

PROJEKTVERANTWORTLICHE

Verkehrsbetriebe Zürich
8048 Zürich

Ort, Datum

Zürich, 9. Juni 2020

Unterschrift

(Hansruedi Imhof / Stv. Leiter Infrastruktur)

PROJEKTLEITUNG

Verkehrsbetriebe Zürich
8048 Zürich

Ort, Datum

Zürich, 9. Juni 2020

Unterschrift

(Stephan Bosshard / Projektleiter)

PROJEKTIERUNG

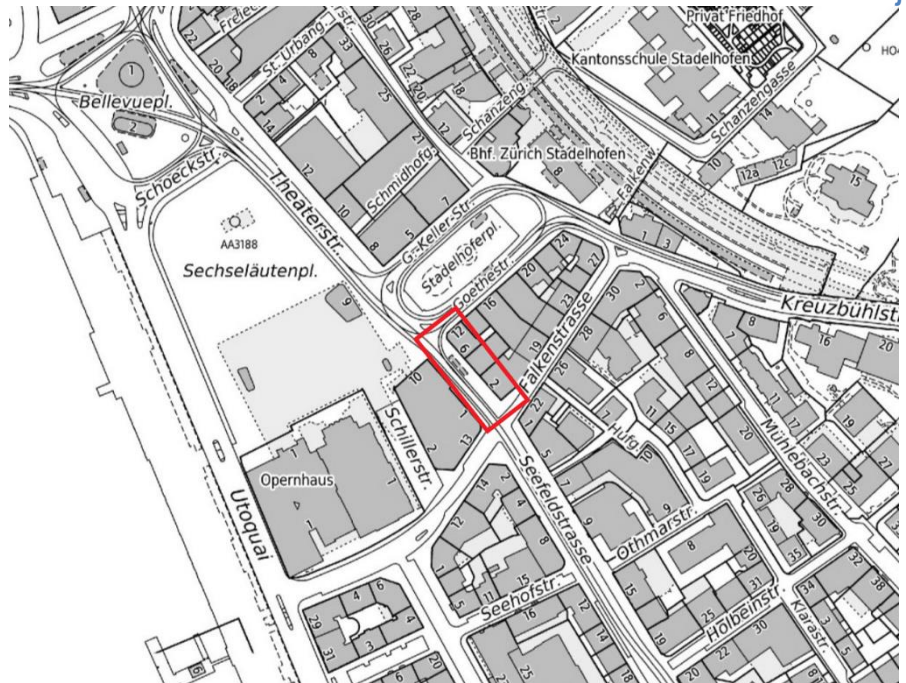
Verkehrsbetriebe Zürich
8048 Zürich

Ort, Datum

Zürich, 9. Juni 2020

Unterschrift

(Marc Köchli / Gesamtplaner)



Kanton: Zürich
Gemeinde: Stadt Zürich



VBZ ZüriLinie

Verkehrsbetriebe Zürich

Unternehmensbereich
Infrastruktur
Luggwegstrasse 65
Postfach 8048 Zürich
www.vbz.ch

4540B-19518

Plangenehmigungsprojekt

Theaterstrasse, Haltestelle Opernhaus

Ersatz Weiche 321

Gesuch um Bewilligung von Abweichungen

9. Juni 2020



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Ermittlung der Kurvenerweiterungen in bei den Übergängen zu Bögen gemäss den Hüllkurven VBZ anstelle der Konstruktion gemäss AB-EBV	2
2.1	Antrag	2
2.2	Technische Bestimmungen, von denen abgewichen werden soll	2
2.3	Dauer des Ausnahmezustandes.....	4
2.4	Örtliche Angaben	4
2.5	Begründung des Gesuchs	4
2.6	Folgen bei Nichterteilung der Ausnahmegewilligung.....	5
3	Lichtraumprofilverletzung im Bereich der hohen Haltekanten.....	5
3.1	Antrag	5
3.2	Technische Bestimmungen, von denen abgewichen werden soll	5
3.3	Ergänzung Dokument h "Massgebende Lichtraumprofile"	5
3.4	Dauer des Ausnahmezustandes.....	6
3.5	Örtliche Angaben	6
3.6	Begründung des Gesuchs	6
3.7	Folgen bei Nichterteilung der Genehmigung im Einzelfall.....	11
4	Anhang.....	11

1 Einleitung

Im Rahmen des Plangenehmigungsverfahrens für den Gleisersatz Hardturm bis Tüffenwies wurde bei den hohen Haltekanten eine Verletzung der Grenzlinie der festen Anlagen bezüglich dem Norm-Lichtraumprofil der VBZ festgestellt.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes zum Ersatz der Weiche 321 an der Haltestelle Opernhaus wurde bei der Erarbeitung der Planunterlagen festgestellt, dass ein ähnlicher Fall bezüglich der kombinierten Haltekante der Tram und Bushaltestelle Opernhaus vorliegt (28cm Zürichbord).

Im Dokument wird auf die Situation und die Lichtraumprofilverletzung eingegangen mit dem Ziel, den Nachweis zu führen, dass durch die Verletzung keine Risikosituation entsteht.

Des Weiteren wird ein Antrag um Bewilligung für die Ermittlung der Kurvenerweiterung mittels der Umhüllenden des Normfahrzeuges anstelle der Konstruktion gem. AB-EBV gestellt.

