3.2.4 Vorstudie Machbarkeit Passerelle Girhalden	9
3.2.5 Grundlagenerhebungen Vorprojekt Passerelle Girhalden	9
3.2.6 Sitzungsprotokolle Vorprojekt Passerelle Girhalden	10
3.2.7 Berichte Vorprojekt Passerelle Girhalden	10
3.2.8 Pläne Vorprojekt Passerelle Girhalden	10
4. Vorgaben	11
4.1 Gestaltung	11
4.2 VSS-Normen	11
4.3 Randbedingungen SBB	11
4.4 Umwelt	13
4.4.1 Luft	13
4.4.2 Lärm	13
4.4.3 Erschütterungen	13
4.4.4 Nichtionisierende Strahlung (NIS)	13
4.4.5 Grundwasser	14
4.4.6 Oberflächengewässer	16
4.4.7 Abwasser, wassergefährdende Stoffe	17
4.4.8 Boden	17
4.4.9 Belastete Standorte	18
4.4.10 Abfall, Entsorgung	18
4.4.11 Umweltgefährdende Organismen	19
4.4.12 Störfallvorsorge	19
4.4.13 Wald	20
4.4.14 Flora, Fauna, Lebensräume	20
4.4.15 Landschaft und Ortsbild	20

4.4.16	Kulturdenkmäler, archäologische Stätten	20
4.5	Nachhaltiges Bauen	20
5.	Projekt	21
5.1	Ausgangslage Machbarkeitsstudie	21
5.2	Grundlagenerhebung	22
5.2.1	AV-Daten	22
5.2.2	DfA-Daten SBB	22
5.2.3	Werkleitungserhebung	22
5.2.4	Vermessungsaufnahmen / Digitales Geländemodell	23
5.2.5	Geologische Untersuchungen des Baugrundes	23
5.3	Weiterentwicklung im Vorprojekt	24
5.3.1	Analyse der Ausgangslage	24
5.3.2	Erste Schritte im Entwurfsprozess	24
5.3.3	Zwischenlösungen / Entwurfsvarianten	28
5.3.4	Weiterentwicklung der Entwurfsvariante 2 («Bogenlösung»)	29
5.4	Technischer Beschrieb der gewählten Lösung	30
5.4.1	Fuss- und Radwegbrücke Passerelle Girhalden	30
5.4.2	Tragwerksbeschrieb	32
5.4.3	Materialisierung	32
5.4.4	Ausrüstung	32
5.4.5	Hauptabmessungen	33
5.4.6	Planausschnitte	34
5.5	Gestaltungsvarianten	35
5.5.1	Anzug der Brückenpfeiler	35
5.5.2	Schnittstelle Widerlager / Brückenträger	36
5.5.3	Staketengeländer	37
5.6	Bauablauf / Installationskonzept	38
5.6.1	Übersicht Bauablauf	38
5.6.2	Einhubkonzept Brückenträger / Brückenpfeiler mit Mobilkran	38
5.6.3	Übergeordnetes Installationskonzept	39
5.6.4	Bauzeit	40
5.7	Statische Vorbemessung	41
5.7.1	Tragwerks- / Berechnungsmodell	41
5.7.2	Berücksichtigte Einwirkungen	42
5.7.3	Prüfung der Materialausnutzung der Stahlbauteile (GZT)	42
5.7.4	Prüfung der Deformationen (GZG)	43
5.7.5	Visualisierung der Temperaturverformungen (GZG)	44
5.7.6	Prüfung des Schwingungsverhaltens (GZG)	45

6.	Koordination	46
6.1	Projektinvolvierte Stellen	46
6.2	Vorhaben Dritter	46
7.	Erwerb von Grund und Rechten	46
7.1	Permanenter Landerwerb / Konzessionen	46
7.2	Temporärer Landerwerb / Konzessionen	46
8.	Kostenschätzung	47
8.1	Grundlagen	47
8.2	Abgrenzung	47
8.3	Kostenzusammenstellung	47
8.4	Kostenbeteiligung Dritter	48
8.5	Kostenvergleich mit realisierten Vergleichsobjekten	48

Anhang

Anhang 1: Dokumentenliste

Anhang 2: Ermittlungstabelle Kostenschätzung

Anhang 3: Visualisierungen

1. Zusammenfassung

Am 28.02.2019 wurde die Locher Ingenieure AG in Zusammenarbeit mit dem Architekten Eduard Imhof aus Luzern von der Stadtverwaltung Illnau-Effretikon beauftragt, auf Basis einer im Jahr 2015 erstellten Machbarkeitsstudie ein Vorprojekt für den Neubau einer Fuss- und Radwegbrücke über die SBB am Standort des ehemaligen Bahnübergangs bei der Bushaltestelle Girhalde zu erstellen.

Hintergrund des Projektes ist der von den SBB im Februar 2015 geschlossene Bahnübergang, der eine attraktive und direkte Fuss- und Radwegverbindung zwischen den östlichen und westlichen Stadtquartieren und dem Naherholungsgebiet Girhalden dargestellt hatte. Heute ist die Querung der Bahnlinie von diesem Standort aus nur noch über wenig attraktive, weiträumige Umwege möglich. Nach ursprünglicher Einsprache der Stadt hatten sich die SBB vertraglich bereiterklärt, eine Ersatzlösung in Form einer überirdischen Passerelle sowohl finanziell als auch planerisch zu unterstützen. Das Projekt ist im kommunalen Richtplan enthalten und zudem Teil des kantonalen Agglomerationsprogramms Winterthur und Umgebung, 3. Generation, und daher berechtigt, vom NAF mitfinanziert zu werden. Mit dem vorliegenden Vorprojekt soll ein Stadtratsbeschluss inkl. Kreditbewilligung für die Folgephasen erwirkt werden.

Im Rahmen dieses Vorprojekts wurde basierend auf einer gleich zu Beginn gestarteten, umfangreichen Grundlagenerhebung ein gestalterisch attraktives und behindertengerechtes, ca. 170 m langes Überführungsbauwerk erarbeitet, das eine direkte Verkehrsverbindung vom Anschlussknoten Nord bei der Bushaltestelle Girhalde über die Bahnlinie der SBB und den Grändelbach zum Anschlussknoten Süd bei der Kreuzung Girhaldenstrasse/Winterhaldenweg ermöglicht.

Das Tragwerk des Bauwerks ist als ca. 132 m lange, fugenlose, vierfeldrige Stahl-Beton-Verbundbalkenbrücke ohne Fahrbahnübergänge und Lager konzipiert. Mit dieser schlanken, integralen Lösung wird ein in der Erscheinung zurückhaltend wirkendes, dauerhaftes, unterhaltsarmes und damit wirtschaftliches Bauwerk erreicht, das sich harmonisch in die Umgebung einpasst. Der Überbau der Brücke besteht aus luftdicht verschweissten Stahlhohlprofilen aus wetterfestem Baustahl, auf die eine Fahrbahnplatte aus Ort beton gegossen wird. Auch die Brückenpfeiler werden in wetterfestem Baustahl ausgeführt. Dies hat den Vorteil, dass zukünftige Unterhaltsarbeiten an der sonst am Stahlbau erforderlichen Korrosionsschutzbeschichtung vermieden werden können, insbesondere wegen der Lage über der SBB Bahnlinie. Die natürliche, rostbraune Farbe des bewitterten Stahls ist zugleich auch ein architektonisches Element, das die positive Wahrnehmung des Bauwerks unterstützt. Durch die darüber auskragende Fahrbahnplatte bleibt der Stahl vor der Witterung geschützt und damit dauerhaft.

Dank der gewählten Stahl-Beton-Verbundbauweise können die Brückenträger und -pfeiler in kurzen Nachsperrintervallen der Bahnlinie mit einem Mobilkran eingehoben und montiert werden. Die Folgearbeiten lassen sich danach weitestgehend am Tag und ohne Beeinträchtigung des Bahnverkehrs realisieren.

Die Erstellungskosten des Bauwerks werden unter Berücksichtigung einer Reserve für Unvorhergesehenes von 10% auf ca. CHF 3,762 Mio. inkl. MWST geschätzt (Kostengenauigkeit $\pm 20\%$). Für die Bauzeit ist von ca. 12 Monaten auszugehen.

2. Einleitung

2.1 Ausgangslage / Begründung des Vorhabens

Mit dem SBB-Projekt ZEB Hürlistein-Effretikon (4. Gleis Effretikon und Effretikon Nordkopf) wurde der Bahnübergang Girhalden im Februar 2015 durch die SBB geschlossen. Der Bahnübergang stellte eine attraktive und direkte Fuss- und Radwegverbindung zwischen den östlichen und westlichen Stadtquartieren dar. Zudem war er ein wichtiger Zugang zu den Wanderwegen entlang der Bahnlinie und somit zum Naherholungsgebiet Girhalden/Oberkemptal. Als Ersatzmassnahme wurde für die Liegenschaften hinter dem Bahnübergang eine neue Zufahrt via Grändelbach- und Wattstrasse entlang der Bahnlinie geschaffen. Diese ist allerdings für den Fuss- und Veloverkehr wenig attraktiv, da die Nutzung von alternativen Bahnquerungen zu grossen Umwegen führt (vgl. Abbildung 1).

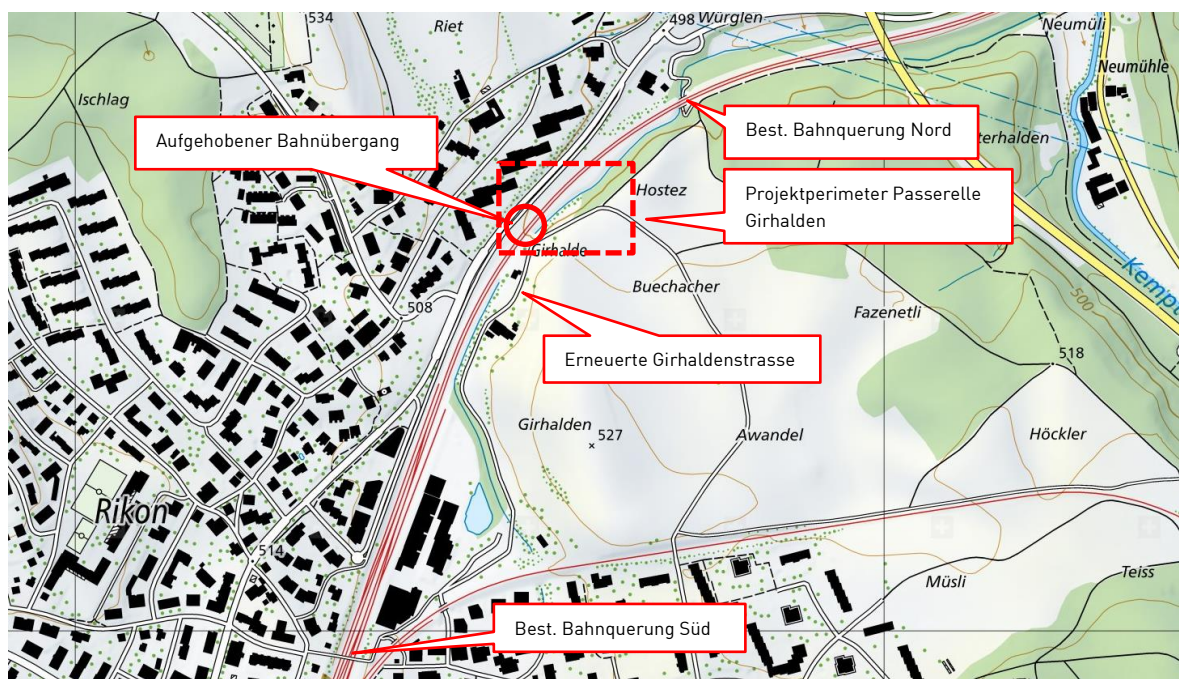


Abbildung 1: Heutige Situation im Umkreis des Projektperimeters.

Die Stadt Illnau-Effretikon hatte davor mit den SBB am 23.11.2012 eine Vereinbarung abgeschlossen, dass die SBB sich am Bau einer von der Stadt zu projektierenden Ersatzlösung in Form einer Passerelle finanziell beteiligen (pauschaler Finanzierungszuschuss über CHF 1 Mio.) und die Planung aktiv unterstützen [42]. Im Gegenzug zog die Stadt ihre Einsprache zum Bauvorhaben der SBB zurück. Die Hälfte des Finanzierungszuschusses hat die Stadt bereits erhalten, die andere folgt, sobald der Rohbau der Passerelle erstellt ist.

2.2 Zielsetzung Vorprojekt

Auf der Basis der bereits vorhandenen Machbarkeitsstudie der Locher Ingenieure AG vom 15.10.2015 sollte das vorliegende Vorprojekt Passerelle Girhalden erarbeitet werden (vgl. [43], [44]). Das Projekt ist Teil des kantonalen Agglomerationsprogramms Winterthur und Umgebung, 3. Generation, und daher berechtigt, vom NAF mitfinanziert zu werden [41]. Das Projekt ist im kommunalen Richtplan enthalten, die Unterstützung ist gemäss Stadtratsbeschluss vom 20.08.2015 zugesichert. Mit dem Vorprojekt soll ein Stadtratsbeschluss inkl. Kreditbewilligung für die Folgephasen erwirkt werden.

3. Grundlagen

3.1 Normbezogene Bestimmungen

3.1.1 SIA Normen und Merkblätter

- [1] SIA 112/2 (2016) Nachhaltiges Bauen – Tiefbau und Infrastrukturen
- [2] SIA 118/262 (2018) Allgemeine Bedingungen für Betonbau
- [3] SIA 260 (2013) Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- [4] SIA 261 (2014) Einwirkungen auf Tragwerke
- [5] SIA 261/1 (2003) Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen
- [6] SIA 262 (2013) Betonbau
- [7] SIA 262/1 (2019) Betonbau – Ergänzende Festlegungen
- [8] SIA 263 (2013) Stahlbau
- [9] SIA 263/1 (2013) Stahlbau – Ergänzende Festlegungen
- [10] SIA 264 (2014) Stahl-Beton-Verbundbau
- [11] SIA 264/1 (2014) Stahl-Beton-Verbundbau – Ergänzende Festlegungen
- [12] SIA 267 (2013) Geotechnik
- [13] SIA 267/1 (2013) Geotechnik – Ergänzende Festlegungen
- [14] SIA 282 (2019) Flüssig aufzubringende Abdichtungen - Produkte- und Baustoffprüfung, Leistungsbeständigkeit
- [15] SIA 2022 (2003) Oberflächenschutz von Stahlkonstruktionen
- [16] SIA 2042 (2012) Vorbeugung von Schäden durch die Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR) bei Betonbauten
- [17] SIA 2029 (2013) Nichtrostender Betonstahl

3.1.2 VSS Normen

- [18] VSS SN 640060 Leichter Zweiradverkehr; Grundlagen, 01.11.1994
- [19] VSS 40090B Projektierung, Grundlagen; Sichtweiten, 31.03.2019
- [20] VSS 40238 Fussgänger- und leichter Zweiradverkehr; Rampen, Treppen und Treppenwege, 31.03.2019
- [21] VSS 40240 Querungen für den Fussgänger- und leichten Zweiradverkehr: Grundlagen, 31.03.2019
- [22] VSS 40247A Querungen für den Fussgänger- und leichten Zweiradverkehr; Überführungen, 31.03.2019
- [23] VSS SN 640450 Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Brücken mit Fahrbahnplatten aus Beton: Systemaufbauten, Anforderungen und Ausführung, 31.12.2017

3.1.3 SBB / VöV

- [24] R RTE 20100 Sicherheit bei Arbeiten im Gleisbereich, VöV, 17.05.2016
- [25] R RTE 20600 Sicherheit bei Arbeiten im Bereich von Bahnstromanlagen, VöV, 24.11.2014
- [26] R RTE 27900 Rückleitungs- und Erdungshandbuch, VöV, 01.07.2014
- [27] Projektierungsassistent Ingenieurbau – Brücken PAIngB, Version 3.1, 01.06.2019
- [28] Merkblatt I-AT-IU-IB: FAQ Erden von Eisenbahnbrücken, Bern, 01.03.2010
- [29] Anforderungen für Baugesuche Dritte, Infrastruktur, Anlagen und Technologie – Überwachung (I-AT-UEW), SBB, 30.08.2018
- [30] Weblink mit Informationen zur Genehmigung von Bauarbeiten/Projekten, die an das Bahnareal angrenzen (Art. 18m EBG):
<https://company.sbb.ch/de/ueber-die-sbb/projekte/genuehmigung-von-bauarbeiten-projekten.html>

- [31] Weblink mit Informationen zur SBB Bewilligungsstelle Bahnaues Bauen (BnB):
<https://company.sbb.ch/de/ueber-die-sbb/projekte/genehmigung-von-bauarbeiten-projekten/formular-bausicherheit.html>

3.1.4 Weitere Richtlinien und Empfehlungen

- [32] ASTRA Richtlinie 12 010, Massnahmen zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit von Spanngliedern in Kunstbauten, V2.00, 2007
- [33] SGK Richtlinie C3, Richtlinie zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen, 2011
- [34] RFS2-CT-2007-00033, Human induced Vibration of Steel Structures: Leitfaden für die Bemessung von Fußgängerbrücken, Christiane Butz et. Al., RWTH Aachen, 10.09.2008
- [35] bfu_Grundlage, Empfehlung Verkehrstechnik, Überführungen, BM.010-2017, bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung, Bern, 2017
- [36] Richtlinien «Behindertengerechte Fusswegnetze», Schweizerische Fachstelle für behindertengerechtes Bauen, Mai 2003

3.2 Projektbezogene Grundlagen

3.2.1 Ausgeführte Nachbarprojekte

- [37] Lärmsanierung Kanton Zürich, Situation und LP LSW 8, Nr. 30126-610-010, Preisig / ewp, 06.2014
- [38] Lärmsanierung Kanton Zürich, Querprofile LSW 8, Nr. 30126-610-402, Preisig / ewp, 06.2014
- [39] SBB ZEB Hürlistein-Effretikon, Übersichtsplan LSW 8 – 9, Nr. 90512.640, INGE SLW-EFF, 13.04.16
- [40] SBB ZEB Hürlistein-Effretikon, Querprofil LSW 8 – 9, Nr. 90512.641, INGE SLW-EFF, 13.04.16

3.2.2 Agglomerationsprogramm Kanton Zürich

- [41] Agglomerationsprogramm Winterthur und Umgebung, 3. Generation, Teil 2: Massnahmenband; Kanton Zürich, Volkswirtschaftsdirektion, Amt für Verkehr; Zürich, 30.11.2016

3.2.3 Objektvereinbarung SBB / Stadt Illnau-Effretikon

- [42] Vereinbarung zwischen Schweizerische Bundesbahnen SBB, Projekte Region Ost und Stadt Illnau-Effretikon betreffend ZEB Hürlistein-Effretikon, 4. Gleis und Effretikon Nordkopf, Einspracheverfahren und Ersatz Bahnübergang Girhalden; Winterthur, 23.11.2012

3.2.4 Vorstudie Machbarkeit Passerelle Girhalden

- [43] Kurzbericht Machbarkeitsstudie, 90660.07-001, Locher Ingenieure AG, Zürich, 15.10.2015
- [44] Projektplan Machbarkeitsstudie, 90660.07-002, Locher Ingenieure AG, Zürich, 15.10.2015

3.2.5 Grundlagenerhebungen Vorprojekt Passerelle Girhalden

- [45] Geografisches Informationssystem des Kantons Zürich, GIS Kanton Zürich
- [46] Grundeigentümergeverzeichnis Projektperimeter, Stadt Illnau-Effretikon, 22.03.2019
- [47] Beschaffung AV-Daten, Gossweiler Ingenieure AG, Dübendorf, 28.03.2019
- [48] Planauskunft Wasserversorgung / Kanalisation, Gossweiler Ingenieure AG, Dübendorf, 27.03.2019
- [49] Planauskunft Stromversorgung, EKZ, 01.04.2019
- [50] Planauskunft Gasversorgung, energie360 AG, 02.04.2019
- [51] Planauskunft Swisscom, Swisscom (Schweiz) AG, 01.04.2019
- [52] Planauskunft UPC, UPC Schweiz GmbH, 02.04.2019
- [53] Vermessungsaufnahmen Projektperimeter, Gossweiler Ingenieure AG, Dübendorf, 11.04.2019,
- [54] Rammsondierungen, Dr. Heinrich Jäckli AG, Zürich, 14.05.2019
- [55] Geologisch-geotechnischer Bericht, Nr. 190548, Dr. Heinrich Jäckli AG, Zürich, 24.06.2019

[56] DfA-, Lichtraumprofil- und Fahrleitungsdaten SBB, SBB AG, 02.07.2019

3.2.6 Sitzungsprotokolle Vorprojekt Passerelle Girhalden

[57] Startsituation Vorprojekt 01/2019, Stadthaus Illnau-Effretikon, 22.03.2019

[58] Projektsitzung Vorprojekt 02/2019, Stadthaus Illnau-Effretikon, 27.07.2019

[59] Projektsitzung Vorprojekt 03/2019, Stadthaus Illnau-Effretikon, 11.09.2019

3.2.7 Berichte Vorprojekt Passerelle Girhalden

[60] Nutzungsvereinbarung, Nr. 90750.15-001, Locher Ingenieure AG, 18.11.2020

3.2.8 Pläne Vorprojekt Passerelle Girhalden

[61] Übersichtsplan, Plan-Nr. 90750.15-003, Locher Ingenieure AG, 18.11.2020

4. Vorgaben

4.1 Gestaltung

Zur grundsätzlichen Gestaltung des Bauwerks wurden dem Projektverfasser seitens der Bauherrschaft keine besonderen Vorgaben oder Einschränkungen gemacht. Es wurde jedoch der grosse Stellenwert einer sorgfältigen Gestaltung hervorgehoben, da das Bauwerk identitätsstiftend als «Einfallstor zur Stadt» wahrgenommen werden wird, weswegen der Beizug eines Architekten bereits in der Angebotsphase zwingend vorgegeben worden war. Diese Anforderung konnte mit dem Zugewinn des renommierten Brückenarchitekten Eduard Imhof aus Luzern erfüllt werden.

4.2 VSS-Normen

Für die Projektierung von Überführungsbauwerken und Rampen für Fussgänger und Radfahrer sind ein ganzer Katalog von Normvorgaben des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS zur berücksichtigen (vgl. [18] bis [23]). Die massgebenden Projektierungsvorgaben können wie folgt zusammengefasst werden:

- Rampengefälle $\leq 6\%$ zur Gewährleistung der Behindertengerechtigkeit. Bei Einhaltung dieser Vorgabe sind keine Zwischenpodeste erforderlich.
- Quergefälle $\leq 2\%$
- Längsgefälle $\geq 0,5\%$
- Horizontaler Radius Rampe $\geq 30\text{ m}$ (unterer Teil) bzw. $\geq 20\text{ m}$ (oberer Teil)
- Vertikaler Ausrundungsradius Kuppe $\geq 40 / 80 / 150\text{ m}$ für $v_{\max} \leq 20 / 30 / 40\text{ km/h}$
- Vertikaler Ausrundungsradius Wanne $\geq 25 / 50 / 100\text{ m}$ für $v_{\max} \leq 20 / 30 / 40\text{ km/h}$
- Min. Lichte Breite Fahrbahn $b_{\min} \geq 3,50\text{ m}$. Einragungen durch Handläufe sind in Ordnung, solange diese weniger als 10 cm je Handlauf betragen.
- Min. Geländerhöhe $h_{\min} \geq 1,30\text{ m}$ über OK Fahrbahn
- Randabschlüsse: OK Konsolkopf $h_{\min} \geq 12\text{ cm}$ über OK Fahrbahn
- Handläufe bei Rampen: Min. Höhe $h_{\min} \geq 0,85\text{ m}$ über OK Fahrbahn (nach [36] $h_{\min} \geq 0,9\text{ m}$). Handläufe sind min. 30 cm über den Anfang / das Ende der Rampe hinauszuziehen. Durchmesser zw. 30 bis 50 mm (nach [36] optimal ca. 40 mm). Lichter Abstand zu Geländer $\geq 50\text{ mm}$.
- Leuchten min. $2,5\text{ m}$ über OK Fahrbahn¹

Die Aufzählung ist nicht als abschliessend zu verstehen, enthält jedoch die wesentlichen, den Entwurf bestimmenden Parameter. Mit Einhaltung dieser Vorgaben werden auch die Anforderungen an die Behindertengerechtigkeit des Bauwerks erfüllt [36].

