



Berner Oberland-Bahnen AG  
Harderstrasse 14  
3800 Interlaken

Gemeinden  
Wilderswil / Matten



# Auflageprojekt

Beilage 38

## BOB Haltestelle Matten b. I. mit P+R

## Prüfbericht Kunstbauten

Bauherrschaft

Berner Oberland-Bahnen AG

Projektverfasser

Mätzener & Wyss Bauingenieure AG

Stefan Würigler, Leiter Betrieb Eisenbahn

Dominik Liener, Leiter Infrastruktur

Martin Amacher, Projektleiter

3352

Index	Datum	Gezeichnet	Freigabe	Bemerkungen
	02.06.2020			

**mw** Mätzener & Wyss  
Bauingenieure AG  
Florastrasse 5 | 3800 Interlaken | 033 826 10 10 | mw-ing.ch

Fachplaner:

Dimension X AG | Moeri & Partner AG | Furrer + Frey AG | Wild Ingenieure AG | Welatec - Beratende Ingenieure AG  
Boess Rüegg AG | lichtform | Eltrend GmbH | B+S AG | Sigmaplan AG | Kellerhals + Haefeli AG | beffa tognacca sagl

# **BOB Haltestelle Matten b. I. mit Park + Ride Sachverständigerbericht**

Auflageprojekt

Bericht Nr.:55008\_01

Bänziger Partner AG, Thun

25.05.2020

## Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>AUSGANGSLAGE</b>	<b>2</b>
1.1	Projektbeteiligte	2
1.2	Gegenstand des Sachverständigermandats	2
1.3	Grundlagen, Richtlinien und Normen	2
1.4	Projektbeschrieb und Abgrenzung	3
<b>2</b>	<b>ERGEBNISSE DER PRÜFUNG UND BEURTEILUNG</b>	<b>3</b>
2.1	Personenunterführung mit seitlichen Aufgängen	3
2.1.1	Prüfung von Nutzungsvereinbarung und Projektbasis	3
2.1.2	Prüfung der Dimensionierung	3
2.1.2.1	Einwirkungen	3
2.1.2.2	Gefährdungsbilder	6
2.1.2.3	Tragwerksmodell	6
2.1.2.4	Auswirkungen und Nachweise	6
2.1.2.5	Konstruktive Durchbildung	7
2.2	Aufnahmegebäude	8
2.2.1	Prüfung von Nutzungsvereinbarung und Projektbasis	8
2.2.2	Prüfung der Dimensionierung	8
2.2.2.1	Einwirkungen	8
2.2.2.2	Gefährdungsbilder	9
2.2.2.3	Tragwerksmodell	9
2.2.2.4	Auswirkungen und Nachweise	10
2.2.2.5	Konstruktive Durchbildung	10
<b>3</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>10</b>

# 1 Ausgangslage

## 1.1 Projektbeteiligte

### Bauherr

Berner Oberland-Bahnen AG  
Harderstrasse 14  
3800 Interlaken  
Heinz Schindler, Projektleiter

### Projektverfasser

Mätzener & Wyss Bauingenieure AG  
Florastrasse 5  
3800 Interlaken  
Martin Amacher, Projektleiter

### Sachverständiger

Bänziger Partner AG  
Ingenieure Planer SIA USIC  
Uttigenstrasse 31  
3600 Thun  
Jonas Wyss, Sachverständiger

## 1.2 Gegenstand des Sachverständigermandats

Das Sachverständigermandat beinhaltet:

- die Prüfung der Nutzungsvereinbarung und Projektbasis der Personenunterführung inkl. seitlicher Aufgänge und des Aufnahmegebäudes
- die unabhängige statische Prüfung der Dimensionierung der Personenunterführung inkl. seitlicher Aufgänge und des Aufnahmegebäudes
- das Festhalten der Ergebnisse der Prüfung und deren Beurteilung im vorliegenden Sachverständigerbericht.

Das Sachverständigermandat wurde am 08.04.2020 durch Unterzeichnung des Vergabeantrags beauftragt.

## 1.3 Grundlagen, Richtlinien und Normen

Für die Prüfung stehen die Grundlagen gemäss Tabelle 1 zur Verfügung.