2 Ermittlung der Kurvenerweiterungen bei den Übergängen zu Bögen gemäss den Hüllkurven VBZ anstelle der Konstruktion gemäss AB-EBV

2.1 Antrag

Es seien die erforderlichen Ausnahmegewilligungen für die Ermittlung der Kurvenerweiterung mittels der Umhüllenden des Normfahrzeuges an jeder Lage auf dem Gleis der Anlage des zu genehmigenden Projektes gemäss vorliegendem Dokument zu erteilen.

2.2 Technische Bestimmungen, von denen abgewichen werden soll

Gemäss AB-EBV zu Art 18 Blatt 14 M werden Lichtraumübergänge wie folgt konstruiert:

Übergang Gerade in Bogen mit Übergangsbogen:

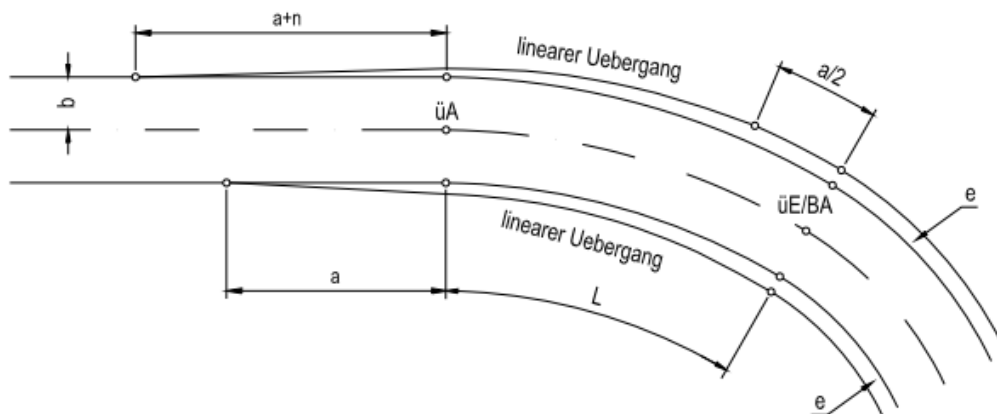
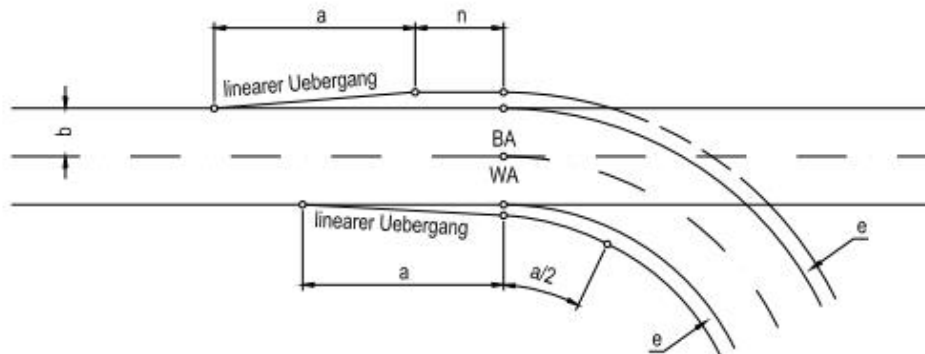


Abbildung 1: Auszug AB-EBV Art. 18; Übergang Gerade in Bogen mit Übergangsbogen

Übergang Gerade in Weiche oder Gerade in Bogen ohne Übergangsbogen:



- b** : Halbe Breite der Grenzlinie der festen Anlagen bzw. des Lichtraumprofils
L : Länge des Übergangsbogens
e : Erweiterung von b
a : Drehzapfenabstand des massgebenden Fahrzeuges
 $a = 14,00 \text{ m}$ ($a = 7,00 \text{ m}$ bei Strassenbahnen)
n : Äusserer Überhang des massgebenden Fahrzeuges
 $n = 3,00 \text{ m}$

Abbildung 2: Auszug AB-EBV Art. 18; Übergang Gerade in Bogen ohne Übergangsbogen

Aus der folgenden Abbildung kann die Bezugslinie des Normfahrzeugs C2 der VBZ gemäss VR Tram entnommen werden.