Für die Wahl des Abdichtungssystems wurde die VSS SN 640450 berücksichtigt [23].

4.3 Randbedingungen SBB

Mit der vorgesehenen Querung der stark frequentierten SBB Bahnlinie 751 Zürich – Winterthur sind für das Projekt sehr zentrale Randbedingungen verbunden, die dem aufrecht zu erhaltenden und sicherheitsrelevanten Bahnverkehr geschuldet sind. Deshalb fand am 18.06.2019 eine Besprechung mit dem ehemaligen Gesamtprojektleiter des Ausbauprojekts ZEB Hürlistein-Effretikon Hr. Kai Gugat, heute Teamleiter Sicherheit der SBB (I-PJ-MP-ZUE-SI), und dem Projektverfasser statt, um das Projektvorhaben vorzustellen und erste Planungshinweise in Erfahrung zu bringen.

¹ Wegen der vorgesehenen Handlaufbeleuchtung nicht von Bedeutung.

Als wesentliches Ziel des Projektes wurde herausgeschält, dass die Bahnanlage der SBB nicht tangiert werden darf, da ansonsten die SBB ein teures und zeitintensives, sog. «Kundenprojekt» auslösen müsste, um selbst aktiv an der Umprojektierung der Bahnanlage mitwirken zu können. Diese müsste im Zuge eines Plangenehmigungsverfahrens auch noch vom BAV bewilligt werden. Mit dem vorliegenden Projekt wurde dieses Ziel zur Vermeidung eines SBB Kundenprojektes erreicht.

Laut Aussage von Hr. Gugat sind auf der Bahnlinie seitens SBB aktuell keine bahneigenen Projekte und wegen des vorgesehenen Brüttenertunnels auch kein drittes Gleis mehr geplant, weshalb bezüglich Pfeilerstandorte die Berücksichtigung der best. Bahnanlage ausreicht. Auf der Bahnstrecke gilt das Lichtraumprofil EBV 3 / S2, so dass für die Festlegung der min. Bauwerksunterkante mit einer lichten Höhe über SOK von 7,00 m = 6,85 m (= Höhe LRP) + 0,15 m (bauliche Reserve) geplant werden kann.

Die verbleibenden, zu berücksichtigenden Regelungen im Zusammenhang mit der Überquerung der SBB Bahnlinie sowie deren zugehöriger Projektierungsschritte können folgendermassen zusammengefasst werden:

- Alle Eingriffe und Arbeiten in der Nähe des Bahnareals bzw. der Bahnanlagen unterliegen der Bewilligungspflicht durch die SBB (Art. 18m EBG). Sowohl mit als auch ohne Planaufgabe dürfen die Bauarbeiten erst nach Bewilligung des Baugesuchs durch die SBB aufgenommen werden. Grund dafür ist die Betriebssicherheit (vgl. [30]).
- Alle Projekte, die sich weniger als 50 Meter von Grundstücken und Freiluftleitungen der SBB befinden, müssen der SBB zur Bewilligung eingereicht werden. Die Anforderungen für Baugesuche Dritter ist im Dokument [29] geregelt. Ansprechpartner für die Genehmigung von Projekten Dritter ist bei den SBB der Geschäftsbereich Immobilienrechte der Division Immobilien.
 - SBB Immobilienrechte
Region Ost
Vulkanplatz 11
Postfach
8048 Zürich
immobilienrechte.ost@sbb.ch
Tel. +41 51 285 02 95
- Im Planaufgabeverfahren durch Dritte erstellen die SBB nach abgeschlossener Prüfung des Bewilligungsgesuchs eine Stellungnahme kraft Art. 18m Eisenbahngesetz vom 20. Dezember 1957 (EBG, SR 742.101). Die Auflagen der SBB sind integraler Bestandteil der Baubewilligung. Die Zustimmung der SBB gemäss Art. 18m EBG kann vor, während oder spätestens nach Planaufgabe eingeholt werden, wobei die zuständige Behörde die Baubewilligung erst erteilen kann, wenn die Bewilligung der SBB vorliegt. Bereits beim Ausstecken von Bauprofilen, welche in die 5 m Gefahrenzone der SBB, bzw. zum nächsten spannungsführenden Anlageteil und Schienen geraten können, ist ein Erdungskonzept notwendig. Die Vorlaufzeit für die Prüfung der Unterlagen beträgt min. 25 Tage.
- Min. 8 Wo vor Beginn der Bauarbeiten ist zusätzlich das Antragsformular Sicherheitsdispositiv an SBB-I-AT-UEW-STK-BNB (Bahnahes Bauen) zur Bewilligung einzureichen (vgl. [31]):
 - SBB AG
Infrastruktur – Anlagen und Technologie – Überwachung
Region Ost (ROT)
Remisenstrasse 7
8021 Zürich
x001862@sbb.ch
Tel. +41 79 875 80 60

Nach Vorabklärungen des PV mit der Fachstelle BnB (Ansprechpartner Hr. Leonard Kolaj) kann für das vorliegende Projekt von folgenden Randbedingungen ausgegangen werden:

- Zwischen Bahnlinie und Grändelbach ist ein min. 2,5 m hoher Bauschutzzaun vorzusehen, um die Baupiste sowie die Fundationsarbeiten bei den Pfeilern visuell abzugrenzen (Abstand zu Schiene idealerweise 5,0 m, im Minimum 2,5 m analog Schutzgerüst). Ein sog. SBB-Schutzgerüst ist für die Bauarbeiten nicht erforderlich. Dank dem Einheben der Stahlbauteile in der Nacht während Nachsperrungen kann auch auf den Bau eines sog. SBB-Schutztunnels verzichtet werden.
- Als Intervall für Nachsperrungen darf im Minimum von 2 h bis max. 4 – 5 h ausgegangen werden, je nach Vorlaufzeit der Eingabe in Abhängigkeit der Sperrungen / Bauarbeiten Dritter. Von ganzen Wochenendsperrungen ist aufgrund der hohen Auslastung der Bahnlinie und dem damit verbundenen, hohen Kosten für Busersatzmassnahmen (u. a.) abzusehen.
- Die Fragen zur Erdung des Bauwerks können zu einer späteren Projektphase geklärt werden. Ein Erdungskonzept ist auf alle Fälle zwingend und muss gemäss Vorgaben der SBB umgesetzt werden.
- Zur Nutzung eines Baukrans für die Arbeiten am Tag gelten die Vorgaben gemäss [25]. Ein Schwenken über dem Gleisbereich ist nicht zulässig. Die min. Abstände zu stromführenden Anlageteilen sind unter Berücksichtigung der Kranhöhe und der Lastlänge einzuhalten.

4.4 Umwelt

Für das vorliegende Projekt ist keine UVP erforderlich. Die Vorgaben des Umweltrechts müssen trotzdem eingehalten werden. Im Folgenden ist deshalb kurz aufgeführt, ob und welche Auswirkungen das Projekt in den verschiedenen Umweltbereichen hat. Die folgenden Ergebnisse der Grundlagenrecherche zum Thema Umwelt stammen aus dem Geoinformationssystem des Kantons Zürich [45].

4.4.1 Luft

Das vorliegende Projekt führt zu keinen Verkehrsänderungen. Dementsprechend ergeben sich keine spürbaren Änderungen bei der Luftschadstoffbelastung.

4.4.2 Lärm

Das Projekt führt zu keiner Verkehrszunahme und die Verkehrszusammensetzung ändert sich nicht. Dementsprechend führt das Projekt zu keiner wahrnehmbaren Zunahme des Strassenlärms.

4.4.3 Erschütterungen

Bei folgenden Bauarbeiten ist teilweise mit Erschütterungen zu rechnen, die sich allerdings sowohl zeitlich als auch vom Umfang her in Grenzen halten und als nicht besonders intensiv betrachtet werden können:

- Bohren der Mikropfähle

4.4.4 Nichtionisierende Strahlung (NIS)

Im Rahmen des Projekts werden keine Anlagen erstellt, welche NIS erzeugen und keine Orte mit empfindlicher Nutzung geschaffen.

4.4.5 Grundwasser



Abbildung 2: Kartenausschnitt „Gewässerschutzkarte“: Gewässerschutzbereich Au (Stand: 22.09.2020)

- Der Projektperimeter befindet sich im Grundwasserschutzbereich Au der Gewässerschutzkarte. Die diesbezüglich geltenden Richtlinien des AWEL sind einzuhalten.
- Der Grundwasserschutzbereich Au umfasst die nutzbaren unterirdischen Gewässer und die zu ihrem Schutz darüber hinaus gehenden notwendigen Randgebiete. Gemäss Anhang 4 Ziff. 211 Abs. 2 der eidgenössischen Gewässerschutzverordnung dürfen im Gewässerschutzbereich Au keine Anlagen erstellt werden, die unter dem langjährigen, natürlichen mittleren Grundwasserspiegel liegen. Ausnahmen können ausschliesslich in begründeten Fällen bewilligt werden und nur, wenn die Durchflusskapazität gegenüber dem natürlichen Zustand langfristig um höchstens 10 % reduziert wird.
- Im Gewässerschutzbereich Au ist für die Erstellung von Bauteilen im Grundwasser (d. h. unterhalb des höchsten Grundwasserspiegels) und für Absenkungen des Grundwasserspiegels während der Bauzeit gemäss den §§ 36 ff. und 70 des kantonalen Wasserwirtschaftsgesetzes sowie Art. 19 des Bundesgesetzes über den Schutz der Gewässer (GSchG) eine kantonale Konzession/Bewilligung erforderlich.
- Es sind nur verrohrt gebohrte Mikropfähle mit Gewebesack zulässig. Unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels muss die 10%-Regel eingehalten werden.
- Im Bereich von nutzbaren Grundwasserleitern ist wo möglich auf dauernd im Boden verbleibende Baugrubenabschlüsse zu verzichten. Es sind temporäre Abschlüsse zu wählen. Geeignet sind rückziehbare Spundwände. Schlitzwände, Pfahlwände und verlorene Spundwände sind nicht zulässig.

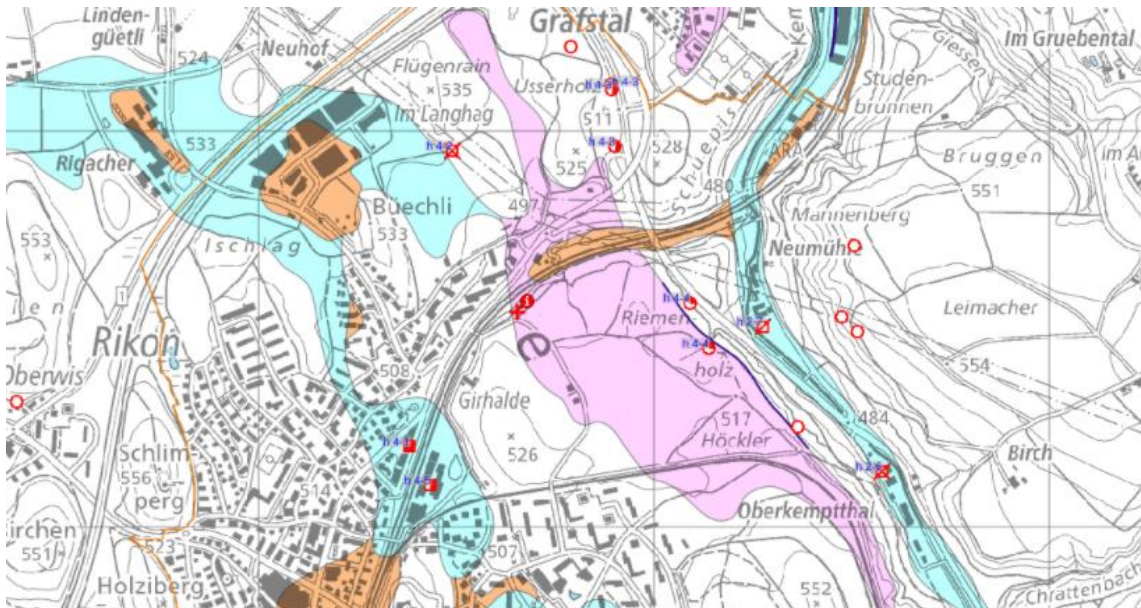


Abbildung 2: Kartenausschnitt „Grundwasserkarte (Mittelwasserstand)“ (Stand: 22.09.2020)

- Der Bereich des Widerlagers Süd liegt im Grundwassergebiet Riemenholz (Nr. h 29).
- Typ: Schotter-Grundwasserleiter über den Tälern: geringe Grundwassermächtigkeit nachgewiesen.
- Gebiet geringer Grundwassermächtigkeit (meist weniger als 2 m) oder geringer Durchlässigkeit, Quellbildner an Talhängen oder auf Hochplateau, Randgebiet mit unterirdischer Entwässerung zum Grundwassernutzungsgebiet.
- Gemäss Geologischem Bericht [55] ist die Zirkulation von geringen Mengen Hangwasser in den durchlässigeren, sandig-kiesigen Partien der Moräne bzw. verstärkte Hangwasserzirkulation direkt auf der Molasseobergrenze möglich.

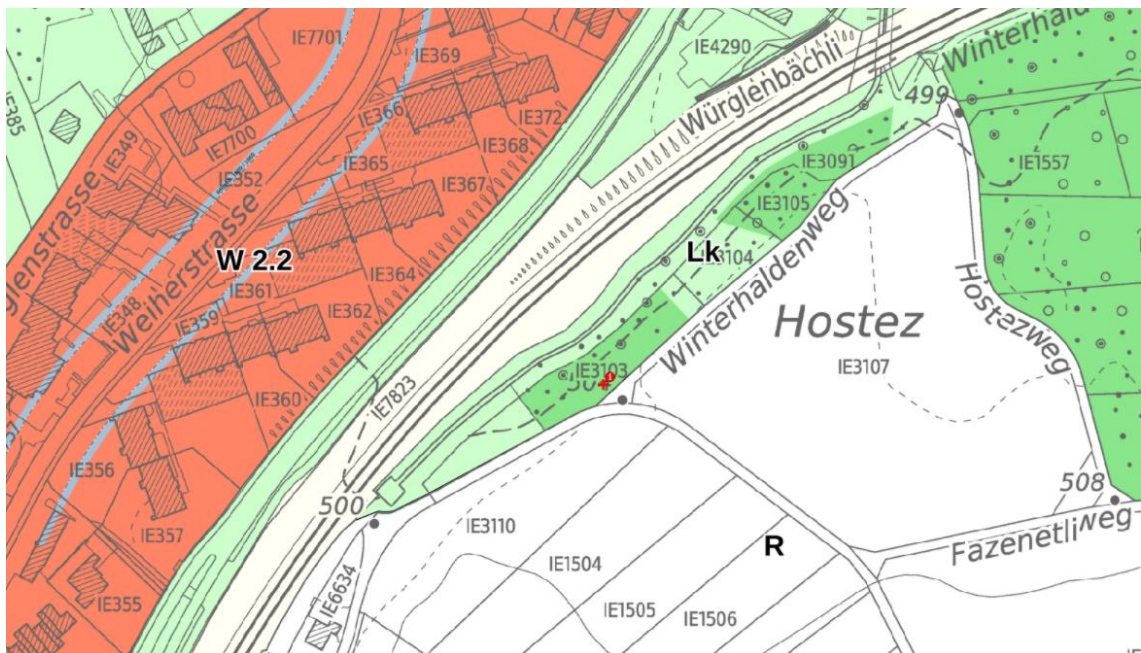


Abbildung 2: Kartenausschnitt „ÖREB-Themen: Nutzungsplanung, Abstandslinien, Grundwasser“ (Stand: 22.09.2020)

- Im Projektperimeter ist keine Grundwasserschutzzone oder -nutzung vorhanden.
- Die Passerelle liegt in der kantonalen Landwirtschaftszone. Das Gebiet im Bereich des Widerlagers Süde wird nach Zonenplan als Wald bezeichnet.

4.4.6 Oberflächengewässer

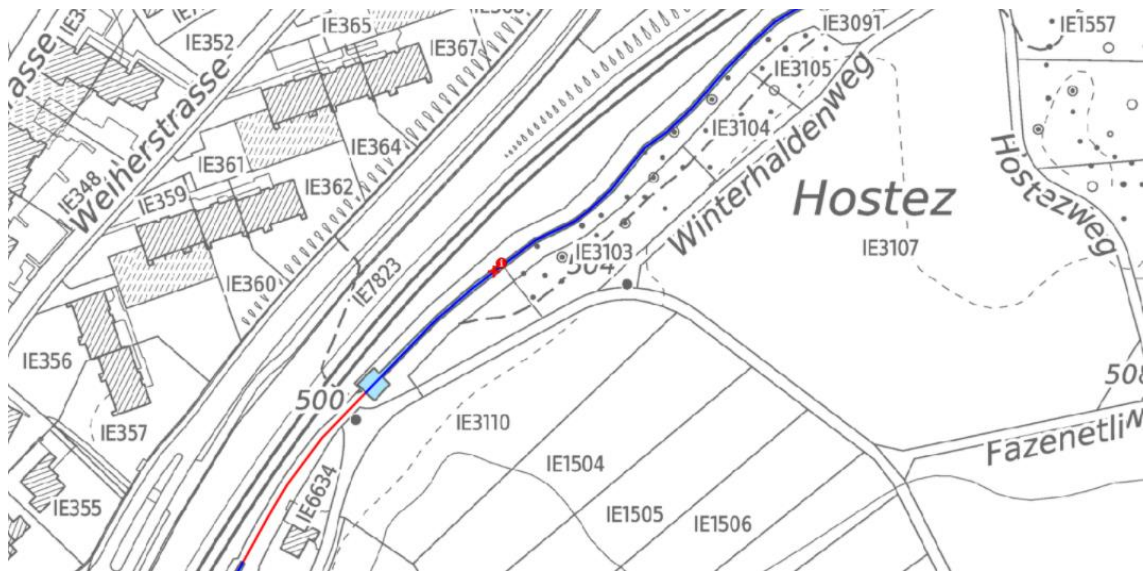


Abbildung 2: Kartenausschnitt „Öffentliche Oberflächengewässer, Gewässerraum und Wasserrechte“ (Stand: 22.09.2020)

- Das Oberflächengewässer «Grändelbach» führt durch den Projektperimeter (Gemeinde-Gewässernummer 9.0, Klasse 1: offen mit eigener Parzelle).
- Gewässertyp: Normalgewässer

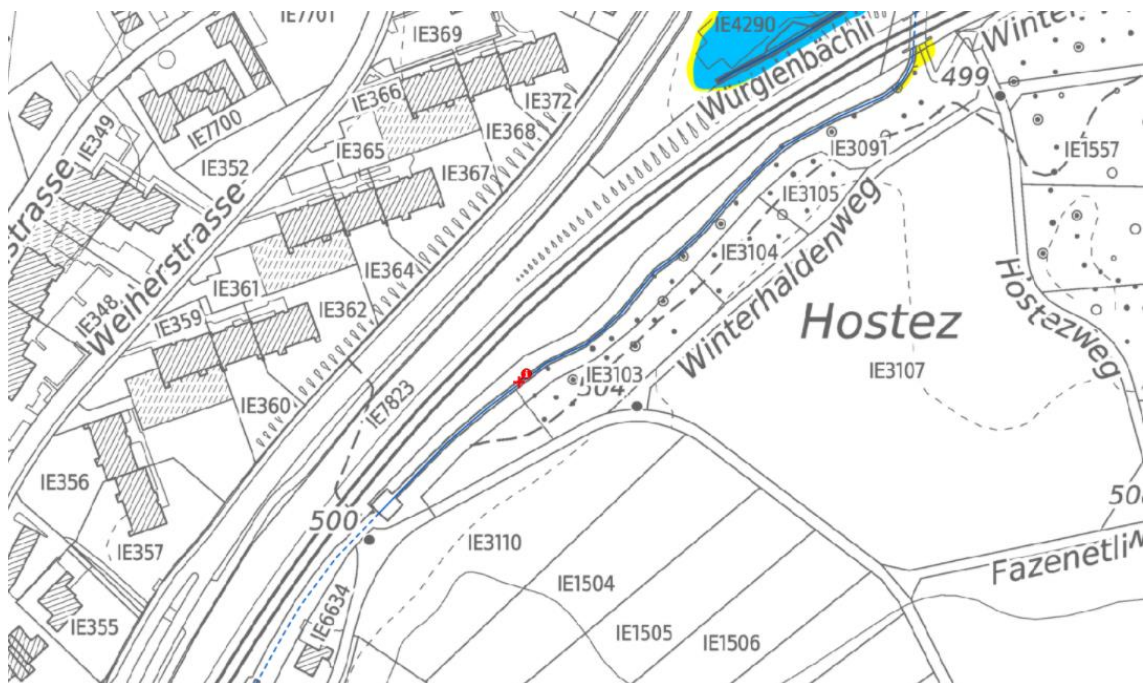


Abbildung 2: Kartenausschnitt „Naturgefahrenkarte“ (Stand: 22.09.2020)

- Der Projektperimeter befindet sich ausserhalb eines Naturgefahrenbereichs. Es besteht keine Hochwassergefährdung.

4.4.7 Abwasser, wassergefährdende Stoffe

- Das anfallende Meteorwasser auf der Brücke wird mit regelmässig angeordneten Einlaufschächten gefasst und über eine an der Brückenunterseite angehängte Sammelleitung in Richtung der beiden Widerlager abgeführt, wo es versickert werden kann.
- Während der Bauphase hat die Entwässerung gemäss SIA 431 zu erfolgen.

4.4.8 Boden

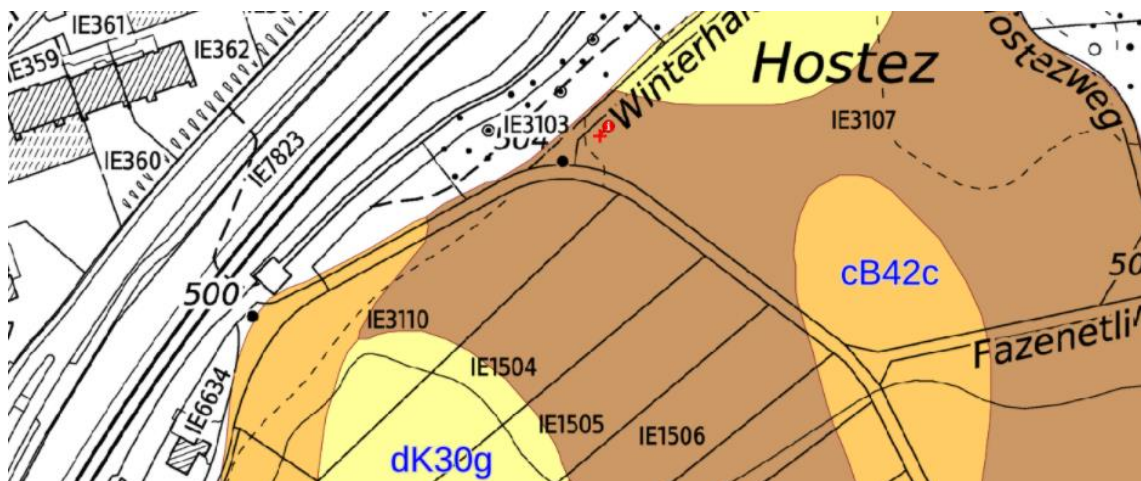


Abbildung 2: Kartenausschnitt „Bodenkarte der Landwirtschaftsflächen“ (Stand: 22.09.2020)

- Dunkelbraune Fläche:
 - Bodentyp Braunerde, tiefgründig (70 – 100 cm)
 - Nutzungseignung: 1 – Ackerbaugesamt
- Die geplanten Installationsflächen im Bereich Süd kommen teilweise in dieser Braunerde zu liegen. Die Parzelle IE3107 wird bereits heute als Ackerland genutzt.
- Unabhängig der Landwirtschaftsfläche ist anstehender Ober- und Unterboden vor Beginn der Installationsarbeiten generell entweder vorgängig abzutragen oder mit einem Geotextil und min. 50 cm Kiesschüttung zu schützen. Abtrag und/oder Schüttung haben bei trockener Witterung zu erfolgen.