Tabelle 1 Projektgrundlagen

Projektgrundlagen	
- Personenunterführung mit seitlichen Aufgängen	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nutzungsvereinbarung, 08.05.2020</li><li>- Projektbasis, 08.05.2020</li><li>- Statischer Bericht, 08.05.2020</li><li>- Objektplan Personenunterführung Nr. 3352-16, 08.05.2020</li></ul>
- Aufnahmegebäude	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nutzungsvereinbarung, 15.05.2020</li><li>- Projektbasis, 15.05.2020</li><li>- Statischer Bericht, 15.05.2020</li></ul>

**Tabelle 2      Gesetzliche Grundlagen**

**Gesetzliche Grundlagen**

- |          |   |
|----------|---|
| - AB-EBV | - Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung, 01.07.2016 |
|----------|---|

**Tabelle 3      Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein SIA**

**SIA Normen**

- |           |   |
|-----------|---|
| - SIA 260 | - Grundlagen der Projektierung von Tragwerken, 2013 |
| - SIA 261 | - Einwirkungen auf Tragwerke, 2014                  |
| - SIA 262 | - Betonbau, 2013                                    |
| - SIA 265 | - Holzbau, 2012                                     |
| - SIA 267 | - Geotechnik, 2013                                  |

## **1.4 Projektbeschreibung und Abgrenzung**

Die Berner Oberland-Bahnen AG beabsichtigen den Bau einer neuen Haltestelle in Matten bei Interlaken mit Park + Ride. Der Bau beinhaltet unter anderem die Erstellung von zwei neuen Perrons, einer neuen Personenunterführung mit seitlichen Aufgängen und eines neuen Aufnahmegebäudes. Der vorliegende Sachverständigerbericht befasst sich mit:

- der Personenunterführung mit den seitlichen Aufgängen und
- dem Aufnahmegebäude.

## **2 Ergebnisse der Prüfung und Beurteilung**

### **2.1 Personenunterführung mit seitlichen Aufgängen**

#### **2.1.1 Prüfung von Nutzungsvereinbarung und Projektbasis**

Die Nutzungsvereinbarung und die Projektbasis liegen vor und beinhalten die wesentlichen Angaben auf Basis der Norm SIA 260.

In der Nutzungsvereinbarung sind in Kapitel 4 die qualitativen und quantitativen Anforderungen an das Bauwerk für den Fall der aussergewöhnlichen Ereignisse Entgleisung und Anprall eines Strassenfahrzeugs festzuhalten.

Die Bodenkennwerte werden auf Basis von durchgeführten Baugrunduntersuchungen als Erwartungswerte festgelegt. Die Baugrunduntersuchungen liegen dem Sachverständigen nicht vor, die Abschätzung der Erwartungswerte wird nicht überprüft. Die angenommenen Werte sind für den beschriebenen Baugrund aus Sicht des Sachverständigen jedoch plausibel. Das Baugrundmodell und die Bodenkennwerte sind während dem Bau zu verifizieren.

Die Erdung wird nach einem separaten Erdungskonzept ausgeführt. Das Erdungskonzept liegt dem Sachverständigen nicht vor und wird nicht geprüft.

Auf den Seitenwänden der seitlichen Aufgänge sollen nachträglich Perrondächer errichtet werden können. Diese optionale Nutzung ist in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten.

#### **2.1.2 Prüfung der Dimensionierung**

##### **2.1.2.1 Einwirkungen**

##### **Eigenlasten und Auflasten**

Die Einwirkungen infolge der Eigenlasten und Auflasten sowie der Eigenlast des Bodens sind korrekt ermittelt und berücksichtigt.

## **Einwirkungen aus dem Baugrund**

Die Einwirkungen aus dem Baugrund berücksichtigen die ständig wirkenden Erddrücke aus der Eigenlast des Bodens und die veränderlichen Erddrücke infolge der veränderlichen äusseren Lasten und Kräften. Für die Personenunterführung wird der Erdruhedruck berücksichtigt und als rechteckförmig verteilt angenommen, für die seitlichen Aufgänge wird der erhöhte aktive Erddruck (als Mittelwert zwischen Erdruhedruck und aktivem Erddruck) berücksichtigt und als dreieckförmig verteilt angenommen. Der Erdruhedruck auf die Personenunterführung wird infolge der Lasten des Lastmodells 5 aus Schmalspurbahnverkehr ermittelt ( $q_k = 50 \text{ kN/m}^2$ , Verteilung auf 2.0 m Breite), der erhöhte aktive Erddruck auf die Wände der seitlichen Aufgänge wird infolge der Lasten des Lastmodells 1 aus Strassenverkehr ermittelt ( $q_k = 19 \text{ kN/m}^2$ ). Die Erddruckbeiwerte sind basierend auf den Erwartungswerten der geotechnischen Grössen ermittelt. Bei der Ermittlung der Einwirkungen aus dem Baugrund infolge Schmalspurbahnverkehr werden der dynamische Beiwert und der Beiwert zur Klassierung der Lastmodelle vernachlässigt. Die Vernachlässigung des dynamischen Beiwerts entspricht der Vorgabe der Norm SIA 261, zur Vernachlässigung des Beiwerts zur Klassierung der Lastmodelle macht die Norm SIA 261 keine Vorgabe, diese ist aus Sicht des Sachverständigen jedoch gerechtfertigt (vergl. Kap. 2.1.2.4)