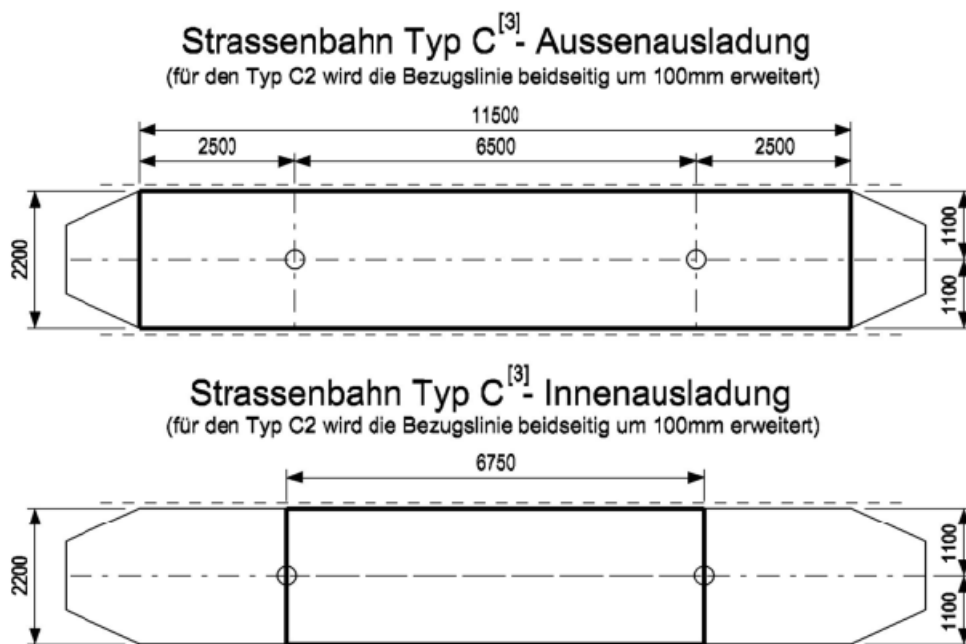


Abbildung 3: Auszug VR-Tram 2.1.2 Begrenzung der Fahrzeuge und Ladungen

Aufgrund des Normfahrzeugs C2 der VBZ werden der Drehzapfenabstand und der äussere Überhang des massgebenden Fahrzeuges wie folgt festgelegt:

- Drehzapfenabstand $a = 6,50 \text{ m}$
- Äusserer Überhang $n = 2,50 \text{ m}$

2.3 Dauer des Ausnahmezustandes

Die Dauer des Ausnahmezustandes erstreckt sich über die gesamte Lebensdauer der vorliegend geplanten Anlage.

2.4 Örtliche Angaben

2.4.1 Örtliche Angaben

Abweichungen von der AB-EBV für die Ermittlung der Lichtraumübergänge ergeben sich in den Bereichen am Anfang und Ende der Haltekante.

2.4.2 Darstellung zur Abweichung

Die Ermittlung der Kurvenverweiterung erfolgt bei den VBZ mittels der Umhüllenden des Normfahrzeuges anstelle der Konstruktion gem. AB-EBV.

Die Abweichungen zwischen diesen beiden Konstruktionsarten können dem Anhang 1 und Anhang 2 zum Dokument j des vorliegenden PGV entnommen werden.

Der Unterschied wird anhand des Normfahrzeugs C2 der VBZ aufgezeigt (Abstand 1.20 m ab Gleisachse). Die Hüllkurve ist mit "C2 Blech" beschriftet und in blau abgebildet. Die Konstruktion der Lichtraumübergänge gemäss AB EBV ist in magenta dargestellt.

Im Bereich der Haltekantenanfahrt ist der Unterschied mit den sich jeweils ergebenden Minimalabständen zur Oberkante der Haltekante vermasst.

Für den Bereich der Ausfahrt aus der Haltestelle ist die Fahrbeziehung über die rechtsliegende Weiche dargelegt. Im Fall der Geradeausfahrt, ohne Radius, gibt es keine Abweichung. Die Abweichungen von der AB-EBV sind zum einen mit der grössten Abweichung und zum anderen an der relevantesten Stelle vermasst. Die relevanteste Stelle ist das Ende der hohen Haltekante.

2.5 Begründung des Gesuchs

2.5.1 Vergleich mit einer Lösung ohne Ausnahmebewilligung

Eine Anpassung der Gleisgeometrie, sodass die Lichtraumübergänge gemäss AB EBV eingehalten werden können, wäre grundsätzlich möglich, hätte aber Anpassungen an den Randsteinen und Rampen im Haltekantenbereich zur Folge.

Der Einsatz des Kombibords wäre nicht möglich. So könnte keine gemeinsam genutzte Haltekante für Tram und Bus erstellt werden, was sich für den Kunden negativ auswirken würde. Die Umsteigebeziehungen und Zugänge zum Nahverkehr wären schlechter.

Für die Niederflurfahrzeuge könnten weniger niveaugleiche Einstiegsbereiche angeboten werden.

2.5.2 Erfüllung der Bedingungen von Art. 5 Abs. 2 Best. a oder b EBV

Die Hüllkurvenkonstruktion weist im Bereich der Lichtraumübergänge Abweichungen auf; siehe hierzu die vermassten Kurven in Anhang 1 und Anhang 2. Es zeigt sich, dass Abweichungen insbesondere bei kleinen Radien auftreten. Je grösser die Radien sind, umso geringer wird die Abweichung.

Die Konstruktion gemäss AB-EBV ist eine vereinfachte, theoretische Ermittlung der Übergänge von Geraden auf Kurven und bei Radiusänderungen. Die Ermittlung der Hüllkurven mit der Umhüllenden des Normfahrzeuges an jeder Lage auf dem Gleis mit Hilfe der CAD-Software ist genauer auf das Normfahrzeug abgestimmt und gibt daher den Verlauf der Hüllkurve im vorliegenden Fall exakter wieder.

Die Fahrzeuge der VBZ können an keiner Position auf den Gleisen in die Haltekanten ragen. Aus diesem Grund kann mit der Konstruktion der Hüllkurven, wie beschrieben, dieselbe Sicherheit gewährleistet werden wie mit der Konstruktion der Übergänge gemäss AB-EBV.

2.5.3 Auswirkungen auf den (heutigen und zukünftigen) Betrieb

Es ist mit keinen, negativen Auswirkungen auf den Betrieb infolge der Genehmigung dieses Antrags zu rechnen, da das gleiche Mass an Sicherheit erreicht wird.

2.6 Folgen bei Nichterteilung der Ausnahmegewilligung

Falls die Ausnahmegewilligung nicht erteilt würde, müsste das Projekt dahingehend angepasst werden, dass die Abstände mit der Konstruktion der Lichtraumübergänge gemäss AB-EBV eingehalten würden.

Dies hätte zur Folge, dass die Haltekante im Bereich der Einfahrt und für die abzweigende Fahrspur nach der Haltekante angepasst werden müsste.