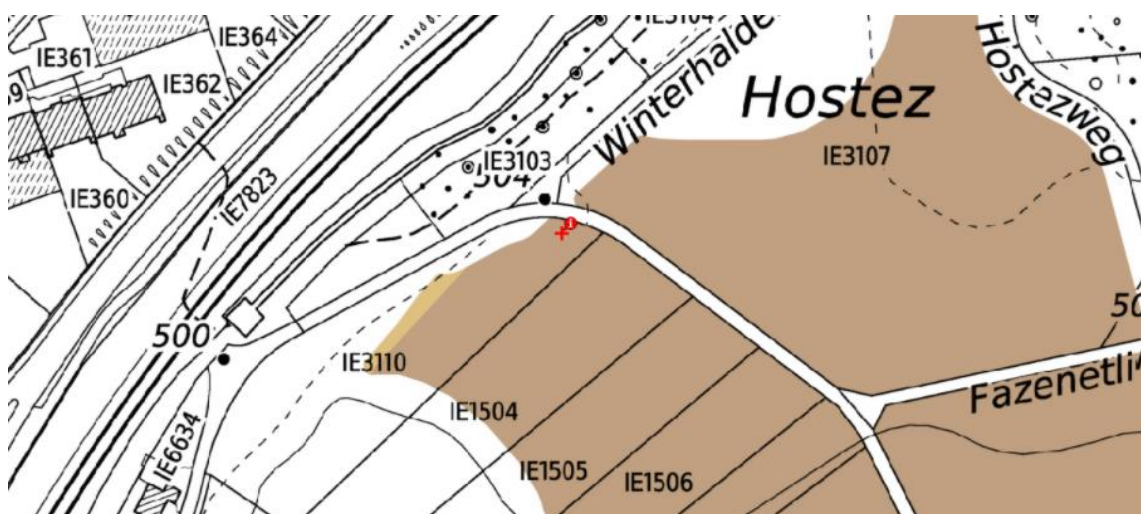


Abbildung 2: Kartenausschnitt „Fruchtfolgeflächen (FFF)“ (Stand: 22.09.2020)

- Braun: FFF, Nutzungsklassen 1 - 5
- Hellbraun: Bedingt FFF, Nutzungseignungsklasse 6

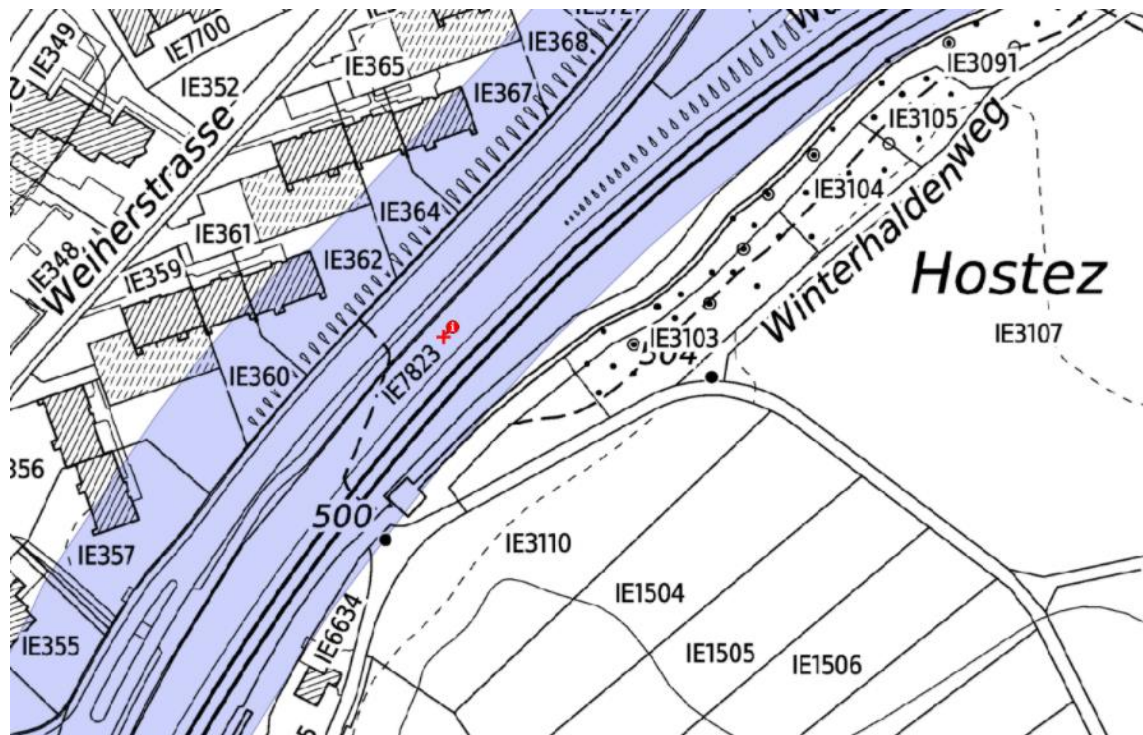


Abbildung 2: Kartenausschnitt „Verfahren bei Hinweisen auf Schadstoffbelastungen des Erdreichs“ (Stand: 22.09.2020)

- Violett: Kommunales Bodenverschiebungsverfahren; Flächen im Kanton Zürich mit Hinweisen auf Schwermetallbelastungen des Bodens über dem Richtwert gem. Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBö). Ursache: Verkehrsträger. Für die gesetzeskonforme Verwertung bzw. Entsorgung von Aushubmaterial aus solchen Flächen muss vorgängig die tatsächliche Belastung erhoben werden. Falls mehr als 50 m³ Bodenmaterial aus dem Bauareal verschoben werden, ist eine kommunale Bewilligung erforderlich.
- Der anstehende Ober- und Unterboden wird ohne anderslautende Vorgaben zur Erstellung der geböschten Baugruben vorgängig abgetragen und zur Wiederverwendung vor Ort temporär deponiert. Nach Abschluss der Bauarbeiten wird der Boden wo möglich wieder vor Ort angelegt oder andernorts wiederverwertet.

4.4.9 Belastete Standorte

- Der Projektperimeter ist nicht im Kataster der belasteten Standorte (KbS) enthalten.

4.4.10 Abfall, Entsorgung

- Es fallen folgende, vorhersehbare Bauabfälle an:
 - Ev. verschmutztes Aushubmaterial (Ober- / Unterboden, Lockergestein)
- Die Materialien werden gemäss den gesetzlichen Vorgaben entsorgt bzw. wiederverwertet.

4.4.11 Umweltgefährdende Organismen



Abbildung 2: Kartenausschnitt „Neophytenverbreitung“ (Stand: 22.09.2020)

- Im nördlichen Projektperimeter ist im Grünstreifen zwischen Fussgänger-/Radweg und Rikonerstrasse Einjähriges Berufkraut präsent.

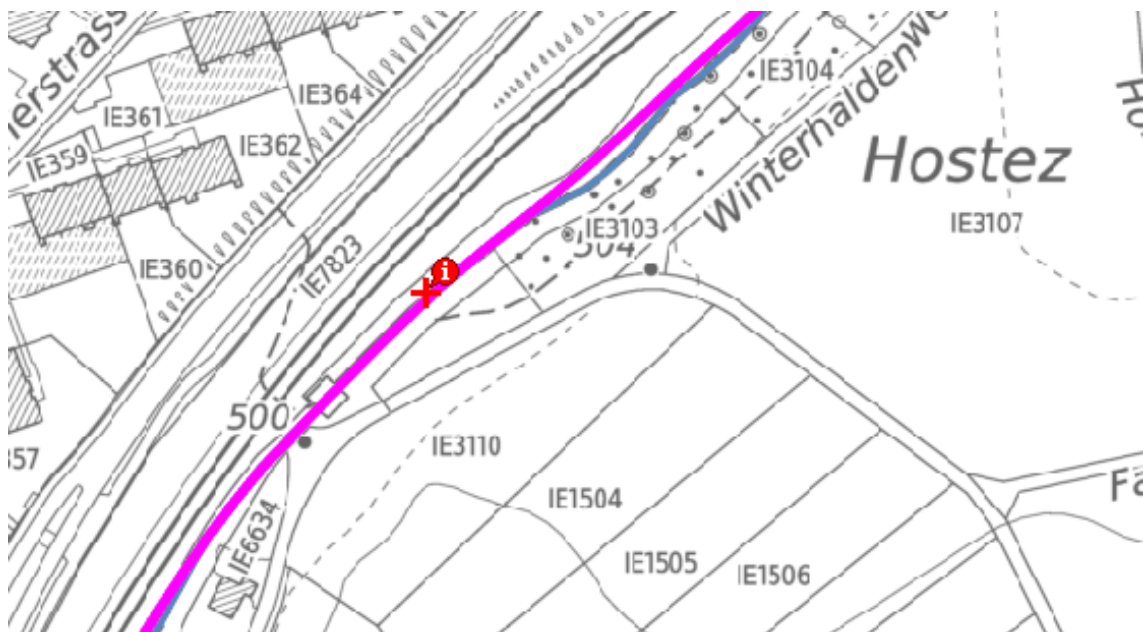


Abbildung 2: Kartenausschnitt „Aquatische Neozonen“ (Stand: 22.09.2020)

- Der Grändelbach ist potenziell belastet mit invasiven Neozoen. Belastungsart direkt oder aus einem anderen, einmündenden Gewässer.

4.4.12 Störfallvorsorge

- Das Projekt fällt nicht unter die Störfallverordnung.

4.4.13 Wald

- Für die Bauarbeiten sind umfangreiche Waldrodungen im Bereich des zu erstellenden Widerlagers Süd erforderlich. Neben den Bauarbeiten zur Erstellung des Widerlagers selbst besteht auch ein breiträumiger Platzbedarf für das Einheben des Brückenträgers zwischen Pfeiler und Widerlager Süd.
- In der nächsten Projektphase ist die Ausarbeitung, koordinierte Auflage und Einreichung des Rodungsgesuchs resp. der forstrechtlichen Bewilligung sowie der baurechtlichen Ausnahmebewilligung für Bauten im Unterabstand (gesetzl. Waldabstandslinie 30 m) beim ALN / Abt. Wald erforderlich (Hilfsmittel Leitsystem TBA: 632.02 Rodungen).

4.4.14 Flora, Fauna, Lebensräume

- Kein Eintrag im Natur- und Landschaftsschutzinventar 1980.
- Fischerei Grändelbach:
 - Fischereirevier Nr. 152: Grändelbach bei Bisikon-Effretikon ohne Weiher im Oermis
 - Fischereikreis 3
- Wildtierkorridor:
 - Der Projektperimeter befindet sich in keinem Wildtierkorridor.
- Jagdrevier Nr. 126, Illnau Schüsselberg, Jagdbezirk Oberland

4.4.15 Landschaft und Ortsbild

- Kein Eintrag in der überkommunalen Natur- und Landschaftsschutzverordnung.
- Der Projektperimeter befindet sich nicht im Inventar der schutzwürdigen Ortsbilder von überkommunaler Bedeutung.

4.4.16 Kulturdenkmäler, archäologische Stätten

- Der Projektperimeter befindet sich nicht in archäologischen Schutzzonen.

4.5 Nachhaltiges Bauen

Damit ein Bauwerk nachhaltig ist, muss es die Anforderungen an Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft ausgeglichen erfüllen. Relevant für die Schweiz ist die Norm SIA 112/2 «Nachhaltiges Bauen - Tiefbau und Infrastrukturen» [1]. Für die Planung und Realisierung der neuen Passerelle Girhalden wird das Thema «Nachhaltigkeit» in die Planungsschritte der weiteren Projektphasen miteinbezogen.

5. Projekt

5.1 Ausgangslage Machbarkeitsstudie

In der Machbarkeitsstudie von 2012 wurde die Machbarkeit der überirdischen Bahnquerung abgeklärt sowie ein mögliches Tragwerk mit zugehörigem Standort vorgeschlagen (vgl. Abbildung 2 sowie [43], [44]). Die Studie kam zum Ergebnis, dass sich ein L-förmiger Grundriss für das Bauwerk am besten für die Linienführung eignet, da damit der natürlich ansteigende Terrainverlauf südlich der Bahnlinie optimal ausgenutzt werden kann (vgl. Abbildung 3).

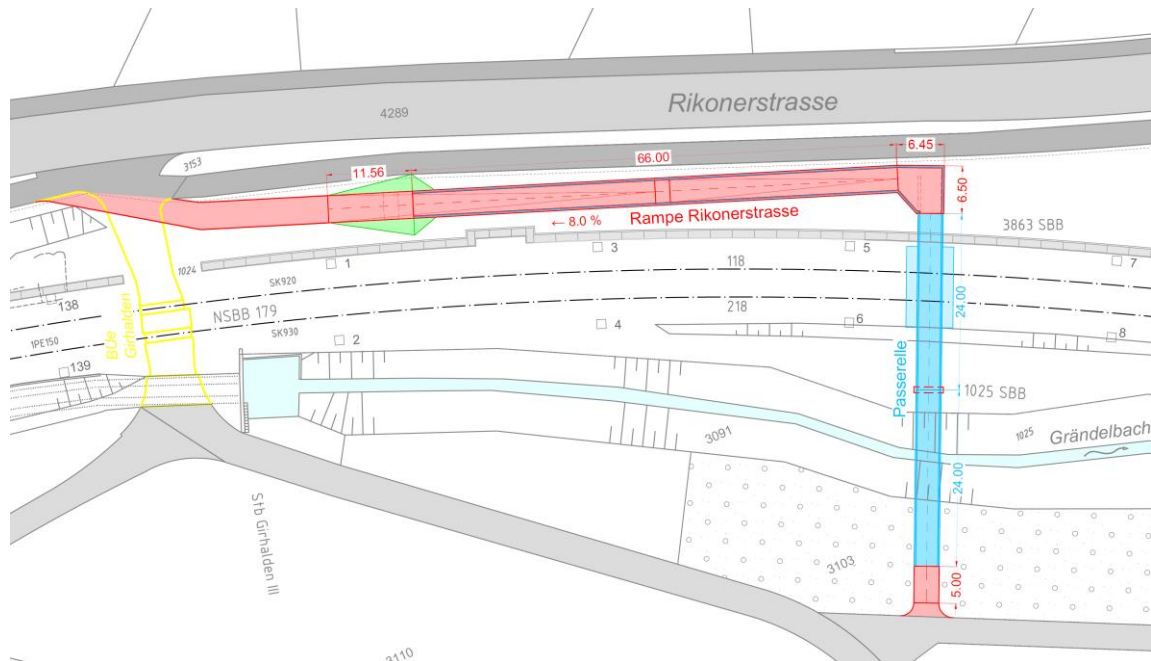


Abbildung 2: Situation Lösung Machbarkeitsstudie mit Rampenbauwerk Seite Rikonerstrasse und Stahlpasserelle über der SBB [44].

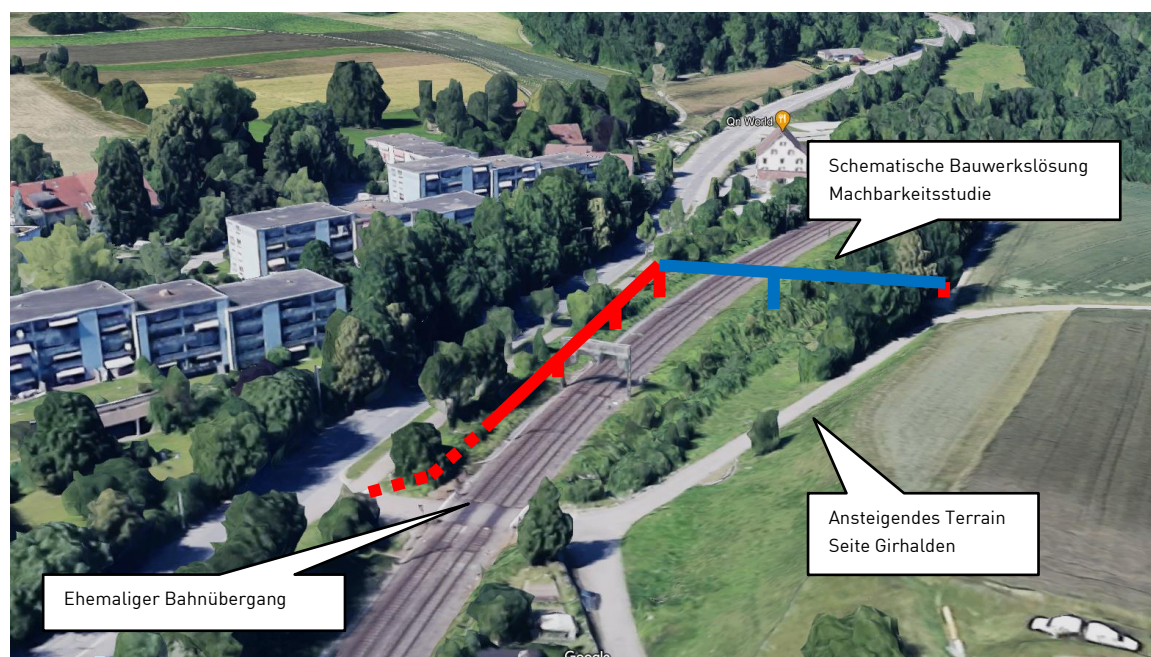


Abbildung 3: 3D-Visualisierung Satellitenaufnahme Projektperimeter mit schematischer Studienlösung (Quelle: Google Maps).

Als zweckmässige Verkehrsanschlussknoten wurden der ehemalige Standort des Bahnübergangs nördlich des Gleisfelds sowie die Kreuzung Girhaldenstrasse / Winterhaldenweg auf Seite Girhalden bestimmt. Mit der gewählten Linienführung und den Anschlussknoten ergab sich ein zweigliedriges Tragwerk, aufgeteilt in ein bahnparalleles Rampenbauwerk aus Stahlbeton sowie eine bahnquerende, leichtere Passerelle aus Baustahl (sog. Vierendeel-Träger). Gleich zu Beginn der Studie wurde erkannt, dass für den Bauvorgang im Bahnbereich möglichst leichte Tragwerksteile gefragt sind, die in sehr kurzen, nächtlichen Gleissperrintervallen über das Gleisfeld auf die vorgängig ausserhalb des Bahnbereichs erstellten Pfeiler eingehoben werden können.

Dieser bauablauftechnische, entwurfsbestimmende Grundgedanke sowie die gewählten Anschlussknoten wurden im vorliegenden Vorprojekt weiterverfolgt.

5.2 Grundlagenerhebung

Gleich zu Beginn des Vorprojektes wurden zahlreiche Grundlagen beschafft, um die Projektierung auf eine belastbare Basis stellen zu können. Diese sind alle in den digitalen Abgabeakten des Vorprojekts integriert und werden im Folgenden kurz beschrieben.

5.2.1 AV-Daten

Die Daten der amtlichen Vermessung wurden beim Büro Gossweiler Ingenieure AG aus Dübendorf beschafft, die mit der Nachführung dieser Daten seitens der Stadt betraut sind [47].

5.2.2 DfA-Daten SBB

Die Daten aus der sog. «Datenbank fester Anlagen» der SBB wurden direkt bei den SBB beschafft [56] und in der Planung berücksichtigt, insbesondere:

- Gleisanlage in Situation und Höhe
- Standort und Querprofile der Fahrleitungsmasten
- Geltendes Lichtraumprofil für die Strecke

Gleislage und Lichtraumprofil bilden gemeinsam die Grundlage für die Bestimmung der min. Bauwerksunterkante und sind deshalb zentrale Randbedingungen für die Planung der vertikalen Linienführung über dem Gleisbereich. Die Lage der Fahrleitungsmasten war für die Bestimmung der horizontalen Linienführung von Bedeutung.

5.2.3 Werkleitungserhebung

Es wurden Planauskünfte folgender Werke bezogen:

- Wasserversorgung / Kanalisation [48]
- Stromversorgung [49]
- Gasversorgung [49]
- Swisscom [51]
- UPC [52]

Vom Projekt wird einzig eine best. Regenwasserableitung im Bereich des Widerlagers Nord tangiert, die leicht umgelegt werden muss. Im Bereich des Widerlagers Süd sind keinerlei Werkleitungen vorhanden. Etwas ausserhalb des Projektperimeters, ca. 100 m nordwestlich des Widerlagers Nord und ca. 130 m östlich des Widerlagers Süd befinden sich Gasleitung der Energie360 AG bzw. Erdgas Ostschweiz AG. Die Prüfung einer kritischen Streustromgefährdung aufgrund dieser Gasanlagen hat unter Bezug eines Experten in der nächsten Projektphase zu erfolgen². Projekte seitens der Werke sind nicht bekannt.

² Gasleitung werden in der Schweiz mit kathodischen Gleichstromschutzanlagen vor Korrosion geschützt und sind deshalb pot. Streustromquellen.

5.2.4 Vermessungsaufnahmen / Digitales Geländemodell

Zur geodätischen Vermessungsaufnahme des Projektperimeters wurde das Büro Gossweiler Ingenieure AG aus Dübendorf beauftragt [53]. Es wurde eine Kombination aus Laserscanning (Vorteil im Gleisbereich, da berührungslos) sowie klassischer Feldaufnahme mit dem Tachymeter vorgenommen. Die Aufnahmen wurden zudem mittels LIDAR-Daten ergänzt und zu einem digitalen Geländemodell zusammengefügt. Auf dieser Grundlage konnte zusammen mit den Randbedingungen der SBB-Daten die räumliche Trassierung der Fuss- und Radwegverbindung vorgenommen werden.

5.2.5 Geologische Untersuchungen des Baugrundes

Zur Abklärung der Baugrundbeschaffenheit im Projektperimeter wurde das Büro Dr. Heinrich Jäckli AG aus Zürich beauftragt. Auf der Basis von bereits vorhandenen, älteren Untersuchungen im Zusammenhang mit dem Lärmschutzprojekt der SBB (vgl. [39]) sowie zusätzlichen, neuen Feldarbeiten (3 Rammsondierungen inkl. Piezometermessungen [54]) wurde ein Geologisch-geotechnischer Bericht erstellt [55]. Da die Untersuchungen gleich zu Beginn des Vorprojekts in Auftrag gegeben worden waren, wurde im entwickelten Baugrundmodell noch die Bauwerkslösung der Machbarkeitsstudie eingeblendet (vgl. Abbildung 4).

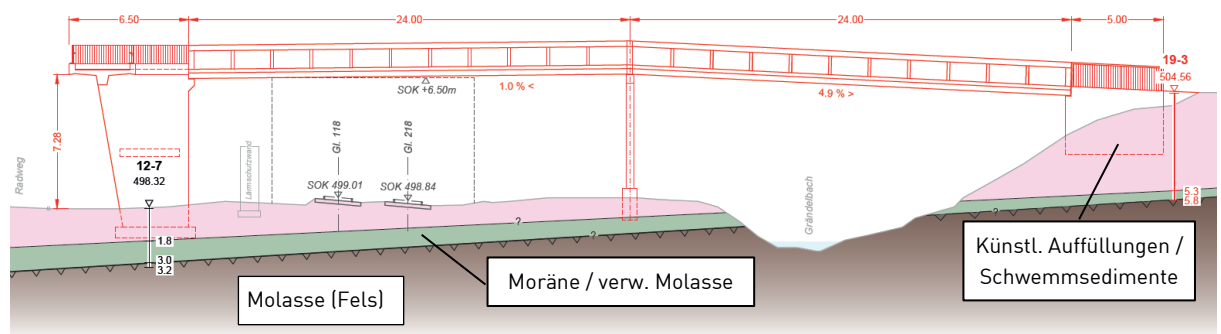


Abbildung 4: Baugrundmodell gemäss [54], dargestellt in der Passerellen-Achse der Machbarkeitsstudie.

Zur geologischen Übersicht im Perimeter wird im Folgenden aus dem Geologischen Bericht zitiert:

«Der Projektbereich liegt in der Talsohle am nördlichen Dorfrand von Effretikon. In diesem Gebiet besteht die Felsunterlage im Kern aus den Gesteinen der Oberen Süsswassermolasse, einer praktisch horizontal liegenden Wechselfolge von etwas weicheren Mergeln und harten Sandsteinbänken. Vor allem dort, wo Mergel als oberste Schicht ansteht, ist die Molasse oberflächlich meist mehr oder weniger stark verwittert.

Während der letzten Eiszeit wurde das Gebiet um Effretikon vom Gletscher überfahren und mit einer unterschiedlich mächtigen Moräne bedeckt. Dabei entstand die für Effretikon typische, hügelige Landschaft aus sogenannten Drumlins. Die glazial vorbelastete, kompakte Moräne wurde nacheiszeitlich durch Witterungseinflüsse oberflächlich aufgelockert.

Nach dem Rückzug der Gletscher wurden in den Mulden zwischen den Drumlins feinkörnige Schwemmsedimente abgelagert, die lokal auch organische Substanzen wie Torfschichten enthalten. Den Abschluss des natürlichen Schichtprofils bilden der Ober- und Unterboden (Humus und oberste rund 1 m mächtige Erdschicht), welche im Zuge baulicher Tätigkeiten teilweise durch künstliche Auffüllungen ersetzt resp. mit solchen überschüttet wurden.»

Für vertiefte Informationen zum Baugrund wird auf den Geologischen Bericht [55] verwiesen.

5.3 Weiterentwicklung im Vorprojekt

5.3.1 Analyse der Ausgangslage

Die Studienlösung der Locher Ingenieure AG wurde auf Basis der beschafften Grundlagen vom Projektverfasser in enger Zusammenarbeit mit dem Architekten Eduard Imhof aus Luzern weiterentwickelt. Von der Bauherrschaft wurden dem Planerteam alle Gestaltungsmöglichkeiten offengelassen, d. h. es durfte von der bisherigen Tragwerkslösung ohne gestalterische Vorbehalte abgewichen werden.

Die Ausgangslage wurde in einem ersten Schritt analysiert und beurteilt. Folgende bisherigen Lösungselemente wurden als vorteilhaft angesehen und sollten beibehalten werden:

- Standort der Anschlussknoten Nord und Süd
- Bauvorgang im Gleisbereich mit Einheben von leichten Tragwerksteilen
- Abstützung des Überbaus zwischen Bahnlinie und Grändelbach

Als nachteilig wurden folgende Elemente angesehen, die im Vorprojekt verbessert werden sollten:

- Die augenfällige Zweigliedrigkeit des Tragwerks, sowohl hinsichtlich des Tragwerkstyps als auch der Materialisierung, sollte aufgehoben und durch eine einheitliche, harmonische Lösung ersetzt werden (keine Tragwerkswechsel / keine Unterscheidung Rampe / Passerelle).
- Sowohl im Grundriss als auch Aufriss waren Knicke in der Linienführung vorhanden, die nach Möglichkeit aufgelöst werden sollten.
- Zur Verbesserung der Gestaltung und des Nutzererlebnisses sollten Lösungen mit unter der Fahrbahn liegenden Tragwerken gesucht werden (Plattenbalken- statt Trogquerschnitte).
- Mit einer Rampenneigung von max. 8% war die Behindertengerechtigkeit des Überführungsbauwerks nicht gegeben. Diese sollte durch die Wahl einer Rampenneigung von max. 6% gewährleistet bleiben.
- Die Fugen und Lager sollten durch eine integrale Bauweise ersetzt werden.
- Die Ausrüstungsteile wie Beleuchtung, Geländer, Werkleitungen etc. sollten für eine harmonische Gesamterscheinung gestalterisch auf das Tragwerk abgestimmt werden.

5.3.2 Erste Schritte im Entwurfsprozess

Nach ersten Arbeitssitzungen zwischen dem Projektverfasser und dem Architekten wurde eine gemeinsame Stossrichtung definiert: Die Entwicklung einer schlichten, regelmässigen, mehrfeldrigen, möglichst weit gespannten Balkenbrücke mit unter der Fahrbahn liegendem Tragwerk, integral konzipiert, das die weiteren Elemente wie Beleuchtung, Geländer, Werkleitungen usw. harmonisch integriert und das als ganzheitliches Bauwerk wahrgenommen wird. Im Hinblick auf die grossen Vorteile beim Bauvorgang wurde ein Stahl-Beton-Verbundtragwerk gewählt. Gegenüber einem reinen Stahltragwerk haben Verbundlösungen mit aufbetonierten Fahrbahnplatten aus Beton Vorteile hinsichtlich der einfacheren Querschnittsgestaltung, der Dauerhaftigkeit dank des reduzierten Oberflächenschutzbedarfs sowie des günstigeren Schwingungsverhaltens. Mit der Verbundbauweise können technische und wirtschaftliche Synergieeffekte der traditionellen Stahl- und Massivbauweise genutzt werden.

Die folgenden Arbeitsskizzen geben den Entwicklungsprozess und den gemeinsamen Ideenaustausch etwas wieder (vgl. Abbildung 5 bis Abbildung 10):

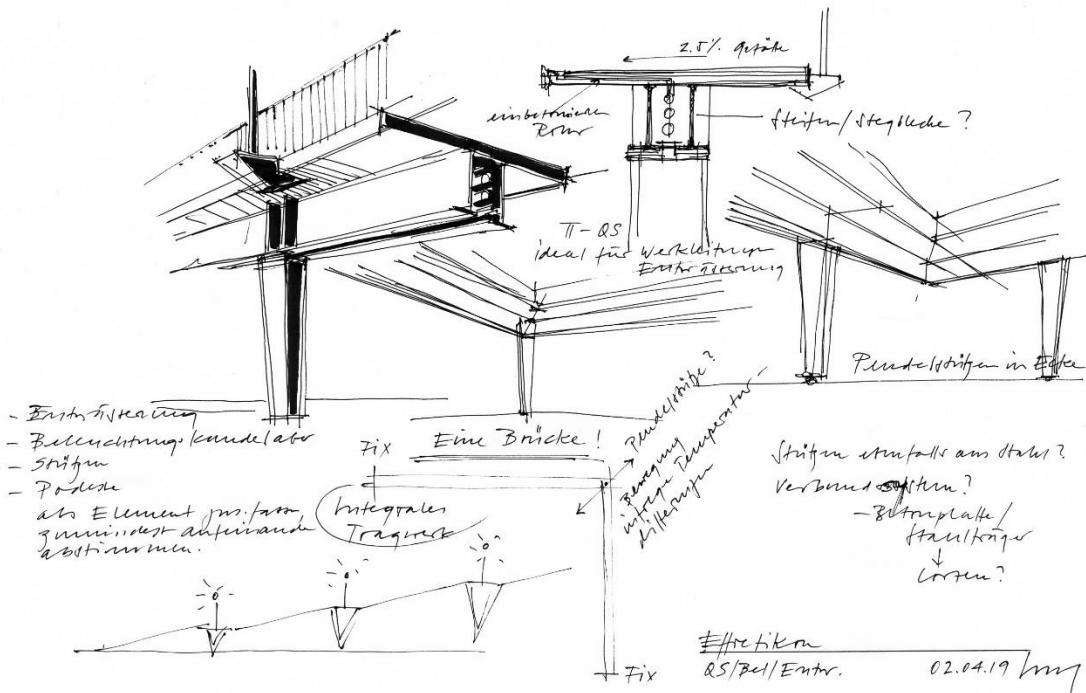


Abbildung 5: Arbeitsskizzen aus dem Entwurfsprozess, Thema Tragwerk und Beleuchtung (Autor: E. Imhof)

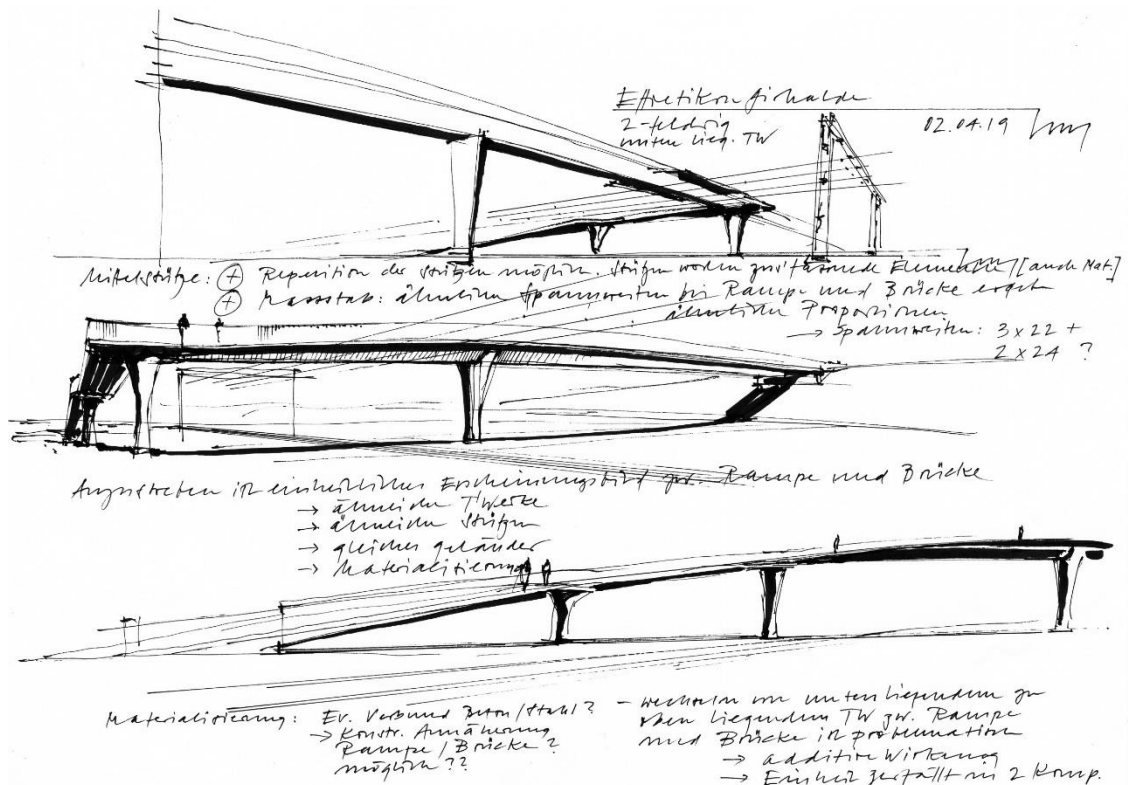


Abbildung 6: Arbeitsskizzen aus dem Entwurfsprozess, Thema Tragwerk (Autor: E. Imhof)

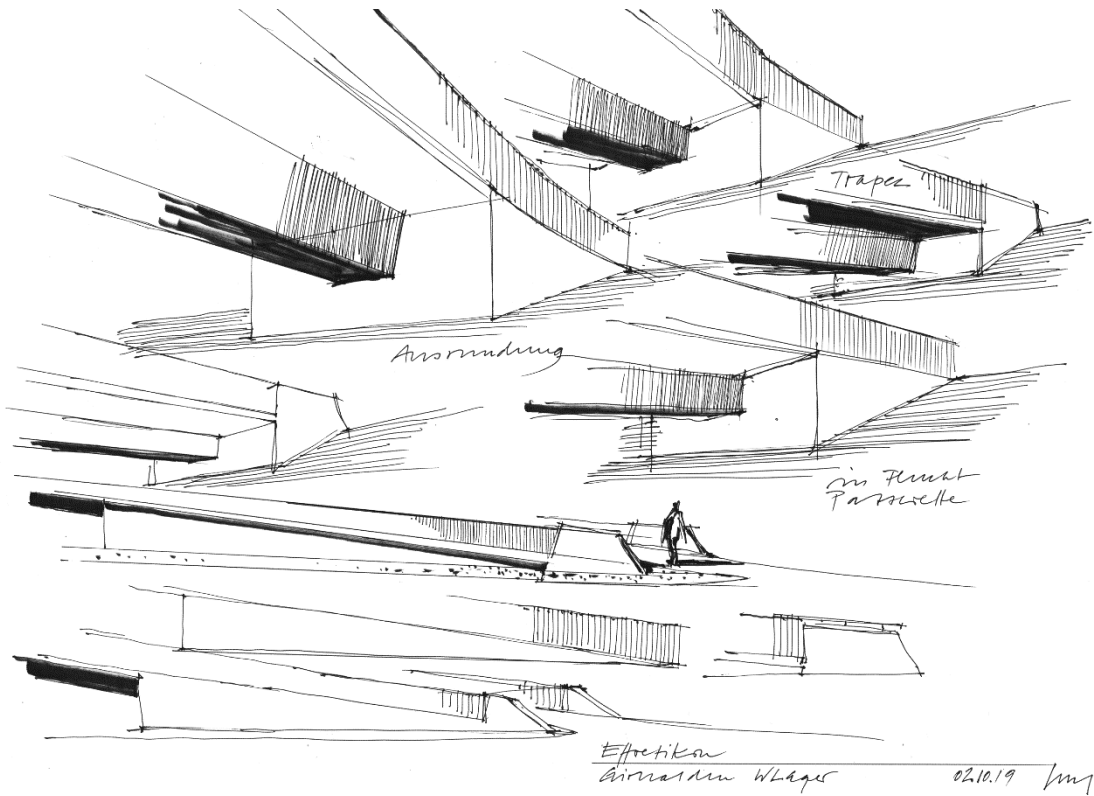


Abbildung 7: Arbeitsskizzen aus dem Entwurfsprozess, Thema Widerlager (Autor: E. Imhof)

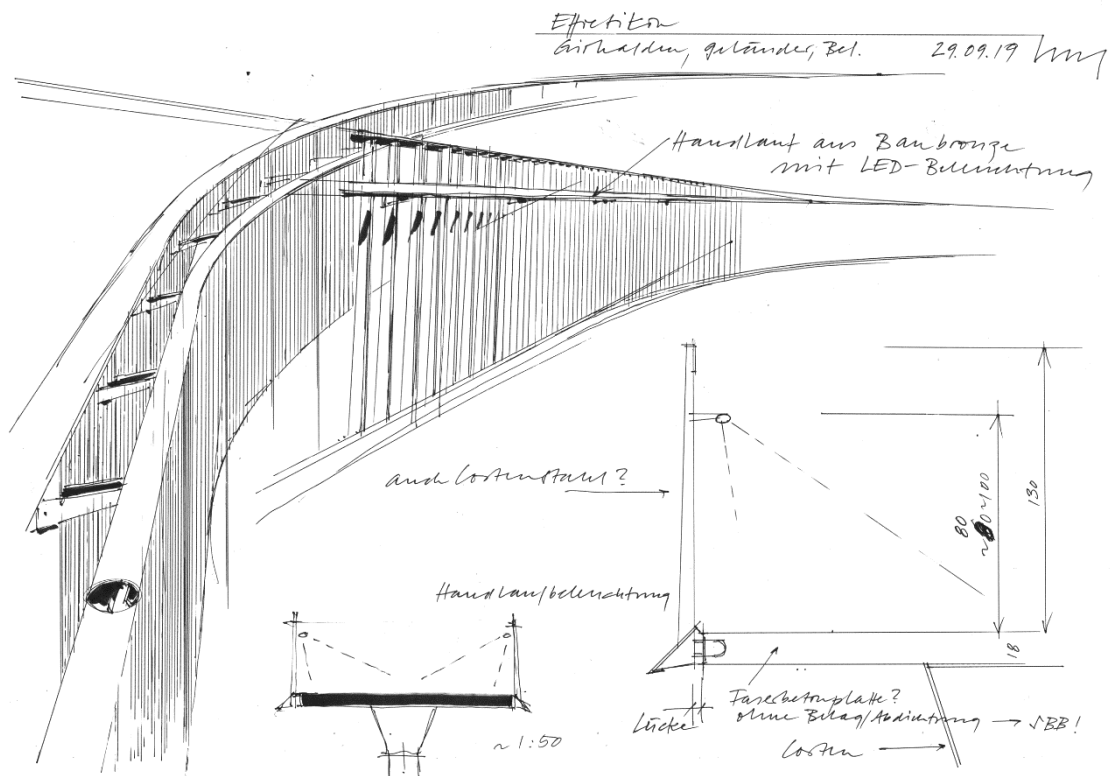


Abbildung 8: Arbeitsskizzen aus dem Entwurfsprozess, Thema Geländer / Handlauf / Beleuchtung (Autor: E. Imhof)

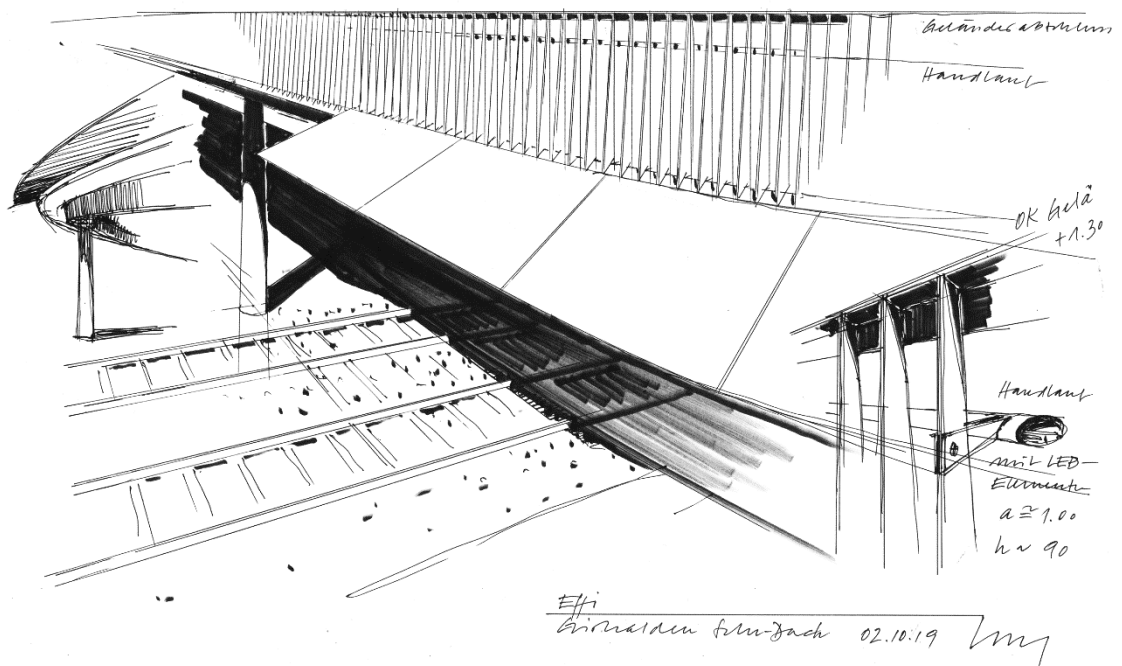


Abbildung 9: Arbeitsskizzen aus dem Entwurfsprozess, Thema Gleisüberfahrt / Schutzdach (Autor: E. Imhof)

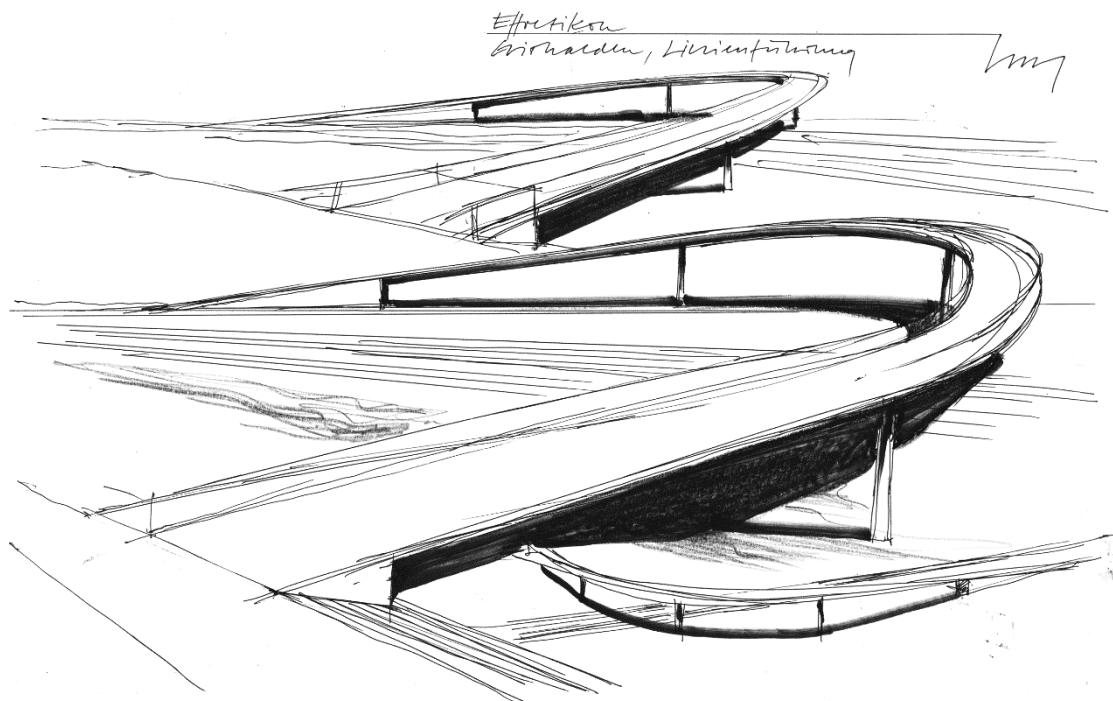


Abbildung 10: Arbeitsskizzen aus dem Entwurfsprozess, Thema Bogenform (Autor: E. Imhof)

5.3.3 Zwischenlösungen / Entwurfsvarianten

Nach einer ersten Projektierungsrunde wurden zwei Entwurfsvarianten entwickelt, die gemeinsam mit der Bauherrschaft an der Sitzung vom 27.07.2019 [58] besprochen worden sind (vgl. Abbildung 11 und Abbildung 12):

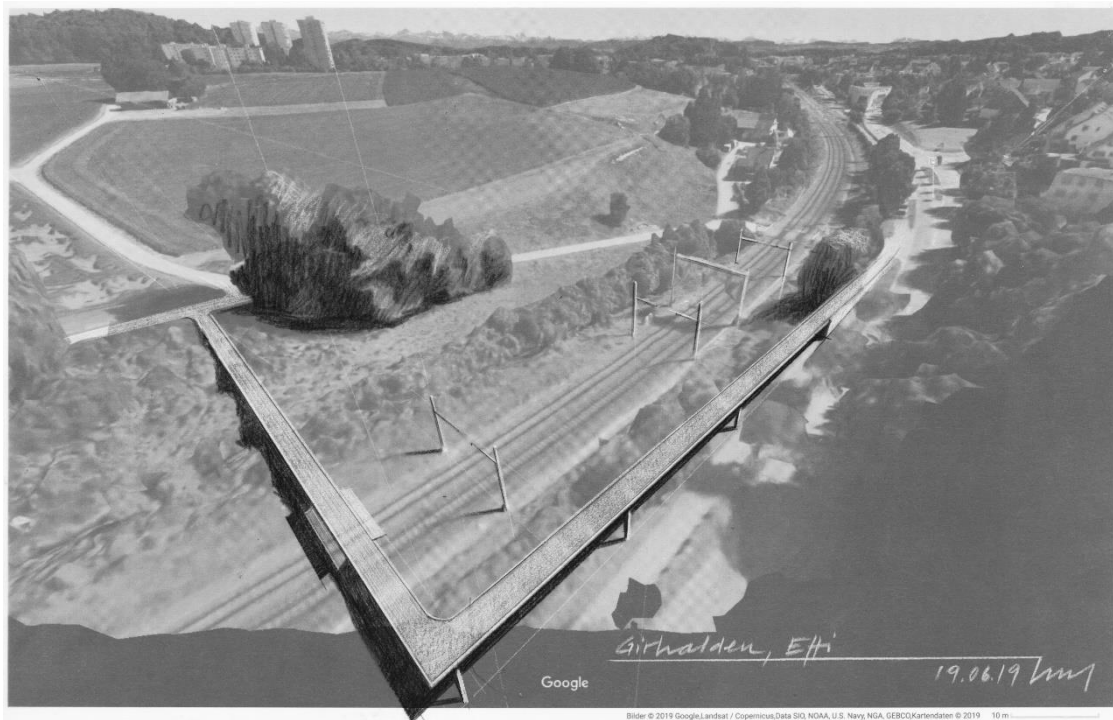


Abbildung 11: Visualisierung Entwurfsvariante 1 mit Knick in Anlehnung an Studienlösung (Autor: E. Imhof)

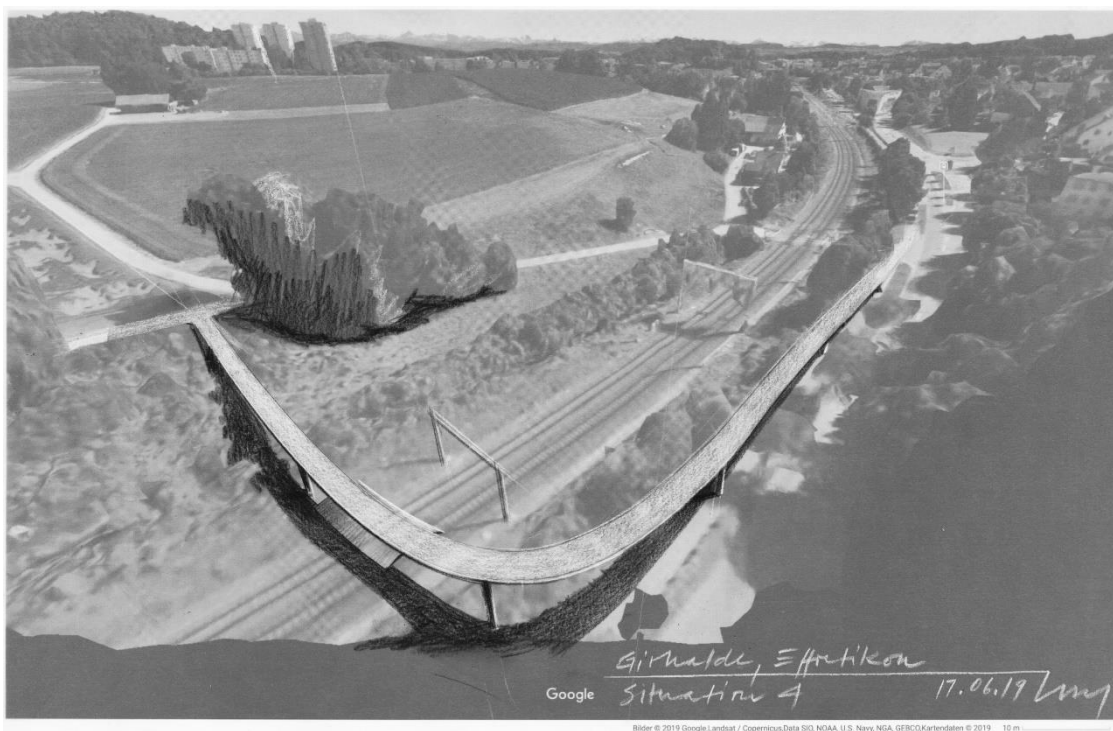


Abbildung 12: Visualisierung Entwurfsvariante 2 ohne Knick (Autor: E. Imhof)

Bei der Entwurfsvariante 1 wurde in Anlehnung an die Studienlösung der Knick im Grundriss beibehalten. Dadurch konnten Krümmungen im Tragwerk vermieden und das Bauwerk bautechnisch einfach gehalten werden. Der Knicklösung wurde jedoch sowohl von der Bauherrschaft als auch der Stadtplanungskommission bemängelt, welche die Visualisierung vorgängig vom Tiefbauamt präsentiert bekommen hatte.