3 Lichtraumprofilverletzung im Bereich der hohen Haltekanten

3.1 Antrag

Es sei die erforderliche Genehmigung im Einzelfall für die Lichtraumprofilverletzung im Bereich der hohen Haltekanten mit Kombibord gemäss vorliegendem Dokument zu erteilen.

3.2 Technische Bestimmungen, von denen abgewichen werden soll

Die Definition des Lichtraumprofils der VBZ stammt nachvollziehbar aus dem Jahre 1984 und hat sich seither einzig in der Definition der hohen Haltekante verändert. Das Norm-Lichtraumprofil der VBZ ist im Dokument "Vorschriften und Richtlinien Tram" vom Juli 2013 dokumentiert und wurde seitens BAV genehmigt.

3.3 Ergänzung Dokument h "Massgebende Lichtraumprofile"

Das Lichtraumprofil der VBZ wurde im Projekt gemäss dem Dokument h "Massgebende Lichtraumprofile" auf Grundlage der "Vorschriften und Richtlinien Tram" vom Juli 2013 definiert.

Das Lichtraumprofil der Haltestellen und das Lichtraumprofil der freien Strecke unterscheiden sich lediglich im Bereich der Haltekanten. Hier weist das Lichtraumprofil der Haltestellen zusätzliche Informationen zum Perronbereich und den Haltekanten aus:

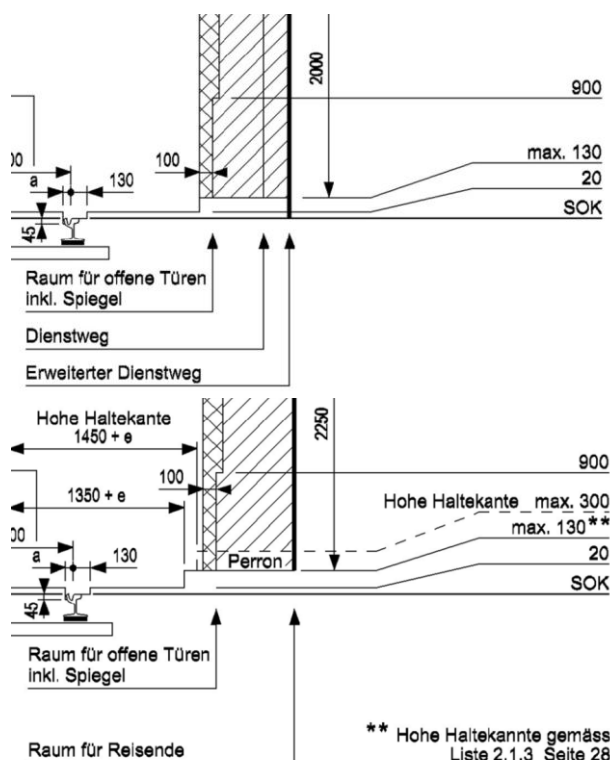


Abbildung 4: LRP Freie Strecke

Abbildung 5: LRP Haltestellen

Der Unterschied besteht in der Definition der hohen Haltekante, welche maximal 300 mm ab Schienenoberkante zu liegen kommt.

3.4 Dauer des Ausnahmezustandes

Die Dauer des Ausnahmezustandes erstreckt sich über die gesamte Lebensdauer der vorliegend geplanten Anlage.

3.5 Örtliche Angaben

Das Lichtraumprofil ist im Normalprofil der Haltestelle mit dem Abstand $1.45\text{ m} + e$ eingezeichnet (PGV Dokument g1). Daraus ersichtlich ist die Verletzung der Grenzlinie der festen Anlagen im Bereich des Kombibords der hohen Haltekante (SOK +30 cm). Die Lichtraumprofilverletzung betrifft die Haltestelle Opernhaus Fahrtrichtung Bellevue.