Die Entwurfsvariante 2 fand bei der Bauherrschaft daher grosse Beachtung, da hier durch ein im Grund- und Aufriss doppelt gekrümmtes Tragwerk der Knick durch harmonische Ausrundungen aufgelöst werden konnte. Die statische und geometrische Prüfung der Machbarkeit war zu diesem Zeitpunkt allerdings noch nicht abgeschlossen, da ein Tragwerk dieser Form und Ausprägung ein viel grösseres Mass an Abklärungen bedarf und generell aufwendiger zu planen ist. Die Bauherrschaft entschied sich dennoch dafür, die Entwurfsvariante 2 (sog. «Bogenlösung») weiterzuverfolgen.

5.3.4 Weiterentwicklung der Entwurfsvariante 2 («Bogenlösung»)

Beim Entwurf von gekrümmten Rampenbauwerken sind nach VSS-Normvorgaben bestimmte, minimale Bogenradien einzuhalten (vgl. [18] - [22]). Da bei der präsentierten Bogenlösung noch ein zu geringer Bogenradius berücksichtigt worden war, musste eine Lösung mit horizontalem Radius ≥ 30 m gefunden werden. Nach Prüfung der Möglichkeiten und Varianten zeigte sich, dass ein stadteinwärts geschlagener Bogen im vorliegenden Fall die beste Lösung darstellte (vgl. Abbildung 13). Damit konnten eine direkte Linienführung und eine minimale Bauwerkslänge erzielt werden, mit Vorteilen bei der Nutzung (kürzere Wege) und der Wirtschaftlichkeit (kürzeres Bauwerk).

Mittels räumlicher Trassierung im CAD, Prüfung der Randbedingungen der SBB sowie statischen Vorbemessungen konnte die Machbarkeit der Lösung schliesslich bestätigt werden.

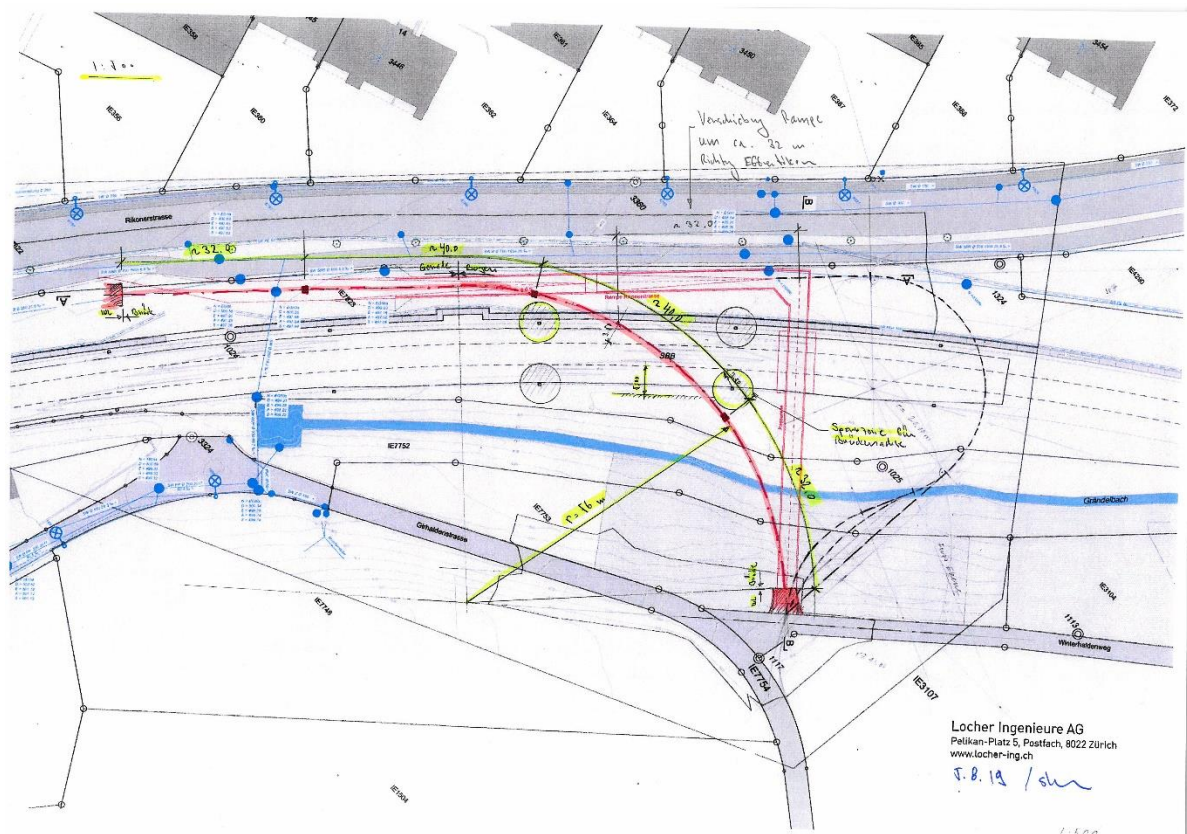


Abbildung 13: Prüfung verschiedener Bogenvarianten mit Vorgabe eines min. Bogenradius ≥ 30 m. Gewählt wurde die rot dargestellte, stadteinwärts geschlagene Bogenvariante mit Vorteil der direkteren Linienführung.

5.4 Technischer Beschrieb der gewählten Lösung

5.4.1 Fuss- und Radwegbrücke Passerelle Girhalden

Die im Vorprojekt entwickelte Fuss- und Radwegbrücke Passerelle Girhalden stellt ein neues, ca. 170 m langes Überführungsbauwerk über die SBB Bahnlinie und den Grändelbach in der Form einer gleichmässigen, doppelt gekrümmten Balkenbrücke dar (vgl. Abbildung 14 bis Abbildung 16). Der nordseitige Zugang zur Passerelle befindet sich direkt neben dem bestehenden Geh- und Radweg bei der Bushaltestelle Girhalden. Von diesem Anschlussknoten führt die neue, 3,5 m breite Geh- und Radwegverbindung mit einer konstanten, behindertengerechten Steigung von 6% zuerst ca. 82 m geradlinig entlang der SBB Bahnlinie empor, bevor es über eine vertikal ausgerundete Kuppe mit einer gleichmässigen, ca. 88 m langen Rechtskurve wieder hinunter über die Bahnlinie und den Grändelbach zum südlichen Anschlussknoten bei der Verzweigung Winterhaldenweg / Girhaldenstrasse geht. Der Hochpunkt des Bauwerks befindet sich ca. 2 m nördlich der strassenseitigen SBB Gleisachse und lässt damit maximalen Lichtraum für den darunter hindurchführenden Bahnverkehr. Mit der gewählten, doppelt gekrümmten Linienführung gelingt es, eine direkte Verkehrsverbindung zwischen den best. SBB Fahrleitungsmasten hindurch zu realisieren, ohne dabei die Bahnanlage der SBB zu tangieren.



Abbildung 14: Visualisierung Passerelle Girhalden von Seite Rikonerstrasse, Blickrichtung Effretikon (Autor: E. Imhof)



Abbildung 15: Visualisierung Passerelle Girhalden von Seite Rikonstrasse, Blickrichtung Girhalden (Autor: E. Imhof)

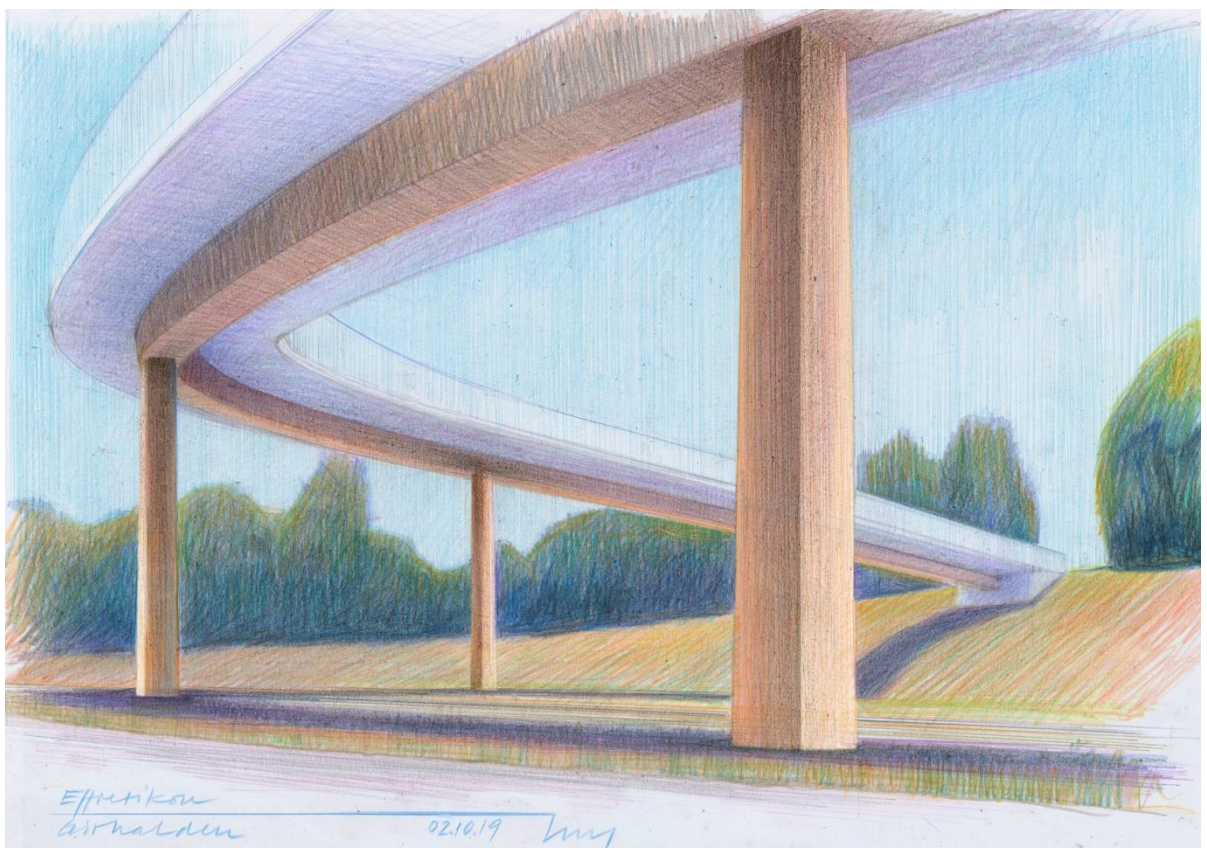


Abbildung 16: Visualisierung Passerelle Girhalden, Untersicht neben der SBB, Blickrichtung Widerlager Süd (Autor: E. Imhof)

5.4.2 Tragwerksbeschrieb

Das Tragwerk des Bauwerks ist als integrale, vierfeldrige Stahl-Beton-Verbundbalkenbrücke mit unter der Fahrbahn liegendem Tragwerk ohne Fahrbahnübergänge und Lager konzipiert. Durch die Wahl des Plattenbalkenquerschnitts wird ein schlankes, transparentes, das Nutzererlebnis maximierendes Erscheinungsbild erreicht. Der Überbau der Brücke besteht aus luftdicht verschweissten, trapezförmigen Stahlprofilen aus wetterfestem Baustahl, auf die eine mit Kopfbolzendübeln schubfest angeschlossene Fahrbahnplatte aus Ortbeton gegossen wird. Die mit Betonfundamenten und Mikropfählen im Fels fundierten Brückenpfeiler bestehen ebenfalls aus wetterfesten, quadratischen Stahlhohlprofilen und werden biegesteif mit dem Überbau verschweisst.

Das Tragwerk setzt sich zusammen aus einem ca. 33 m langen, kombinierten Rampen- / Widerlagerbauwerk Nord, einem ca. 132 m langen Brückenträger, drei Brückenpfeilern und einem kurzen, ca. 7 m langem Widerlagerbauwerk Süd. Alle Elemente sind monolithisch miteinander verbunden und stellen damit eine sog. integrale, d. h. fugen- und lagerlose Brücke dar. Diese Tragwerksform stellt die heute von vielen Bauherrschaften bevorzugte, moderne Brückenbauweise dar, da auf teure Lager- und Fahrbahnübergangskonstruktionen verzichtet werden kann, die während des Nutzungszeitraums oft einen aufwendigen, kostenintensiven Unterhalt mit sich bringen. Die integrale Ausbildung des ca. 170 m langen Bauwerks ist statisch dank der horizontalen Bogenform möglich. Durch die Bogenform kann sich der Brückenträger im Zuge der zyklischen Temperaturschwankungen radial bewegen, so dass die nicht zu vermeidenden Zwängungskräfte bei den Widerlagern in einem akzeptablen Grössenordnungsbereich bleiben.³

5.4.3 Materialisierung

Für den Stahlbau wurde die Ausführung in wetterfestem Stahl gewählt, um zukünftigen Unterhaltsarbeiten am sonst erforderlichen Korrosionsschutz zu vermeiden, insbesondere wegen der Lage über der SBB. Die natürliche, rostbraune Farbe des bewitterten Stahls ist zugleich auch ein architektonisches Moment, das die positive Wahrnehmung des Bauwerks unterstützt. Schutzdach und Geländer werden mit normalem Baustahl und zwecks Korrosionsschutzes mit einem metallischen Überzug in Form einer Feuerverzinkung versehen. Der beidseitige Handlauf soll aus dauerhaftem, nichtrostendem Stahl bestehen.

5.4.4 Ausrüstung

Das Überführungsbauwerk wird mit beidseitigen, transparenten Stahlstaketengeländern und Handläufen mit einer einseitig integrierten Handlaufbeleuchtung ausgerüstet, die zur nächtlichen Beleuchtung der Fahrbahn dient (vgl. Abbildung 17). Die Handlaufbeleuchtung führt zu weniger Streulicht («Lichtverschmutzung») und wird von den SBB wegen der reduzierten Blendwirkung der Lokführer begrüsst. Über der Bahnlinie ist die Montage eines SBB Schutzdaches erforderlich, welches seitlich an den Konsolköpfen befestigt ist. Die Fahrbahnplatte wird normkonform [23] mit einer Flüssigkunststoffabdichtung und einer 3 cm starken, kombinierten Deck- und Schutzschicht aus Gussasphalt versehen. Zur Entwässerung des Bauwerks wird einseitig unterhalb des aussenliegenden Brückenplattenrandes eine Sammelleitung geführt, die das Meteorwasser über regelmässig angeordnete Einlaufschächte aufnimmt und bei den Widerlagern versickern lässt. Neben der Sammelleitung ist die Anordnung einer Lehrrohrreserve für zukünftige Werkeleitungsdurchführungen vorgesehen.

³ Vergleichsbeispiele hierfür sind die Sunnibergbrücke in Klosters-Serneus (l = 526 m, 2005) oder die Chineggabücke in Stalden (l = 270 m, 2019)



Abbildung 17: Visualisierung Geländer mit Handlauf und Schutzdach (Autor: E. Imhof)

5.4.5 Hauptabmessungen

Merkmal	Abmessung	Bemerkung
Gesamtlänge:	170,6 m	inkl. Widerlager
Länge Brückenträger:	132,4 m	exkl. Widerlager
Horizontaler Radius:	56 m	Brückenträger
Vertikaler Radius:	200 m	Ausrundungsbogen Brückenträger
Breite Brückenträger:	4,0 m	inkl. Konsolköpfe
Gesamtfläche:	682 m ²	inkl. Widerlager
Fläche Brückenträger:	530 m ²	exkl. Widerlager
Spannweiten:	29,4 - 36,8 - 36,8 - 29,4 m	4-Feld-Träger
Plattenstärke:	18 cm	Ortbetonfahrbahnplatte
Querschnittshöhe:	98 cm	Stahlträger und Betonplatte
Schlankheit h/l:	1/37,6	Querschnittshöhe / Hauptspannweite
Fahrbahnbreite:	3,3 m	Lichte Weite zwischen Konsolköpfen
Lichte Weite:	3,5 m	Lichte Weite zwischen Geländern
Belagsstärke:	3 cm	Gussasphalt (Schutz- und Deckschicht)

Tabelle 1: Hauptabmessungen Passerelle Girhalden

5.4.6 Planausschnitte

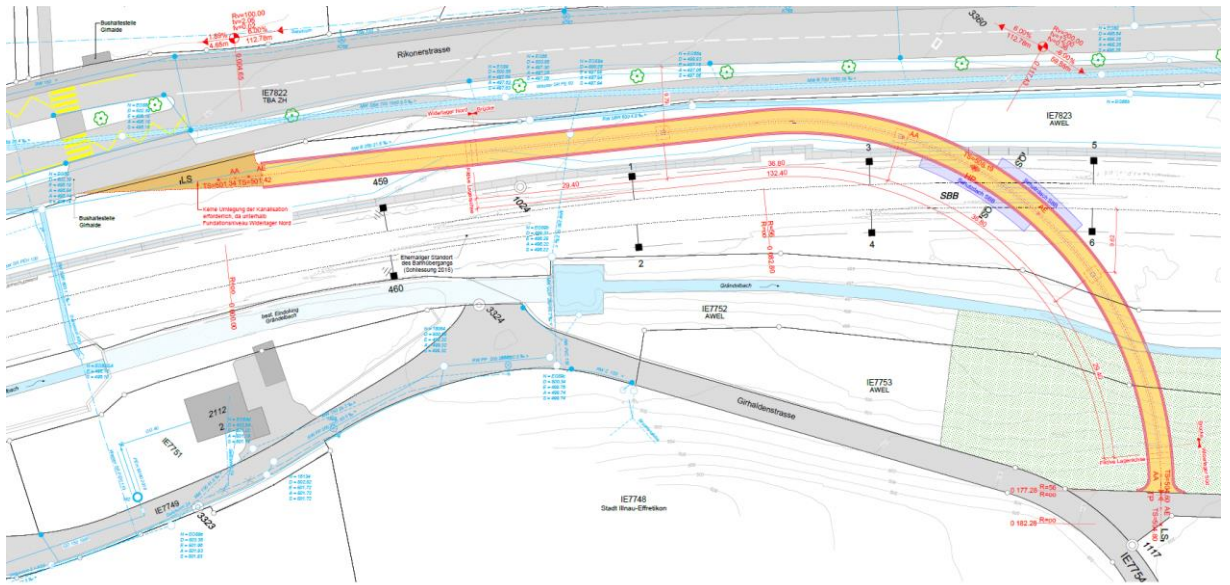


Abbildung 18: Situation Passerelle Girhalden

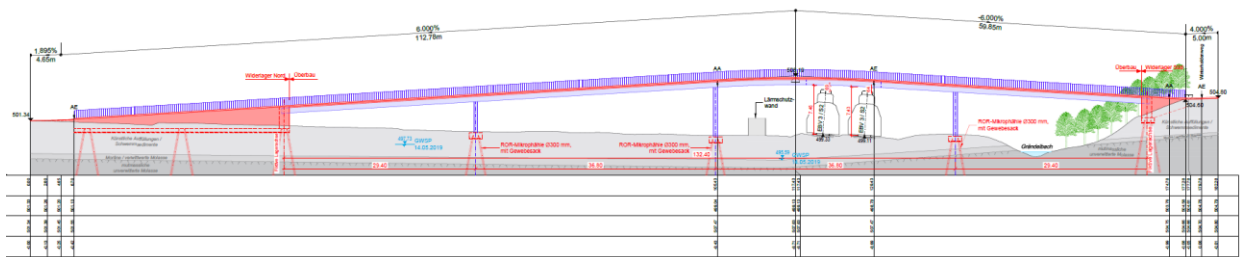


Abbildung 19: Längsschnitt Passerelle Girhalden

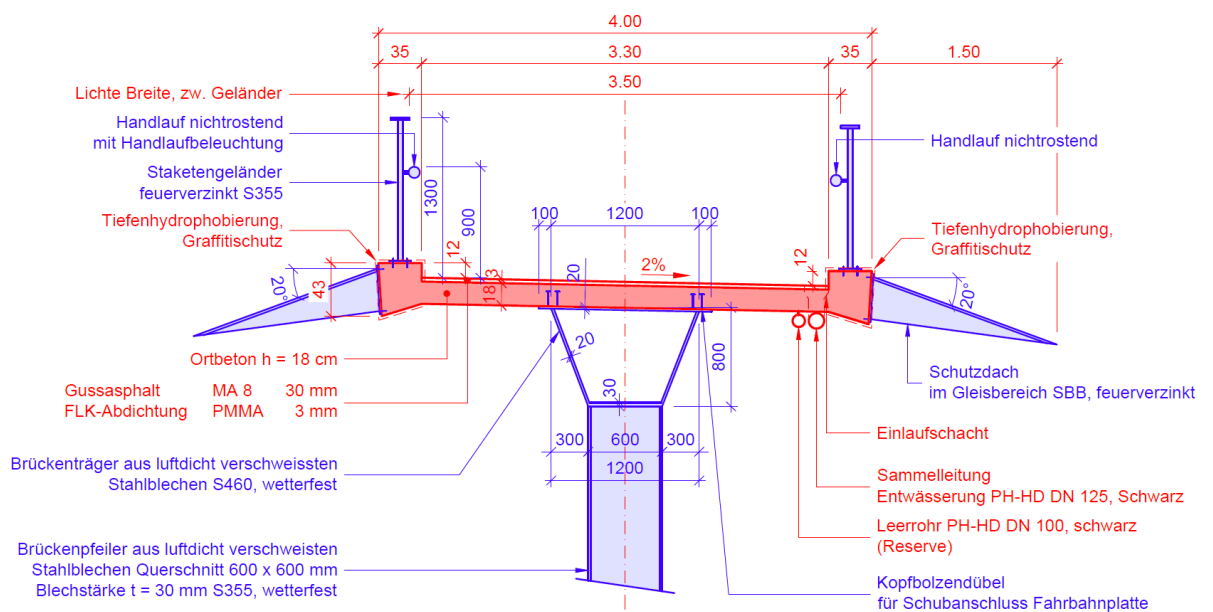


Abbildung 20: Querschnitt Passerelle Girhalden

5.5 Gestaltungsvarianten

Bei der Gestaltung der verschiedenen Bauwerksdetails bieten sich zahlreiche Varianten an, die in dieser Projektphase bewusst noch offengelassen werden. Die definitive Festlegung kann in der nächsten Projektphase nach vertiefter Untersuchung der Vor- und Nachteile sowie in Abstimmung mit der Bauherrschaft erfolgen. Nachfolgend werden einige der möglichen Varianten zu bestimmten Themen aufgezeigt.

5.5.1 Anzug der Brückenpfeiler

Die Form der Brückenpfeiler ist quadratisch und konisch angedacht, um der Brücke insgesamt ein eleganteres Erscheinungsbild zu geben. Ein runder Querschnitt ist technisch unzweckmässig, da dieser statisch sehr schlecht mit dem Brückenträger verbunden werden kann. Die Pfeilerbleche sind bündig und damit direkt kraftschlüssig mit den Trägerblechen auf der Baustelle zu verschweissen. Die Aussenabmessungen am Pfeilerkopf sind mit der Breite des Brückenträgers identisch. Die Pfeiler können sich dann nach unten aufweiten, was gleichzeitig eine grössere Längs- und Quersteifigkeit des Gesamttragwerks bewirkt.

Die Ausprägung des Pfeileranzugs kann in der nächsten Projektphase im Detail untersucht werden. Ein grober gestalterischer Variantenvergleich ist in Abbildung 21 dargestellt. Bei der späteren Festlegung sind selbstverständlich auch die statischen Auswirkungen zu betrachten, wobei insbesondere die Temperaturzwängungen sowie das dynamische Tragverhalten im Auge zu behalten sind.

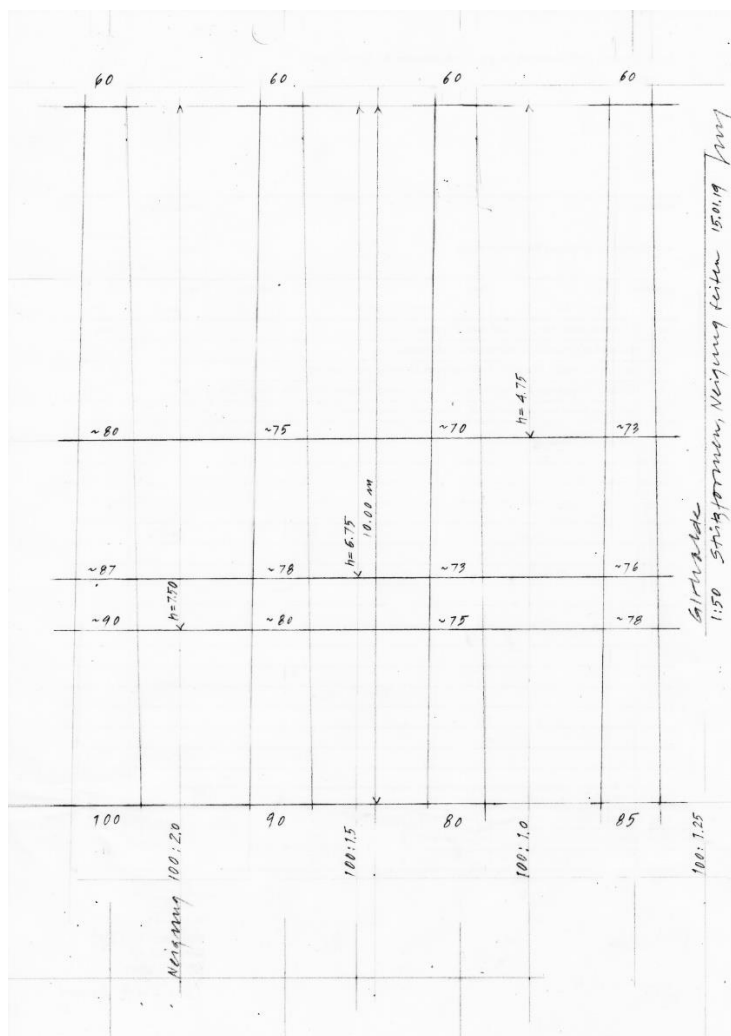
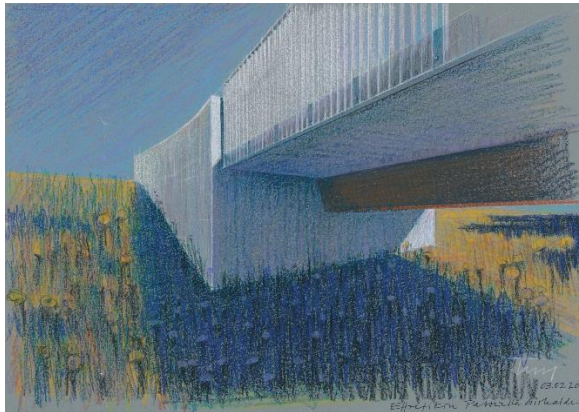


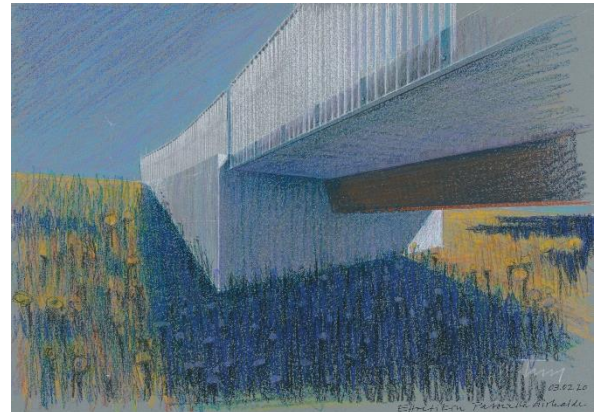
Abbildung 21: Vergleich der Pfeilererscheinung mit unterschiedlichem Anzug (Autor: E. Imhof)

5.5.2 Schnittstelle Widerlager / Brückenträger

Bei der Gestaltung der Widerlager sind in Bezug zur Anordnung des Geländers sowie zur Frage der Integration des Brückenrandabschluss verschiedene Varianten möglich (vgl. Abbildung 22 und Abbildung 23). Die Fortsetzung der Konsolköpfe des Brückenträgers über die Widerlager hinaus bietet technisch gesehen den Vorteil des verbesserten Witterungs- und Tausalzschutzes der Widerlagerwände (tausalzhaltiges Wasser kann an den Konsolköpfen abtropfen). Durch die zusätzliche Profilierung werden die Widerlagerwände wohl auch etwas weniger hoch wahrgenommen. Das Ausmass der sichtbar bleibenden Flächen kann durch Anordnung von Bäumen und Sträuchern frei beeinflusst werden.



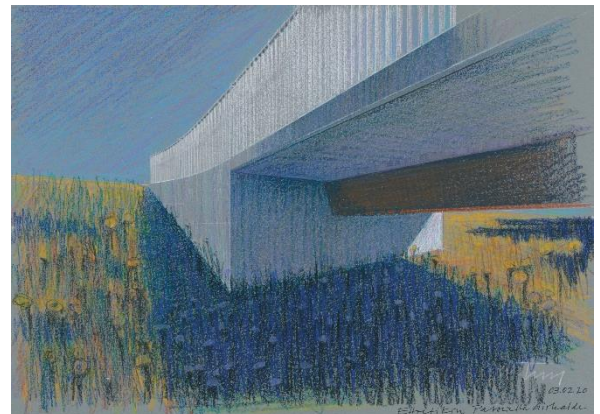
a) Variante mit Betonbrüstung. Aussenkante Widerlager leicht von Aussenkante des Brückenträgers abgesetzt.



b) Variante mit Staketengeländer, Aussenkante Widerlager leicht von Aussenkante des Brückenträgers abgesetzt.



c) Variante mit Staketengeländer, Widerlager und Brückenträger in einer Flucht, Geländer aussen an Konsolkopf befestigt.



d) Variante mit Staketengeländer, Widerlager und Brückenträger in einer Flucht, Geländer oben auf dem Konsolkopf befestigt.

Abbildung 22: Gestaltungsvarianten Widerlager Süd (Autor: E. Imhof)



a) Variante mit durchlaufendem Konsolkopf.



b) Variante ohne durchlaufenden Konsolkopf.

Abbildung 23: Gestaltungsvarianten Widerlager Nord (Autor: E. Imhof)

5.5.3 Staketengeländer

Die Staketengeländer können entweder auf den Brückenrandabschluss aufgesetzt oder seitlich befestigt werden. Die optische Wirkung dieser zwei Varianten ist Abbildung 24 dargestellt. Seitlich befestigte Geländer haben den Vorteil, dass sie bei gegebener Fahrbahnbreite mehr Lichtraum zwischen den Geländern ermöglichen. Die aufgesetzte Variante ist allerdings konstruktiv einfacher auszubilden und hinsichtlich der Dauerhaftigkeit vorteilhafter, da kein tausalzhaltiges Wasser an den Blechen entlangläuft und auch an den Betonkonsolen statt an den Blechen abtropfen kann (liegenbleibendes Wasser auf den Blechen ist zu vermeiden). Bei der Ausbildung der Handläufe und Geländer selbst (Blechstärken, Abstände etc.) ist in der nächsten Projektphase noch einiger Gestaltungsspielraum vorhanden.



a) Variante mit oben aufgesetztem Geländer, Aussenansicht



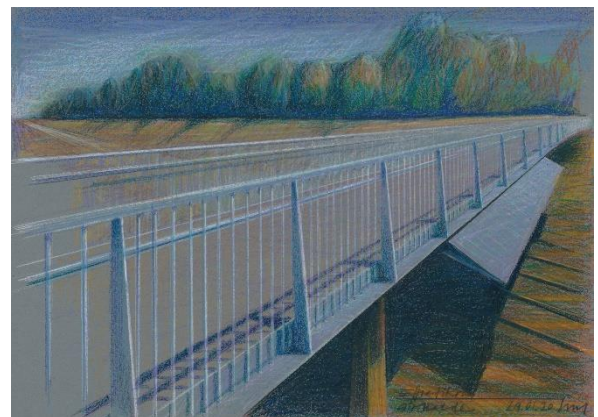
b) Variante mit aussen befestigtem Geländer, Aussenansicht



c) Variante mit oben aufgesetztem Geländer, Innenansicht



d) Variante mit aussen befestigtem Geländer, Innenansicht



e) Nebenvariante mit Pfosten und aussen befestigtem Geländer

Abbildung 24: Gestaltungsvarianten Geländer (Autor: E. Imhof)

5.6 Bauablauf / Installationskonzept

5.6.1 Übersicht Bauablauf

Der Bauablauf zur Realisierung des Brückenbauwerks kann in groben Zügen wie folgt beschrieben werden:

1. Vorarbeiten (Rodungen etc.)
2. Installationsarbeiten / Montage Turmdrehkrane
3. Umlegung von Werkleitungen
4. Aushub- und Pfahlarbeiten
5. Erstellen der Widerlager und Pfeilerfundamente
6. Installation Mobilkran
7. Einheben und Versetzen der Brückenpfeiler in Nachtsperrungen
8. Einheben und Versetzen der Brückenträgerelemente auf die Brückenpfeiler in Nachtsperrungen
9. Verschweissen der Brückenträger mit den Brückenpfeilern
10. Betonieren der Fahrbahnplatte inkl. Widerlager
11. Abdichtungs- und Belagsarbeiten
12. Montage Werkleitungen, Geländer und Schutzdach (z. T. in Nachtsperrungen)
13. Installation Handlaufbeleuchtung
14. Abschlussarbeiten / Deinstallation

5.6.2 Einhubkonzept Brückenträger / Brückenpfeiler mit Mobilkran

Das Stahl-Beton-Verbundtragsystem der Brücke wurde wegen den Vorteilen beim Bauvorgang aufgrund der einschränkenden Randbedingungen der stark frequentierten SBB Bahnlinie gewählt. Die einzelnen, noch ohne die Fahrbahnplatte verhältnismässig leichten Brückenträgerelemente (Gewicht ca. 22 t) können werkseitig vorgefertigt und mit bereits angehängter Plattenschalung von der Seite Rikonnerstrasse mittels Mobilkran während Nachtsperrintervallen auf die vorgängig erstellten Brückenpfeiler eingehoben werden. Die leichteren Brückenpfeiler (Gewicht ca. 5 t) werden vorgängig ebenfalls eingehoben und auf die vorbereiteten Fundamente versetzt.

Der Mobilkran kann sich für die Einhubvorgänge idealerweise nordöstlich der Brücke zwischen der Rikonnerstrasse und der best. Lärmschutzwand installieren (vgl. Abbildung 25). Je nach Krangrösse (Pneu- oder Raupenkran) und Einhubkonzept ist in Abhängigkeit des Kranstandorts und der max. Ausladung gegebenenfalls ein Umsetzen des Mobilkrans erforderlich. Beim vorgeschlagenen Kranstandort beträgt die max. Ausladungslänge ca. 70 m für das Randfeld neben dem Widerlager Nord, was für einen 500 t Pneukran allerdings zu weit wäre (für 22 t Lastgewicht sind max. ca. 45 m Ausladung möglich). Ohne Umsetzen des Pneukrans wäre dann ein 750 t Raupenkran erforderlich. Für die übrigen Felder variiert die Ausladungslänge zwischen 15 m (Feld über der SBB) und 45 m (Randfeld neben Widerlager Süd), was von einem 500 t Pneukran bedient werden kann.

Insgesamt sind vier ca. 30 m bzw. 37 m lange und ca. 18 t bzw. 22 t schwere Brückenträgerelemente einzuheben. Die Elemente werden aus Qualitätsgründen bereits in einem Stück ab Werk mit Sondertransporten vorgängig angeliefert, um Schweissarbeiten vor Ort auf ein Minimum zu beschränken. Da die Hälfte der Ladungslänge zum SBB-Sicherheitsabstand zur Fahrleitung hinzugerechnet werden muss, müssen alle Brückenträgerelemente während Nachtsperrintervallen eingehoben werden. Gleichzeitig muss auch der Verkehr auf der Rikonnerstrasse aus Sicherheitsgründen gesperrt werden.

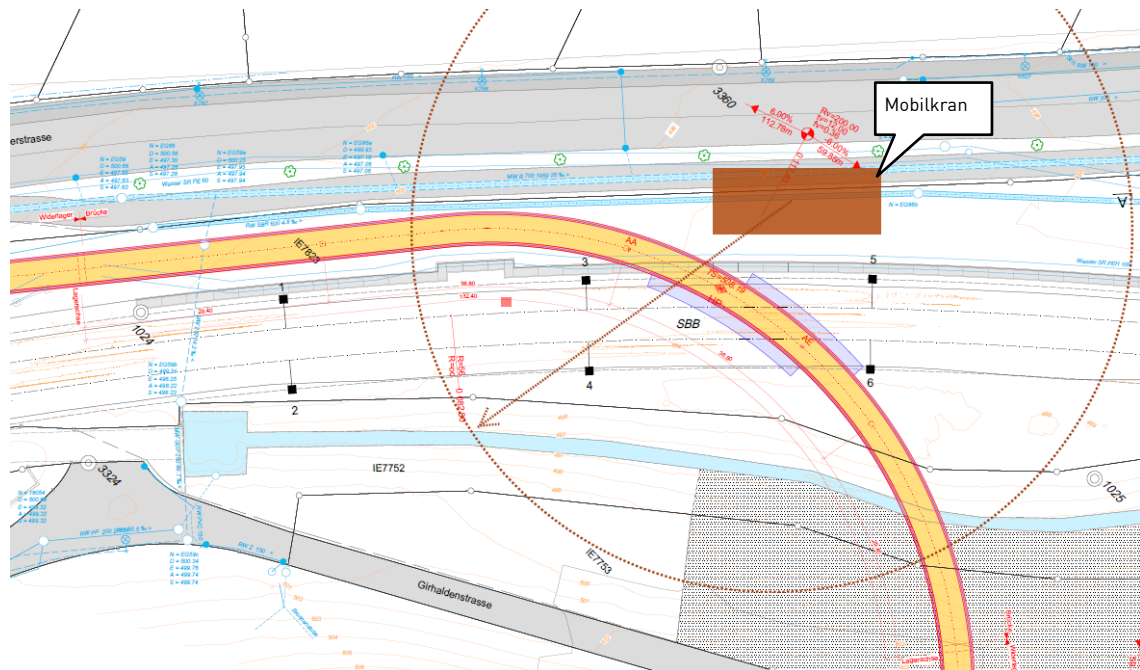


Abbildung 25: Standort Mobilkran zwischen Rikonerstrasse und Lärmschutzwand für Einhub der Stahlelemente

Nach dem Abschluss der Einbearbeitungen kann die Fahrbahnplatte in der Folge ohne Einschränkung des Bahnverkehrs am Tag betoniert werden, wobei dann nochmals gewisse, den Bahnbetrieb einschränkende Folgearbeiten etappiert in Nachtsperrintervallen erfolgen müssen (Ausbau der Schalung, Aufhängung der Werkleitungen, Montage SBB Schutzdaches etc.).

5.6.3 Übergeordnetes Installationskonzept

Die Bahnlinie stellt eine physische Trennung der Baustelle dar. Deshalb werden zur Gewährleistung der Baulogistik auf beiden Seiten Installations- und Logistikflächen benötigt. Eine Übersicht dazu ist in Abbildung 26 dargestellt. Auf der südlichen Seite Girhalden bietet sich dafür vorzugsweise die horizontale Parzelle Nr. IE3107 zwischen Girhaldenstrasse und Winterhaldenweg in der Nähe des geplanten Widerlagers Süd an, die sich allerdings in Privateigentum befindet. Teilinstallationen sind aber sicherlich auch auf der stadteigenen Parzelle Nr. IE7748 südlich der Girhaldenstrasse oberhalb der Böschung oder auf der Parzelle Nr. IE7753 zwischen Grändelbach und Girhaldenstrasse möglich. Die Zufahrt für den Baustellenverkehr erfolgt hier über die erneuerte Girhaldenstrasse.

Für die Bauarbeiten zur Erstellung des Brückenpfeilers zwischen der Bahnlinie und dem Grändelbach (sog. Inselbaustelle) braucht es eine temp. Bachüberfahrt inkl. kurzer Baupiste entlang der Bahnlinie. Die Bachüberfahrt kann mit erdüberschütteten Kunststoffrohren realisiert werden, die den Abfluss des Grändelbachs gewährleisten. Nach ersten Vorabklärungen mit den SBB ist entlang der Bahnlinie eine Absperrung mittels eines 2,5 m hohen Bauschutzzaunes ausreichend (kein Schutzgerüstbedarf).

Nördlich der Bahnlinie kann die Fläche zwischen der Rikonerstrasse und der best. Lärmschutzwand als Installations- und Logistikplatz genutzt werden (Baugeräte, Baumaterial, Anlieferung- / Umschlag etc.). Für die Erstellung des Widerlagers Nord braucht es ausreichend Platz für die Bauarbeiten und Baulogistik, der ohne temp. Sperrung des best. Fuss- und Radwegs nicht vorhanden ist. Die Sperrmöglichkeiten sind deshalb in der nächsten Projektphase abzuklären.

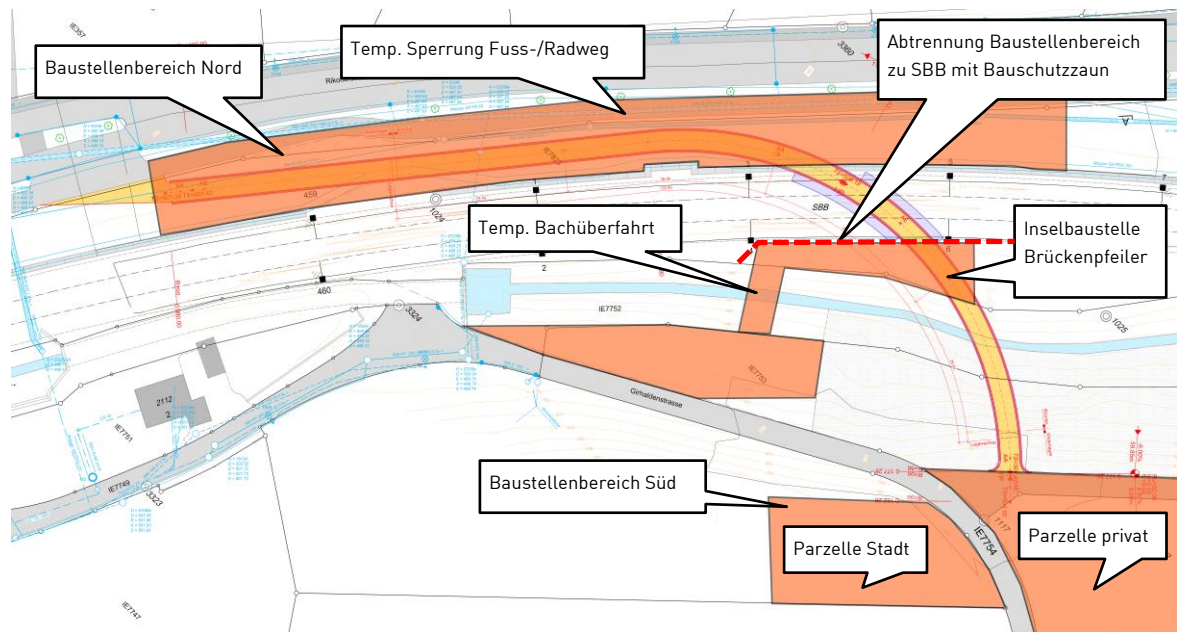


Abbildung 26: Installations- und Baulogistikflächen / Baustellenbereiche

Neben dem Mobilkran für die Einhebearbeiten werden für die übrigen Bauarbeiten zusätzlich auch zwei fest installierte Turmdrehkrane erforderlich, einer auf jeder Seite des Gleisfeldes, da ein Schwenken über die Bahnlinie ohne Schutztunnel nicht möglich ist. Dieser ist aus Termin- und Kostengründen zu vermeiden. Die Turmdrehkrane müssen aus Sicherheitsgründen mit Schwenkbegrenzern ausgerüstet werden.

Das oben beschriebene Einhub- und Installationskonzept stellt ein Grobkonzept auf Stufe Vorprojekt nach Vorschlag des Projektverfassers dar und ist in der nächsten Projektphase im Hinblick auf eine zuverlässige Ausschreibung noch detaillierter abzuklären. Letztlich erfolgt die definitive Wahl der Krantypen und Standorte jedoch durch den ausführenden Unternehmer, der im Rahmen der Angebotsphase vorzugsweise bereits ein eigenes Montage- und Installationskonzept zur Bewertung seines Angebots einzureichen hat (Zuschlagskriterium).