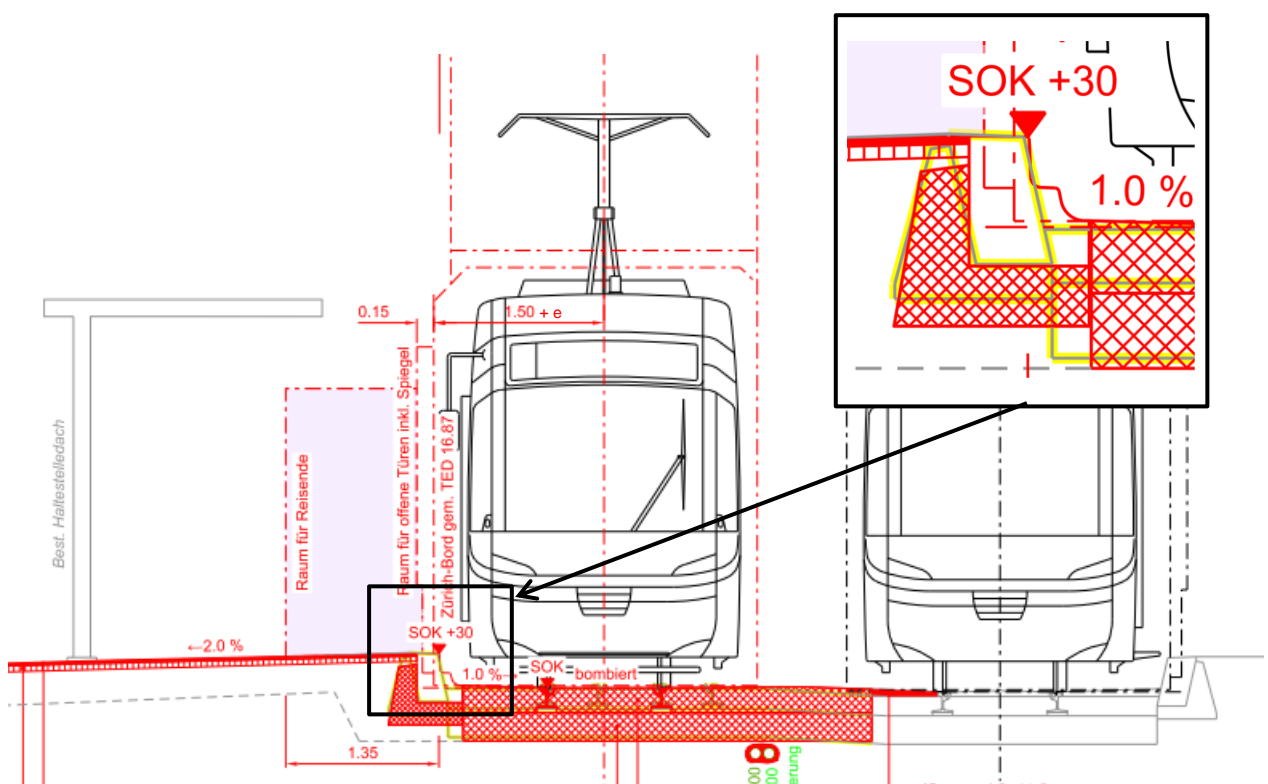


Abbildung 6: Verletzung im vorliegenden Fall (Ausschnitt Dokument e)

3.6 Begründung des Gesuchs

3.6.1 Vergleich mit einer Lösung ohne Genehmigung im Einzelfall

Ohne die Genehmigung im Einzelfall müssten die hohen Haltekanten, um das Lichtraumprofil einzuhalten, mit grösserem Abstand zur Gleisachse platziert werden.

Im vorliegenden Projekt ist das Kombibord mit einem Abstand von 1450 mm zur Gleisachse in der Geraden geplant. Das projektierte Spaltmass beträgt 4 cm im Bereich der dritten Tür mit behindertengerechtem Einstieg.

Ein Spaltmass, welches das vorgeschriebene Lichtraumprofil einhält, müsste im unteren Bereich (SOK +16) des Kombibords 1.35 m Abstand zur Gleisachse einhalten. Damit würde das Spaltmass in der Geraden um ca. 9 cm auf über 13 cm vergrössert.

Mit diesem Wert könnten die Haltestellen jedoch nicht mehr behindertengerecht ausgeführt werden.

Der Einsatz des Kombibords wäre somit ohne Ausnahmegenehmigung nicht möglich, was zur Folge hätte, dass keine gemeinsam genutzte Haltekante für Tram und Bus erstellt werden könnte. Dies würde

sich für den Kunden negativ auswirken, weil die Umsteigebeziehungen und Zugänge zum Nahverkehr schlechter wären.

Für die Niederflurfahrzeuge könnten weniger niveaugleiche Einstiegsbereiche angeboten werden.

3.6.2 Erfüllung der Bedingungen von Art. 5 Abs. 2 Best. a oder b EBV

In der Folge wird der Nachweis erbracht, dass trotz der Verletzung des Lichtraumprofils im Bereich der hohen Haltekanten mit Kombibord das gleiche Mass an Sicherheit gewährleistet werden kann.

Der Nachweis, dass die hohe Haltekante mit Kombibord keinen Konflikt verursacht, steht im Zusammenhang mit dem generellen Aufbau des Lichtraumprofils. Ziel ist es nicht, einen Sonderwert des Lichtraumprofils für die Haltestelle im vorliegenden Projekt zu generieren, sondern nachzuweisen, dass die hohe Haltekante mit Kombibord keine negativen Auswirkungen auf die exakt gerechnete Grenzlinie der festen Anlagen ausweist.

Zusammensetzung des Lichtraumprofils

Ausgehend von der "Bezugslinie C2, Strassenbahn" der VR Tram, wurde das Lichtraumprofil mit den entsprechenden Zuschlägen für die Grenzlinie der festen Anlagen gemäss dem Kommentar 3 AB-EBV aufgebaut.

Folgende Parameter wurden für die Berechnung verwendet:

Fahrzeugdaten

Abstand Laufkreise Fahrzeuigräder [mm]	sr	1050 mm
Höhe Wankpol ab SOK	hw	500 mm
Neigungskoeffizient Wagenkasten	ks	0.4
Neigungskoeffizient Stromabnehmerraum	ks	0.225

Neigungswinkel in FZ Achse infolge Schwingungen

Aussenseite/Gerade	xia	1°
Innenseite	xii	0.2°
Neigungswinkel für Unsymmetrie	eta,1	1°

Streckendaten

Nennspurweite	s	1000 mm
Planmässige Spurerweiterung	se	1000 mm
Maximale Spurweite	sm	1010 mm
Überhöhungsfehlbetrag	üa	72 mm
Überhöhungsüberschuss	üi	0 mm
Seitenbeschleunigung	p	0.72 m/s ²
Querlagefehler	t1	25 mm
Querneigungsfehler	fü	15 mm
Messungenauigkeiten unter 900 mm SOK	t7	10 mm
Messungenauigkeiten über 900 mm SOK	t7	50 mm