5.6.4 Bauzeit

Die erforderliche Bauzeit für die Erstellung des Brückenbaus wird auf ca. 12 Monate geschätzt.⁴

⁴ Vergleichsbeispiel aktueller Negrellisteg in Zürich (l = 160 m): Bauzeit ca. 15 Monate (Baubeginn Okt 2019, Bauende ca. Ende 2020).

5.7 Statische Vorbemessung

Das Tragwerk der Passerelle Girhalden wurde im Rahmen des Vorprojekts überschlägig vormessen, um die Machbarkeit zu bestätigen und die Hauptabmessungen statisch zu prüfen und festlegen zu können. Die Berechnungen wurden an einem räumlichen Finite-Elemente-Modell (FE-Modell) durchgeführt. Im Folgenden werden das verwendete Tragwerks- / Berechnungsmodell und die Ergebnisse der betrachteten Grenzzustände zur Übersicht kurz beschrieben. Mit den Schilderungen sollen das Tragwerksverhalten und die wesentlichen, die Bauteilabmessungen bestimmenden Einflussfaktoren aufgezeigt werden.

5.7.1 Tragwerks- / Berechnungsmodell

Das Tragwerk der Balkenbrücke wurde als räumliches FE-Modell mit der Software RFEM 5 der Dlubal Software GmbH modelliert. Die Achse des Tragwerksmodells konnte dafür direkt aus dem Import der räumlichen CAD-Trassierung der Fahrbahnachse generiert werden, die insbesondere zur Prüfung des Lichtraums über der Bahnlinie erstellt worden war. Damit konnte die geplante, doppelt gekrümmte Linienführung ohne Genauigkeitsverluste im Berechnungsmodell abgebildet werden.

Der Plattenbalkenquerschnitt des Brückenträgers wurde mit dem Vorteil der verbesserten Ergebnisauswertung nicht als reiner Stab, sondern als Schale⁵ mit Unterzug modelliert, die Pfeiler als biegesteif angeschlossene, unten eingespannte Stäbe mit konstantem Querschnitt. Wegen der Kombination von Stab- und Schalenmodellen handelt es sich beim Berechnungsmodell um ein kombiniertes, räumliches FE-Schalenmodell. Bei den Widerlagern wurden gelenkige, unverschiebliche Auflager angenommen. Dies stellt gegenüber der tatsächlichen, integralen Lagerung eine konservative Vereinfachung dar. In der nächsten Projektphase ist das statische Modell durch Mitmodellierung der horizontal gebetteten Mikropfähle und der Widerlagerkonstruktionen zu erweitern.

Die Abmessungen des statischen Modells entsprechen denjenigen des Vorprojektplans (vgl. [61]).

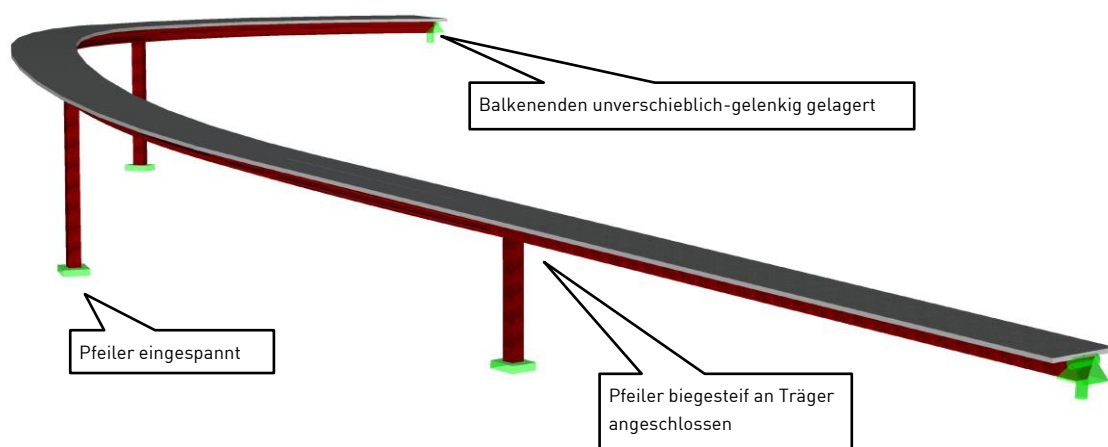


Abbildung 27: Statisches Modell Passerelle Girhalden: Räumliches FE-Modell mit einer Kombination aus Schalen- und Stabelementen zur Tragwerkmodellierung der Fahrbahnplatte (Schale), des Trägers und der Pfeiler (Stäbe).

⁵ Unter Schale wird eine Platte mit Membrankräften verstanden. Die Membrankräfte entstehen im vorliegenden Fall insbesondere durch die Schubübertragung zwischen Stahlunterzug und Fahrbahnplatte.

5.7.2 Berücksichtigte Einwirkungen

Im Rahmen der Vorbemessung wurden folgende Einwirkungen berücksichtigt:

- Eigengewicht
- Ständige Auflasten:
 - Konsolköpfe $q_k = 2,8 \text{ kN/m}$, $m_k = 0,5 \text{ kNm/m}$
 - Belag $t = 30 \text{ mm}$ $q_k = 0,72 \text{ kN/m}^2$
 - Geländer $q_k = 1 \text{ kN/m}$
 - Schutzdach $q_k = 1 \text{ kN/m}$, $m_k = 1,1 \text{ kNm/m}$
- Nutzlast: $q_k = 4 \text{ kN/m}^2$ (vertikal)
 $q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$ (horizontal)
- Temperatur: $\Delta T = \pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$

Schneelasten sind nach SIA 260 nur bei gedeckten Brücken als Begleiteinwirkungen zur berücksichtigen und können deshalb im vorliegenden Fall vernachlässigt werden, da die Nutzlast infolge Personenverkehr als Leiteinwirkung für die Bemessung massgebend ist (q_k Schnee = ca. 1 kN/m^2).

5.7.3 Prüfung der Materialausnutzung der Stahlbauteile (GZT)

Durch Prüfung der Materialausnutzung der Stahlbauteile im Grenzzustand der Tragsicherheit konnten die gewählten Materialfestigkeiten, Blech- und Profilstärken statisch verifiziert werden. Wegen der konstanten Querschnittsabmessungen verläuft die Ausnutzung affin zum Momentenverlauf und wird über den Pfeiler maximal ($1/n = 94\%$). Mit den gewählten Bauteilabmessungen wird Beulen der Bleche nicht massgebend. Zur Gewährleistung der Tragsicherheit ist für die Trägerbleche die Materialfestigkeit S460 erforderlich. Die Lieferbarkeit als wetterfester Baustahl konnte mit dem Stahlbau Zentrum Schweiz abgeklärt und bestätigt werden. Bei den Pfeilern ist die Festigkeit S355 ausreichend.

Die Aufnahme der Zugkräfte im Betonzuggurt über den Pfeilern ist gemäss vorliegender Vorabschätzung mit gängigen Bewehrungsdurchmessern und Teilungen möglich.

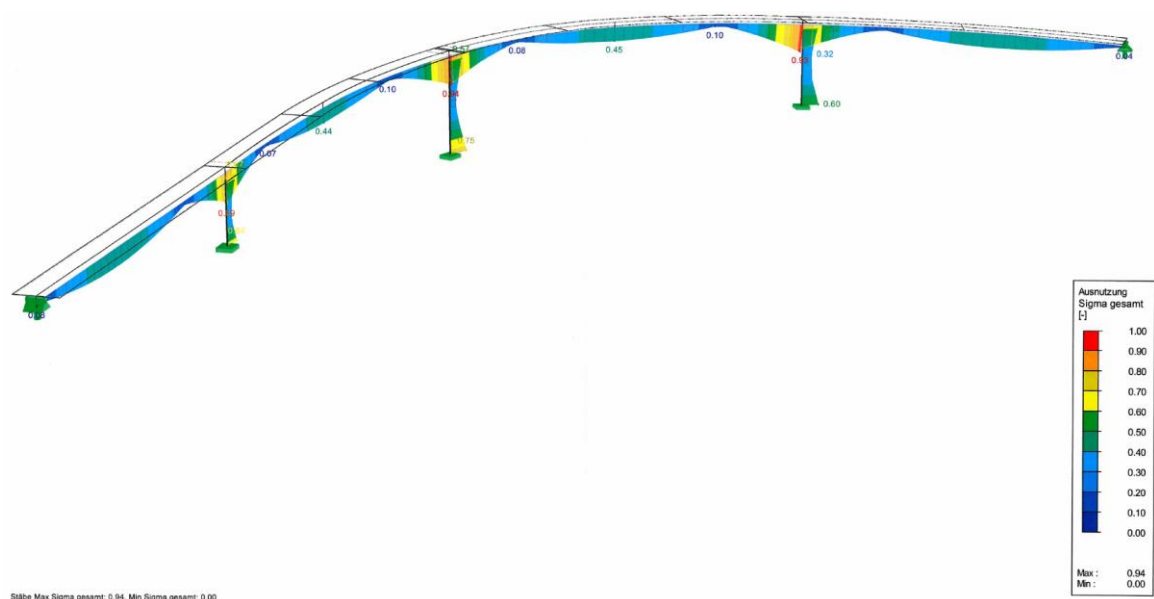


Abbildung 28: Darstellung der Materialausnutzung der Stahlbauteile (Träger und Pfeiler)

5.7.4 Prüfung der Deformationen (GZG)

In Abbildung 29 sind die Deformationen aus ständigen Lasten dargestellt ($w_{max} = ca. 78 \text{ mm}$). Die normative Anforderung einer max. zulässigen, vertikalen Überbaudeformation von $l/700 = 36'800 / 700 = 53 \text{ mm}$ kann mit einer Überhöhung von min. ca. 25 mm erfüllt werden. Baupraktisch wird man die Trägerüberhöhung noch grösser wählen, um einen Grossteil der ständigen Deformationen bereits vorwegzunehmen.

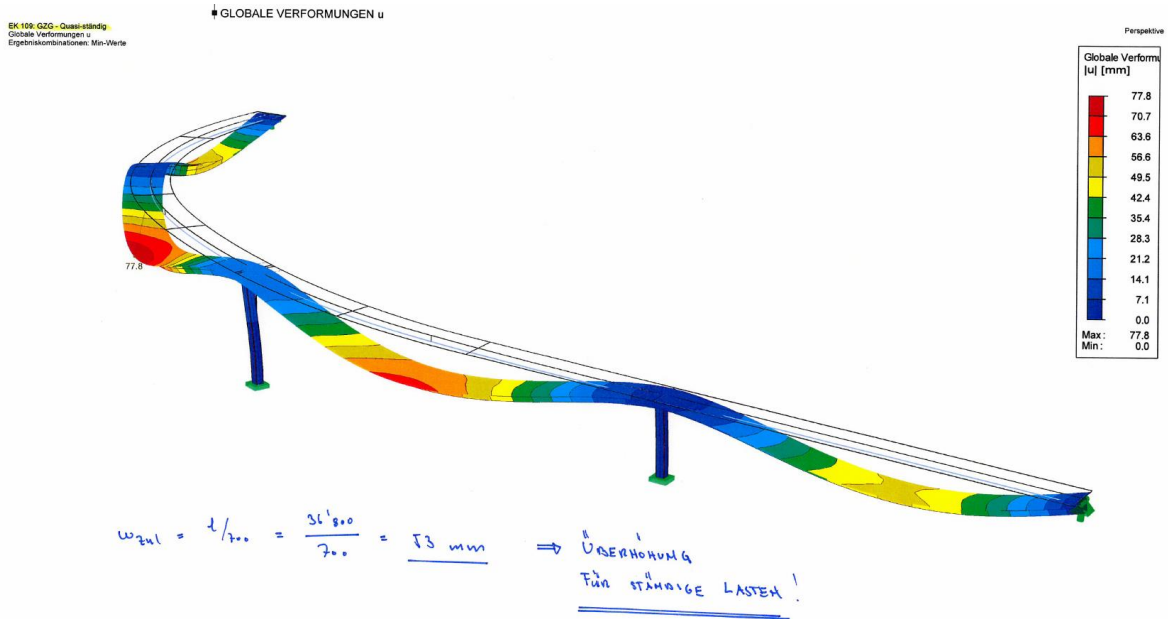


Abbildung 29: Vertikale Deformationen aus ständigen Lasten (GZG quasi-ständig: Aussehen)

In Abbildung 30 sind die Deformationen aus dem häufigen Wert der Nutzlast dargestellt ($w_{max} = ca. 20 \text{ mm}$). Die normative Anforderung einer max. zulässigen, vertikalen Überbaudeformation von $l/600 = 36'800 / 600 = 61 \text{ mm}$ ist erfüllt. In diesem Grenzzustand brächte eine Überhöhung nichts, da es um die Komfortanforderungen während einer kurzfristig auftretenden Personennutzung geht.

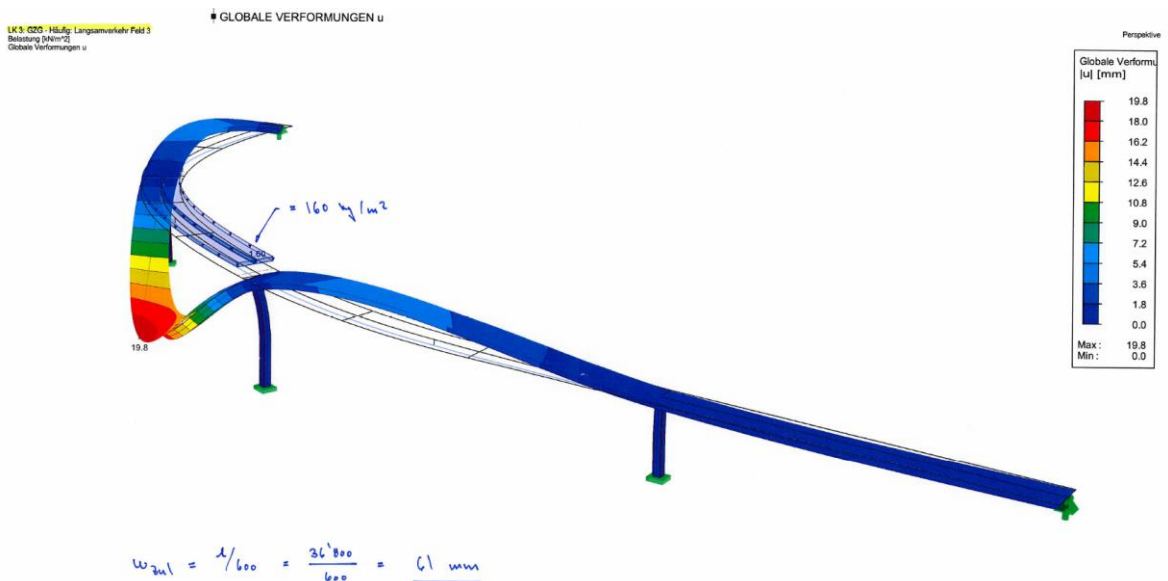


Abbildung 30: Vertikale Deformationen infolge häufigen Wertes der Nutzlast (GZG häufig: Komfort, mit $\psi_1 = 0,4$)

5.7.5 Visualisierung der Temperaturverformungen (GZG)

In den folgenden beiden Abbildungen sind die Deformationen des Tragwerkes infolge der zyklisch auftretenden Temperaturschwankungen zur Illustration des Tragwerksverhaltens dargestellt. Durch das radiale Ausweichen des Bogens und den zugehörigen Pfeilerdeformationen können die auftretenden Zwängungskräfte bei den Widerlagern in beherrschbaren Grenzen gehalten werden. Die Bogenform des Tragwerks macht einen Verzicht auf Lager und Fahrbahnübergänge bei den Widerlagern überhaupt erst möglich.⁶

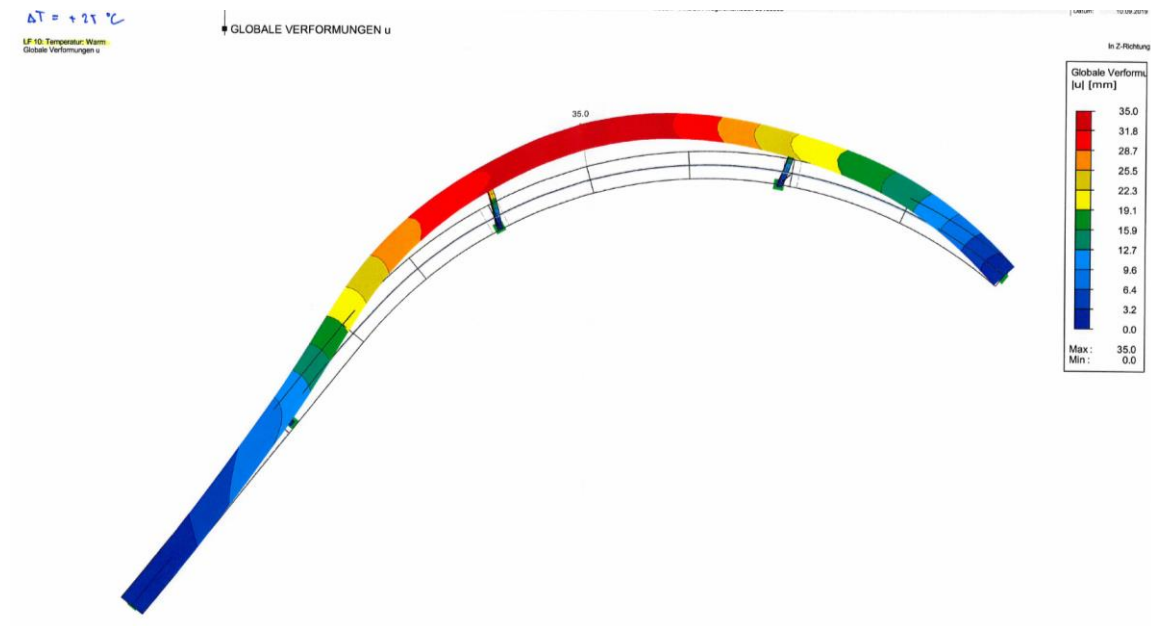


Abbildung 31: Deformationen infolge $\Delta T = +25 \text{ }^\circ\text{C}$ (GZG)

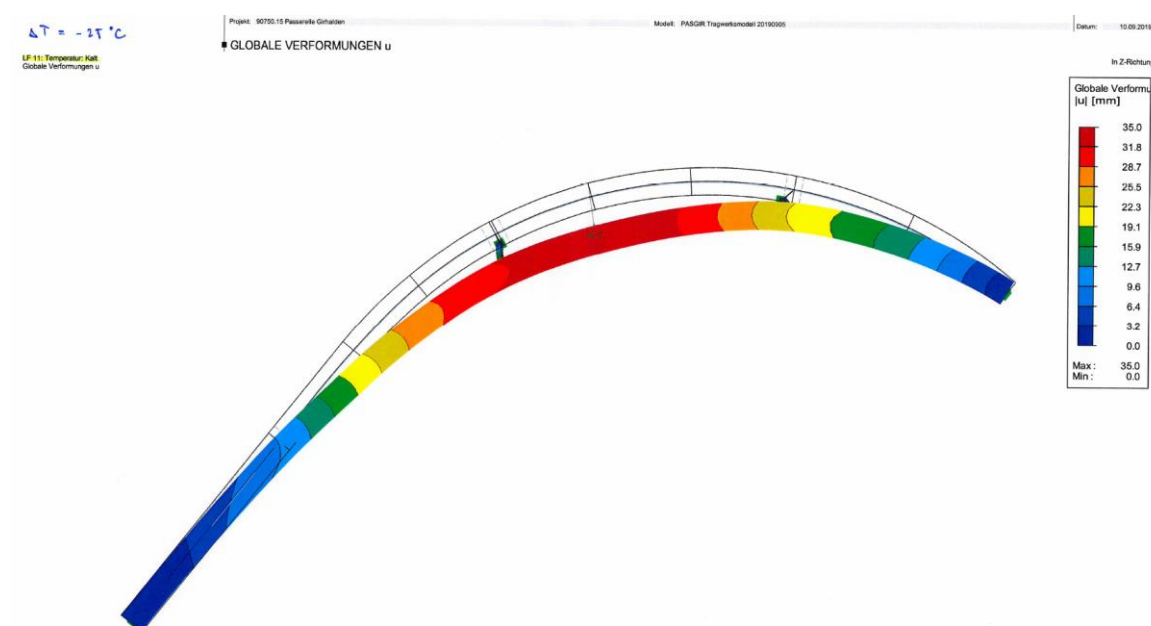


Abbildung 32: Deformationen infolge $\Delta T = -25 \text{ }^\circ\text{C}$ (GZG)

⁶ Vergleichsbeispiele hierfür sind die Sunnibergbrücke in Klosters-Serneus ($l = 526 \text{ m}$, 2005) oder die Chineggabücke in Stalden ($l = 270 \text{ m}$, 2019)

5.7.6 Prüfung des Schwingungsverhaltens (GZG)

Die Untersuchung des dynamischen Tragverhaltens des Bauwerkes stellte im vorliegenden Projekt eine sehr zentrale, die Bauteilabmessungen bestimmende Bemessungsaufgabe dar. Bei Fussgängerbrücken besteht durch die zyklisch-rhythmisch auftretenden Beanspruchungen beim Gehen und Laufen die Gefahr von sogenannten Resonanz- oder Aufschaukelungseffekten. Das bedeutet, dass das Bauwerk unter Umständen in sehr grosse Schwingungen versetzt werden kann, die zwar meist keine Einsturzgefahr bedeuten, aber den Nutzerkomfort dennoch so stark beeinträchtigen können, dass eine zumutbare Nutzung unter Umständen nicht mehr gewährleistet ist.

Aus diesem Grund sind bei Fuss- und Radwegbrücken nach Norm SIA 260 [3] strenge Richtwertvorgaben für die Eigenfrequenzen von Tragwerken einzuhalten. Abweichungen sind nur zugelassen, wenn genauere dynamische Berechnungen unter Berücksichtigung der Dämpfung durchgeführt werden.

Im vorliegenden Vorprojekt beschränkte sich die dynamische Prüfung auf die Einhaltung der Eigenfrequenzvorgaben. Als bemessungsrelevant haben sich massgeblich die Vorgaben für die vertikalen Schwingungen von $f_1 < 1,6$ Hz bzw. $f_1 > 4,5$ Hz erwiesen. Das Bauwerk musste sog. «tiefenabgestimmt» werden, da keine wirtschaftlichen Bauteilabmessungen gefunden werden konnten, die die Eigenfrequenz über den Schwellenwert von $f_1 > 4,5$ Hz gehoben hätten. Dies resultiert in einer grossen Schlankheit von $h/l = \text{ca. } 1/38$, die dank der Verfügbarkeit von Stahlqualitäten hoher Festigkeit auch tragsicherheitstechnisch realisierbar ist⁷. Die 1. Eigenform inkl. zugehöriger Eigenfrequenz ist in Abbildung 33 dargestellt.

Diese Form der Berechnung ist naturgemäss mit gewissen Unsicherheiten verbunden. Aus diesem Grund sind jeweils in Feldmitte Revisionsöffnungen im Träger vorgesehen, die nachträglich mit Schwingungsdämpfern ausgerüstet werden könnten, falls während der Nutzung des Bauwerks trotz sorgfältiger Planung und Bemessung unkomfortable Schwingungen auftreten sollten.

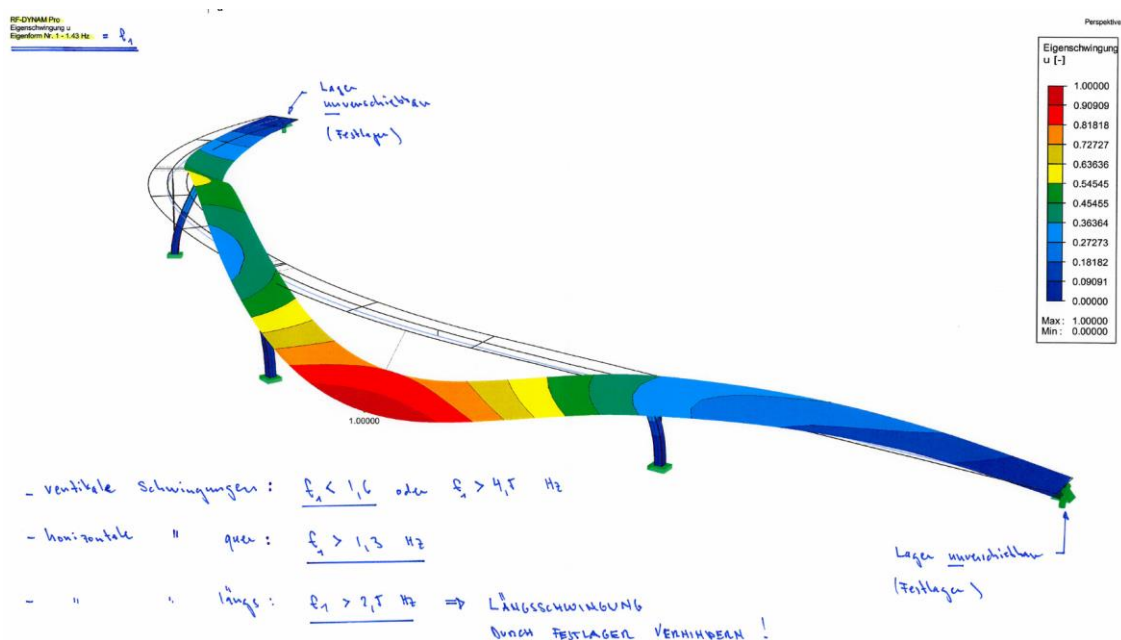


Abbildung 33: 1. Eigenform des Tragwerks mit Eigenfrequenz $f_1 = 1,43$ Hz (GZG)

⁷ Vergleichsbeispiel «Die Spinne» am Bucheggplatz in Zürich: $h/l = 1/38$
Vergleichsbeispiel «Negrellisteg» in Zürich: $h/l = 1/48$

6. Koordination

6.1 Projektinvolvierte Stellen

Für die erfolgreiche Realisierung des Projektes ist die frühzeitige Koordination verschiedener Stellen nötig. Die zum Zeitpunkt des Vorprojekts bekannten Stellen sind im Folgenden aufgeführt:

- SBB AG
- AWEL / ALN
- Tiefbauamt Kanton Zürich, Strasseninspektorat, Unterhaltsregion III, Unterhaltsbezirk 9
- Diverse Parzelleneigentümer:
 - Parzelle Nr. IE7822 (TBA ZH)
 - Parzelle Nr. IE7823, IE7752 und IE7753 (AWEL)
 - Parzelle Nr. IE3107 (Privat)

6.2 Vorhaben Dritter

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Vorprojektes sind keine Vorhaben Dritter innerhalb oder im Umkreis des Projektperimeters bekannt.

7. Erwerb von Grund und Rechten

7.1 Permanenter Landerwerb / Konzessionen

Für den Bau der Passerelle Girhalden ist ein permanenter Landerwerb bzw. die Beschaffung von bau-rechtlichen Konzessionen / Bewilligungen auf folgenden Parzellen erforderlich:

- Parzelle SBB:
 - Überquerung der Bahnlinie (ca. 100 m²)
- Parzelle Nr. IE7822 (TBA ZH):
 - Erstellung Widerlager Nord / Brückenpfeiler / Brückenüberbau (ca. 440 m²)
- Parzelle Nr. IE7823, IE7752 und IE7753 (AWEL):
 - Überquerung des Grändelbachs (ca. 60 m²)
 - Erstellung Brückenpfeiler neben Grändelbach / Widerlager Süd / Brückenüberbau (ca. 140 m²)

7.2 Temporärer Landerwerb / Konzessionen

Für den Bau der Passerelle Girhalden ist ein temporärer Landerwerb bzw. die Beschaffung von bau-rechtlichen Konzessionen / Bewilligungen auf folgenden Parzellen erforderlich:

- Parzelle Nr. IE3107 (Privat):
 - Installationsplatz Süd (ca. 1'000 m²)
- Parzelle Nr. IE7823, IE7752 und IE7753 (AWEL):
 - Installation / Erschliessung der Inselbaustelle zwischen Grändelbach und Bahnlinie (ca. 800 m²)
- Parzelle Nr. IE7822 (TBA ZH):
 - Installationsplatz Nord (ca. 2'000 m²)

8. Kostenschätzung

8.1 Grundlagen

Die Baukosten wurden anhand von Vorausmassen und zum Zeitpunkt der Kostenschätzung bekannter Marktpreise realisierter Vergleichsobjekte ermittelt.

- Preisbasis: November 2020
- Kostengenauigkeit: $\pm 20\%$ gemäss SIA 103 auf Stufe Vorprojekt

8.2 Abgrenzung

Folgende Kosten wurden in der Kostenschätzung nicht berücksichtigt:

- Kosten für temporären und/oder dauerhaften Landerwerb / Konzessionen
- Kosten / Gebühren im Zusammenhang mit öffentlichen Bewilligungen / Verfahrenskosten
- Kosten Stadtverwaltung (Interne Aufwendungen / Oberbauleitung etc.)

8.3 Kostenzusammenstellung

	Stadt [CHF]	[CHF]
1 Bauarbeiten		2'490'000.00
111 Regiearbeiten	81'000.00	
112 Prüfungen	33'000.00	
113 Baustelleinrichtung	340'000.00	
151 Werkleitungen	26'000.00	
161 Wasserhaltung	20'000.00	
171 Pfähle	184'000.00	
172 Abdichtungsarbeiten	67'000.00	
211 Baugruben und Erdbau	109'000.00	
223 Belagsarbeiten	49'000.00	
237 Kanalisation und Entwässerung	38'000.00	
241 Ortbetonarbeiten	333'000.00	
281 Geländer	480'000.00	
321 Stahlbau	730'000.00	
2 Nebenarbeiten		175'000.00
LED-Handlaufbeleuchtung, einseitig	125'000.00	
Vermessungsarbeiten	10'000.00	
Gärtnerarbeiten, Aufforstung	35'000.00	
Signalisations-/Markierungsarbeiten	5'000.00	
3 Technische Arbeiten		510'000.00
Honorar Bauingenieur	420'000.00	
Spezialisten (Architekt, Geologe etc.)	40'000.00	
Sicherheitskosten SBB	50'000.00	
4 Unvorhergesehenes		318'000.00
Zuschlag ca. 10%	318'000.00	
Total exkl. MWST		3'493'000.00
MWST 7,7 % (gerundet)		269'000.00
Total inkl. MWST		3'762'000.00

Tabelle 2: Kostenzusammenstellung, Beträge gerundet auf CHF 1'000.-

8.4 Kostenbeteiligung Dritter

Zum Zeitpunkt des Vorprojekts ist mit einer Kostenbeteiligung folgender Drittparteien zu rechnen:

- NAF / Agglomerationsprogramm [41]
- SBB AG: Kostenbeteiligung CHF 1 Mio. [42]

Die Stadt Illnau-Effretikon hat von den SBB die erste Hälfte des vereinbarten Gesamtbetrags über CHF 1 Mio. als Finanzierungsvorschuss bereits erhalten, d. h. CHF 500'000.-. Die zweite Hälfte folgt, sobald der Rohbau der Passerelle erstellt ist.

Der Finanzierungsanteil des NAF / Agglomerationsprogramms ist derzeit noch unklar.

8.5 Kostenvergleich mit realisierten Vergleichsobjekten

Um die Bauwerkskosten mit anderen Objekten vergleichen zu können, werden diese im Brückenbau auf die Bauwerksfläche in CHF/m² umgerechnet. Die folgende Tabelle 3 soll dabei helfen, die geschätzten Bauwerkskosten der Passerelle Girhalden durch den Vergleich mit bereits realisierten Brückenobjekten in der Schweiz besser einordnen zu können. Die nachfolgenden Brückenbeispiele stellen keine Referenzprojekte des Projektverfassers dar. Die Bauwerksabmessungen und Kosten wurden öffentlich zugänglichen Quellen entnommen.

Objekt	[CHF]	l x b [m]	A [m ²]	[CHF/m ²]	Ausführung
Negrellisteg, Zürich ⁸	11,00 Mio.	160 x 4.42	707	15'554.-	2019 – 2020
Birskopfsteig, Basel ⁹	2,40 Mio.	76 x 4.80	365	6'579.-	2012
Aaresteg Mülimatt, Windisch ¹⁰	4,30 Mio.	183 x 2.70	494	8'702.-	2010
Wylandbrücke, Winterthur ¹¹	3,20 Mio.	104 x 4.00	416	7'692.-	2002
Passerelle Girhalden	3,76 Mio.	171 x 4.00	684	5'500.-	in Planung

Tabelle 3: Kostenvergleich mit realisierten Vergleichsobjekten, Gesamtkosten inkl. Honorare und MWST

⁸ Quelle: <https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/taz/bauen/negrellisteg.html>

⁹ Quelle: <https://www.bzbasel.ch/basel/baselbiet/einweihung-neuer-birskopfsteig-verbindet-baselstadt-und-land-124160067>

¹⁰ Quelle: https://fbh.sia.ch/sites/fbh.sia.ch/files/FBH_Aaresteg_Muelimatt_2010.pdf

¹¹ Quelle: <https://www.nzz.ch/article8E9OY-1.424274?reduced=true>

Anhang 1: Dokumentenliste

Dokument	Typ	Mst.	Nr.	Datum
Nutzungsvereinbarung	Bericht	-	90750.15-001	18.11.2020
Technischer Bericht	Bericht	-	90750.15-002	18.11.2020
Übersichtsplan	Plan	1:250 / 50	90750.15-003	18.11.2020

Tabelle 4: Dokumentenliste Vorprojekt

Anhang 2: Ermittlungstabelle Kostenschätzung

Ermittlungstabelle Kostenschätzung Vorprojekt

Kosten in CHF, Kostengenauigkeit ±20%, Preisbasis November 2020, Total auf CHF 1'000.- gerundet

Bauteil	Gliederung	Ausmass					Einheitspreise					Kosten					Total			Bemerkungen	
		NPK	Länge [m]	Fläche [m²]	Volumen [m³]	Masse [t]	Anzahl [St.]	Länge [CHF/m]	Fläche [CHF/m²]	Volumen [CHF/m³]	Masse [CHF/t]	Stück [CHF/St.]	Länge [CHF]	Fläche [CHF]	Volumen [CHF]	Masse [CHF]	Stück [CHF]	Zuschlag [%]	Pos. [CHF]		NPK [CHF]
Regiearbeiten	111																4%	81'440	81'000	3%	Prozentual von Total exkl. NPK 112/113
Prüfungen	112																2%	33'176	33'000	1%	Prozentual über prüfungsrelevante NPK
Baustelleneinrichtungen	113																		340'000	14%	
Allgemeine Baustelleneinrichtung	113																12%	235'159			Prozentual von Total
Einsatz Mobilkran	113					1					100'000	0	0	0	0	100'000	0%	100'000			Annahme: 750 t Raupenkran
Bauschutzzaun h = 2,5 m entlang SBB	113					1					5'000	0	0	0	0	5'000	0%	5'000			
Bauarbeiten für Werkleitungen	151																		26'000	1%	
Leerrohrreserve PE-HD DN 100, inkl. Aufhängung nichtrostend	151	130.0					170.00					22'100	0	0	0	0	0%	22'100			
Leerrohrreserve PE-HD DN 100, erdverlegt im Vorlandbereich	151	50.0					45.00					2'250	0	0	0	0	0%	2'250			
Kabelschächte	151					2					1'000	0	0	0	0	2'000	0%	2'000			
Wasserhaltung	161																		20'000	1%	
Offene Wasserhaltung	161					1					10'000	0	0	0	0	10'000	0%	10'000			
Temp. Fassung Grädelbach in Rohr inkl. Damm	161					1					10'000	0	0	0	0	10'000	0%	10'000			
Pfähle	171																		184'000	7%	
Einrichtung Mikropfahlarbeiten	171					1					35'000	0	0	0	0	35'000	0%	35'000			inkl. Zufahrt, Arbeitsebenen, Umsetzen etc.
Bohren und Erstellen ROR-Mikropfähle Ø300 mm	171	280.0					420.00					117'600	0	0	0	0	20%	141'120			Preisbasis: Ue Bederstr., Zuschlag für Fels
Zuschlag Ausbildung Pfahlköpfe	171					28					170	0	0	0	0	4'760	0%	4'760			
Dyn. Pfahlprüfung: Einrichtung	171					1					1'400	0	0	0	0	1'400	0%	1'400			
Dyn. Pfahlprüfung: Versuche	171					3					500	0	0	0	0	1'500	0%	1'500			Druckversuche
Abdichtungsarbeiten	172																		67'000	3%	
FLK-Abdichtung inkl. Installation / Oberflächenverb. / Grundierung	172		460.0					145.00				0	66'700	0	0	0	0%	66'700			2-schichtig, PMMA-basis, Einbau maschinell
Baugruben und Erdbau	211																		109'000	4%	
Aushub Baugrube maschinell, WL Nord	211			400.0								0	0	6'000	0	0	0%	6'000			m3 fest
Aushub Baugrube maschinell, WL Süd	211			150.0								0	0	2'250	0	0	0%	2'250			m3 fest
Aushub Baugrube maschinell, Brückenpfeiler	211			100.0								0	0	1'500	0	0	0%	1'500			m3 fest
Transport/Gebühren: Aushub unverschmutzt	211			430.0								0	0	12'900	0	0	0%	12'900			m3 lose, unverschmutzt, VVEA Typ A, Aufl. = 1,3
Transport/Gebühren: Aushub leicht verschmutzt	211			430.0								0	0	36'550	0	0	0%	36'550			m3 lose, schwach belastet, VVEA Typ B, Aufl. = 1,3
Hinterfüllung / Auffüllung UG 0/45, WL Nord	211			600.0								0	0	30'000	0	0	0%	30'000			m3 lose, Aufl. = 1,25
Hinterfüllung UG 0/45, WL Süd	211			180.0								0	0	9'000	0	0	0%	9'000			m3 lose, Aufl. = 1,25
Hinterfüllung UG 0/45, Brückenpfeiler Pfeiler	211			110.0								0	0	5'500	0	0	0%	5'500			m3 lose, Aufl. = 1,25
Kulturerdarbeiten (Ober- / Unterboden)	211					1					5'000	0	0	0	0	5'000	0%	5'000			
Belagsarbeiten	223																		49'000	2%	
Installation Walzasphalt	223					1					2'000	0	0	0	0	2'000	0%	2'000			
Installation Gussasphalt	223					1					6'000	0	0	0	0	6'000	0%	6'000			
Gussasphalt Brücke Fahrbahn, t = 30 mm	223				35						450	0	0	0	15'750	0	0%	15'750			bis Ende Schlepplatte
Abstreuerung Gussasphalt mit Split	223		465.0					10.00				0	4'650	0	0	0	0%	4'650			
Walzasphalt, t = 70 mm Gehweg	223				30						300	0	0	0	9'000	0	0%	9'000			
Polymerbitumenfugen entlang Konsolköpfe, 30 x 30 mm	223	270.0					30.00					8'100	0	0	0	0	0%	8'100			ohne Korngerüst
Polymerbitumenfugen entlang Widerlager, 30 x 70 mm	223	80.0					40.00					3'200	0	0	0	0	0%	3'200			ohne Korngerüst
Kanalisation und Entwässerung	237																		38'000	2%	
Entwässerung PE-HD DN 125, inkl. Aufhängung nichtrostend	237	130.0					180.00					23'400	0	0	0	0	0%	23'400			
Entwässerung PE-HD DN 125, erdverlegt im Widerlagerbereich	237	20.0					50.00					1'000	0	0	0	0	0%	1'000			
Einlaufschächte Überbau	237					15					800	0	0	0	0	12'000	0%	12'000			
Schlammstammler Widerlager	237					2					1'000	0	0	0	0	2'000	0%	2'000			

Ermittlungstabelle Kostenschätzung Vorprojekt

Kosten in CHF, Kostengenauigkeit ±20%, Preisbasis November 2020, Total auf CHF 1'000.- gerundet

Bauteil	Gliederung NPK	Ausmass					Einheitspreise					Kosten					Total			Bemerkungen				
		Länge	Fläche	Volumen	Masse	Anzahl	Länge	Fläche	Volumen	Masse	Stück	Länge	Fläche	Volumen	Masse	Stück	Zuschlag	Pos.	NPK		NPK / Total			
		[m]	[m ²]	[m ³]	[t]	[St.]	[CHF/m]	[CHF/m ²]	[CHF/m ³]	[CHF/t]	[CHF/St.]	[CHF]	[CHF]	[CHF]	[CHF]	[CHF]	[%]	[CHF]	[CHF]		[%]			
Ortbetonarbeiten	241																	333'000	13%					
Magerbeton t = 10 cm	241		200.0				25.00									0	5'000	0	0	0%	5'000			
Beton WL-Fundament Nord	241			80.0					180.00							0	0	14'400	0	0%	14'400			
Beton WL-Fundament Süd	241			15.0					180.00							0	0	2'700	0	0%	2'700			
Beton Pfeilerfundamente	241			12.0					180.00							0	0	2'160	0	0%	2'160			
Schalung WL-Fundament Nord, Typ 2-1	241		45.0				60.00									0	2'700	0	0	0%	2'700			
Schalung WL-Fundament Süd, Typ 2-1	241		15.0				60.00									0	900	0	0	0%	900			
Schalung Pfeilerfundamente, Typ 2-1	241		25.0				60.00									0	1'500	0	0	0%	1'500			
Beton WL-Wände Nord	241			50.0					250.00							0	0	12'500	0	0%	12'500			
Beton WL-Wände Süd	241			15.0					250.00							0	0	3'750	0	0%	3'750			
Schalung WL-Wände Nord, Typ 2-1	241		165.0				60.00									0	9'900	0	0	0%	9'900			
Schalung WL-Wände Nord, Typ 4-1	241		165.0				120.00									0	19'800	0	0	0%	19'800			
Schalung WL-Wände Süd, Typ 2-1	241		55.0				60.00									0	3'300	0	0	0%	3'300			
Schalung WL-Wände Süd, Typ 4-1	241		55.0				120.00									0	6'600	0	0	0%	6'600			
Beton Brückenplatte inkl. Konsolköpfe	241			115.0					270.00							0	0	31'050	0	0%	31'050			
Schalung Brückenplatte Untersicht, Typ 4-1	241		350.0						100.00							0	35'000	0	0	0%	35'000			
Schalung Konsolköpfe Typ 4-1	241		150.0						220.00							0	33'000	0	0	0%	33'000			
Beton Schlepplatten	241			10.0					180.00							0	0	1'800	0	0%	1'800			
Bewehrung alle Betonbauteile, B500B	241				55					1500						0	0	0	82'500	0	0%	82'500	ca. 175 kg/m3 über alle Bauteile	
Bügelbewehrung Konsolköpfe, Montageisen, TOP 12 (1.4003)	241				3					4000						0	0	0	12'000	0	0%	12'000	Nichtrostender Betostahl	
Hydrophobierung Konsolköpfe	241		435.0				25.00									0	10'875	0	0	0%	10'875			
Graffitienschutz Konsolköpfe	241		435.0				15.00									0	6'525	0	0	0%	6'525			
Nachbehandlung Beton	241					1					5'000					0	0	0	0	5'000	0%	5'000		
Div. Nebenarbeiten / Mehrleistungen / Kleinpositionen etc.	241															0	0	0	0	10%	30'000	Prozentual über alle NPK 241 Leistungen		
Geländer																						480'000	19%	
Stahlstaketengeländer, feuerverzinkt, inkl. Handläufe nichtrostend	281	340.0					1'413.00													0%	480'420	Hoher Aufwand infolge doppelter Krümmung		
Stahlbau	321																					730'000	29%	
Konstruktionsstahl, wetterfest	321				100					6500						0	0	0	650'000	0	0%	650'000	Hoher Aufwand infolge doppelter Krümmung	
Schutzdächer SBB, feuerverzinkt	321	40.0					2'000.00									0	0	0	80'000	0	0%	80'000	Hoher Aufwand infolge doppelter Krümmung	
Total exkl. Unvorhergesehenes / MWST		1'340.0	3'020.0	2'697.0	223.0	60.0										738'070	206'450	172'060	769'250	201'660		2'491'000	2'490'000	100%

Anhang 3: Visualisierungen



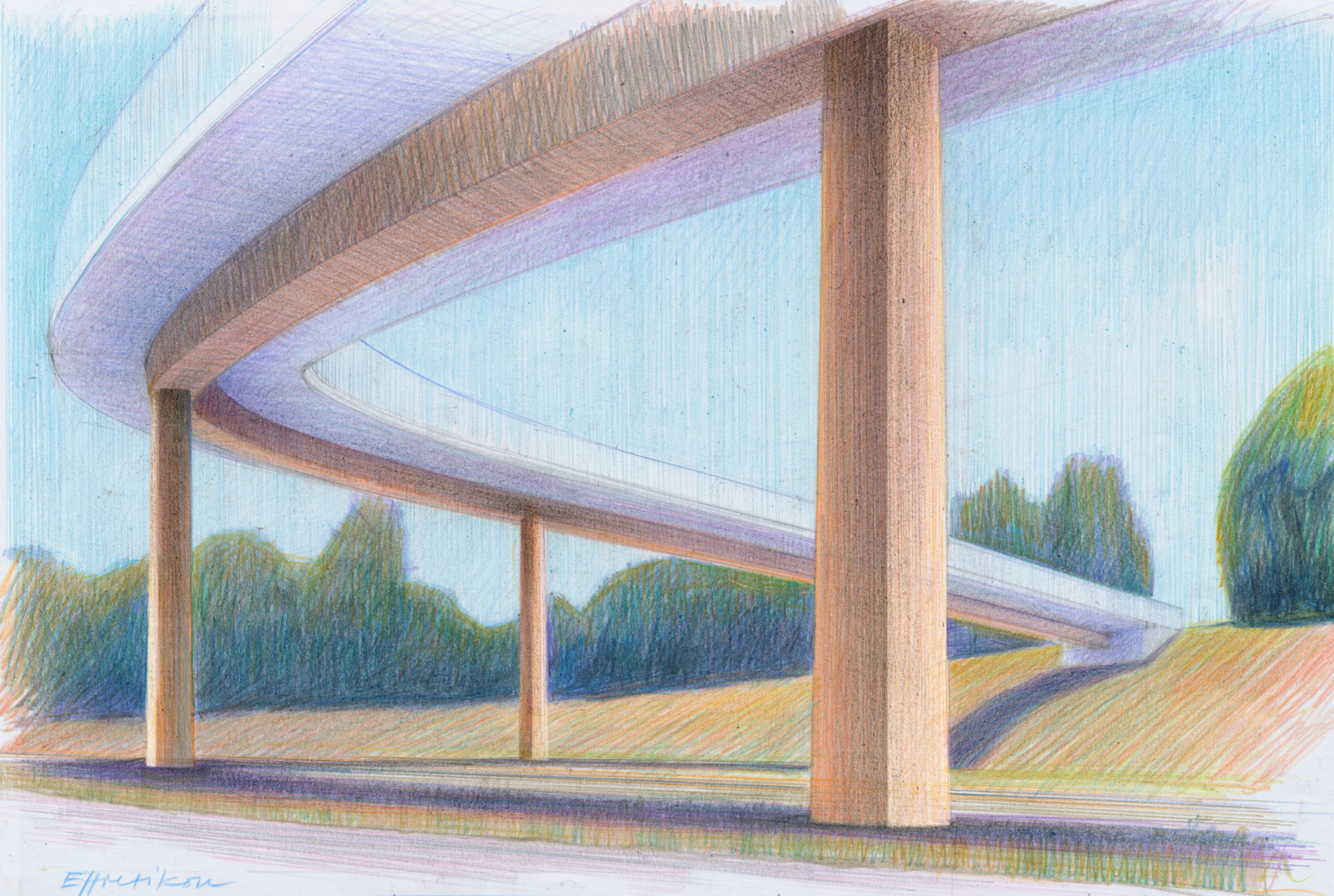
Google Earth

© 2019 Google
© 2018 Google

Ehretikon



Estetikom



Effektikon
airhalden

02.10.19 *my*

Effeltikon

Girnalda, Stacketengeländer 31.01.20 LMM



Effektiv
Girhald, Stacketingelā, 03.02.20 bmm