Für die Berechnung wird die generelle Situation bei $R = 413 \text{ m}$ / $V = 60 \text{ km/h}$ verwendet. Diese Werte ergeben den gemäss AB-EBV Art. 17, Blatt 9 M, 5.3.2 erlaubten Grenzwert des Überhöhungsfehlbetrages von 72 mm. Nachfolgend sind die entsprechend errechneten Zuschläge für den massgebenden Punkt der Bezugslinie auf 3350 mm über SOK ausgewiesen:

Bezugslinie		Quasistatische Verschiebung Wagenkasten	Seitliche Gleislagefehler	Querneigungsfehler	Fzg-Schwingungen im Gleis	Unsymmetrische Lastverteilung	Verschiebung infolge Unsymmetrie	Spurverweiterung infolge Abnutzung	Messungenauigkeit	Zufallsbedingte Seitenverschiebung	Besonderheiten	Elektrischer Sicherheitsabstand Fahrleitungsraum	Q+Z+B	zulässige Abweichung der Gleishöhe von der versicherten Gleisachshöhe	Grenzlinie fester Anlagen	
bR	hR	Q	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	Z	B	be		Δh	bL	hL
x	y	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	y	x	y
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1260	3350	80	25	65	51	39	12	5	50	129	31	0	240	50	1500	3400

Tabelle 1: Zusammenstellung sämtlicher relevanten Zuschläge

Der Punkt der Bezugslinie auf der Höhe 3350 mm ab SOK weist somit bei einem Radius $R = 413 \text{ m}$ und $V = 60 \text{ km/h}$ ($\ddot{u}_a = 72 \text{ mm}$) den für das Lichtraumprofil ausgewiesenen Wert der Grenzlinie fester Anlagen mit einer halben Breite von **bL = 1500 mm** aus.

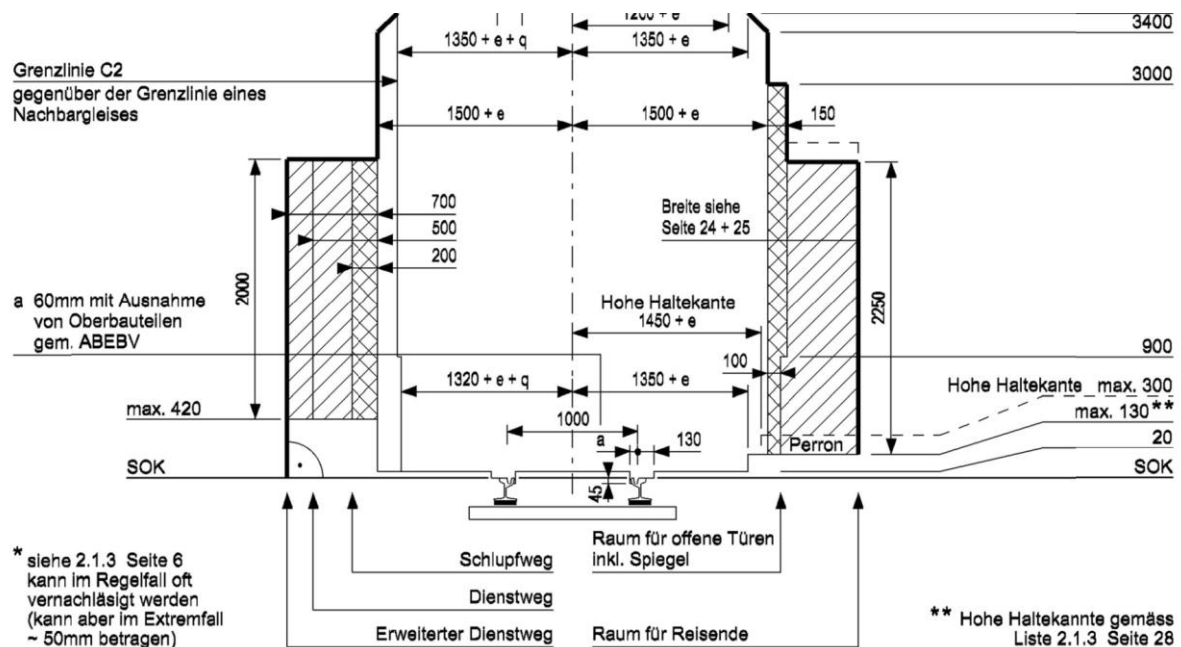


Abbildung 7: Lichtraumprofil C2 Haltestellen

Nachweis der Gewährleistung des Platzbedarfs

Die Formel für die Berechnung von bL lautet gemäss Kommentar 3 der AB-EBV: $b_L = b_R + e + Q + Z + B$.

Gemäss der Tabelle 1: Zusammenstellung sämtlicher relevanten Zuschläge, wurde für den Wert B (Besonderheiten) 86 mm eingesetzt.

Der Zuschlag B kann zur Vereinfachung der Form der Grenzlinie resp. zur Rundung ungerader Masse sowie bahnspezifischer Werte angewendet werden. Bei den VBZ wird der Zuschlag verwendet, damit eine einheitliche Grenzlinie der festen Anlagen von 1500 mm ab Gleismittelachse entsteht und zusätzliche Ungenauigkeiten aufgefangen werden.

Nachfolgend wurden die für die Nachweisführung relevanten Grenzlinien skizziert und zur Gleismittelachse hin vermassst. Für die exakten Grenzlinien wurden die Parameter aus dem Kapitel *Zusammensetzung des Lichtraumprofils* angewendet.

Bezugslinie		Quasistatische Verschiebung Wagenkasten	Seitliche Gleislagefehler	Querneigungsfehler	Fzg-Schwingungen im Gleis	Unsymmetrische Lastverteilung	Verschiebung infolge Unsymmetrie	Spurverweiterung infolge Abnutzung	Messungenauigkeit	Zufallsbedingte Seitenverschiebung	Besonderheiten	Elektrischer Sicherheitsabstand Fahrleitungsraum	Q+Z+B	zulässige Abweichung der Gleishöhe von der versicherten Gleisachshöhe	Grenzlinie fester Anlagen	
bR	hR	Q	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	Z	B	be		Δh	bL	hL
x	y	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	y	x	y
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
845	50	0	25	0	0	0	0	5	10	33	0	0	33	-20	878	30
1260	80	0	25	0	0	0	0	5	10	33	0	0	33	-20	1293	60
1260	900	10	25	15	7	5	2	5	10	39	0	0	49	-20	1309	880
1260	900	10	25	15	7	5	2	5	50	70	0	0	81	-20	1341	880
1260	3000	70	25	58	45	34	10	5	50	119	0	0	189	50	1449	3050
1260	3350	80	25	65	51	39	12	5	50	129	0	0	209	50	1469	3400
860	3650	88	25	71	56	43	13	5	50	139	0	0	226	50	1086	3700

Tabelle 2: Exakte Masse der Grenzlinie fester Anlagen

Die hier aufgeführten Werte sind für den innerstädtischen Bereich theoretisch zu hoch, da sie die Situation für eine maximale Geschwindigkeit von 60km/h darstellen. Allerdings liegt im Zusammenhang mit der Haltekante der massgebende Punkt im untersten Bereich des Profils, welcher sich auch bei niedrigeren Geschwindigkeiten nicht ändert. Insofern kann dieser Wert für diese Situation als repräsentativ erachtet werden.

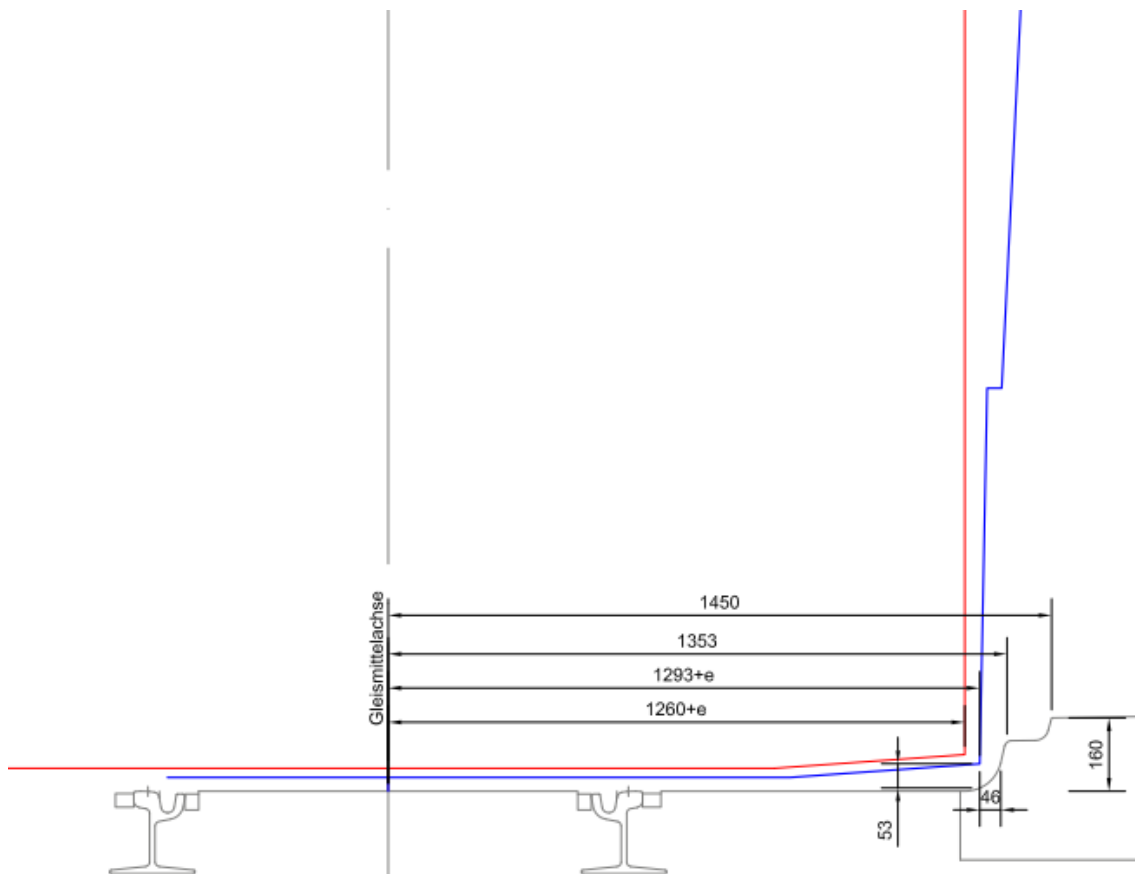


Abbildung 8: Nachweis des Platzbedarfs

Mass 1260+e: Bezugslinie

Mass 1293+e: Exakte Grenzlinie fester Anlagen ohne B

Resultat der Untersuchung

Anhand der Abbildung 8: Nachweis des Platzbedarfs ist ersichtlich, dass die exakt gerechnete Grenzlinie der festen Anlagen ohne B die Haltekante mit Kombibord in der Geraden nicht berührt. Die Berührung entsteht einzig aufgrund der Linearisierung der Grenzlinie der festen Anlagen.

Somit besteht real gesehen kein Konflikt zwischen der exakten Grenzlinie der festen Anlagen ohne B und der hohen Haltekante mit Kombibord.

Die Erweiterung der Grenzlinie in Kurven "e" ändert sich mit der Krümmung des Gleises in der horizontalen. In der Einfahrt zur Haltekante Opernhaus wird der Abstand zwischen Randstein und Fahrzeug am geringsten und damit massgeblich für den Nachweis. Die Werte sind in Anhang 1 zum Dokument vermasst.

Der projektierte Abstand des Randsteines zur Gleisachse beträgt maximal 1456 mm.

Bezugnehmend auf die Abbildung 8 ist der Abstand des Randsteines zur Gleisachse um 6 mm grösser. Dies ist in Abbildung 9 dargestellt. Der Abstand zwischen der gerechneten Grenzlinie der festen Anlagen ohne B und der Haltekante mit Kombibord in der Geraden beträgt somit 52 mm.

Die ermittelte Erweiterung der Grenzlinie in Kurven "e" beträgt 47 mm an der engsten Stelle.

Zur exakten Grenzlinie fester Anlagen muss das "e" von 47 mm hinzugerechnet werden.

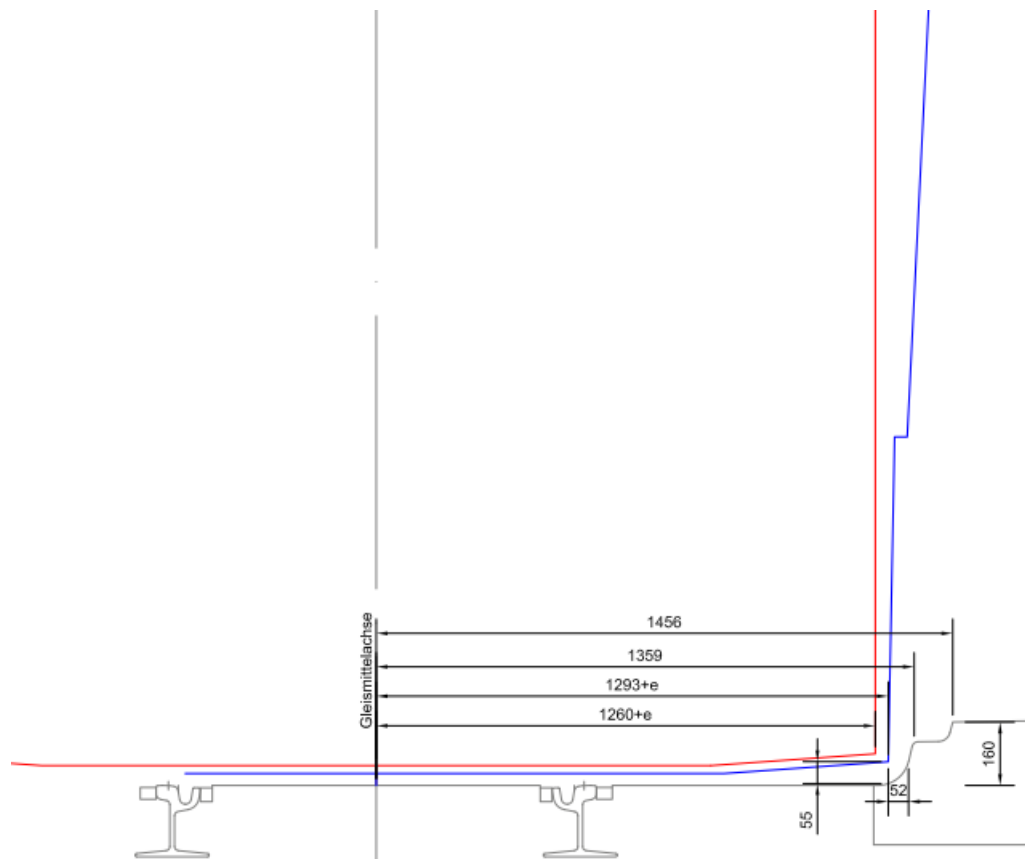


Abbildung 9: Nachweis des Platzbedarfs

Damit lässt sich ein effektiver Abstand des Randsteines errechnen. Im Vergleich zur Darstellung in der Geraden (Abb. 9) bleibt ein Abstand des Randsteines zur exakten Grenzlinie fester Anlagen mit "1293 + e" von 5 mm.

3.6.3 Auswirkungen auf den (heutigen und zukünftigen) Betrieb

Es ist mit keinen Auswirkungen auf den Betrieb infolge der Genehmigung dieses Antrags zu rechnen, da das gleiche Mass an Sicherheit erreicht wird.

3.7 Folgen bei Nichterteilung der Genehmigung im Einzelfall

Bei einer Nichterteilung der Genehmigung im Einzelfall würde sich das Spaltmass im Bereich der hohen Haltekanten mit Kombibord vergrössern und die Einhaltung des Behindertengleichstellungsgesetzes wäre für die Haltestelle Opernhaus Richtung Bellevue nicht möglich.

4 Anhang

- Anhang 1; Abweichungen der Lichtraumübergänge Einfahrt Haltestelle
- Anhang 2; Abweichungen der Lichtraumübergänge Ausfahrt Haltestelle