Die getroffenen Annahmen zur Ermittlung der Einwirkungen aus dem Baugrund sind plausibel und zweckmässig, die Einwirkungen sind korrekt ermittelt.

Das Baugrundmodell und die Bodenkennwerte sind während der Bauausführung zu verifizieren.

## **Schnee**

Die Perrons sollen nachträglich evtl. mit einem Perrondach überdeckt werden, die Einwirkungen infolge der Schneelasten auf dem Perrondach sind korrekt ermittelt und berücksichtigt.

## **Wind**

Die Perrons sollen nachträglich evtl. mit einem Perrondach überdeckt werden, die Einwirkungen infolge der Windlasten auf das Perrondach sind korrekt ermittelt und berücksichtigt. Die vergrösserte Windangriffsfläche infolge Schnee auf dem Perrondach ist dabei berücksichtigt.

## **Temperatur**

Es werden keine Temperatureinwirkungen berücksichtigt, was aufgrund der Einbindung des Tragwerks ins Erdreich gerechtfertigt ist.

Die nachträgliche Überdeckung der Perrons mit einem Perrondach ist hingegen grösseren Temperaturschwankungen ausgesetzt. Die dadurch entstehenden Zwängungskräfte wirken am Kopfpunkt der Wände der seitlichen Aufgänge und wurden durch den Sachverständigen abgeschätzt. Diese Zwängungskräfte infolge Temperatur sind klein und können für die Bemessung der seitlichen Aufgänge vernachlässigt werden.

## **Gebäudenutzung**

Die Einwirkungen infolge Gebäudenutzung, hier angenommen auf den Perrons, sind korrekt ermittelt und berücksichtigt.

## **Nicht motorisierter Verkehr**

Es werden keine Einwirkungen infolge nicht motorisiertem Verkehr berücksichtigt, die auftretenden Lasten sind durch die Lastannahmen infolge Gebäudenutzung auf den Perrons abgedeckt.

## **Strassenverkehr**

Die Fläche neben den seitlichen Aufgängen ist dem Strassenverkehr zugänglich, die dadurch hervorgerufenen, veränderlichen Erddrücke auf die Wände der seitlichen Aufgänge werden bei den Einwirkungen aus dem Baugrund berücksichtigt.

## Schmalspurbahnverkehr

Es werden die Einwirkungen infolge Schmalspurbahnverkehr gemäss SIA 261 berücksichtigt, wobei das Lastmodell 5 (lokomotivbespannte Züge mit oder ohne Rollschemelvekehr, Lichtraumprofil A und B) der Bemessung zugrunde gelegt wird. Der Rollbockverkehr ist damit ausgeschlossen, dies wird in der Nutzungsvereinbarung festgehalten. Der dynamische Beiwert beträgt  $\Phi = 1.50$  (1.51 in der statischen Berechnung), der Beiwert zur Klassierung der Lastmodelle ist gemäss Vorgabe des Bauherrn mit  $\alpha = 1.13$  angenommen. Beide Werte werden für die Bemessung korrekt ermittelt und berücksichtigt. Die Wirkung der Schlingerkräfte sowie die Lastexzentrizität infolge ungleichmässiger Beladung der Bahnfahrzeuge und Windkräften auf die Bahnfahrzeuge werden vernachlässigt, was aufgrund des gewählten Tragwerkkonzepts gerechtfertigt ist. Die Anfahr- und Bremskräfte werden vernachlässigt. Die Auswirkungen der Anfahr- und Bremskräfte auf die im Erdreich eingebundene Rahmenkonstruktion der Personenunterführung sind klein und die Vernachlässigung aus Sicht des Sachverständigen für den üblichen Nutzungszustand gerechtfertigt. Für einen vorübergehenden Nutzungszustand, bei dem die Hinterfüllung der Personenunterführung einseitig oder beidseitig entfernt wird und der Bahnverkehr auf Hilfsbrücken über die Personenunterführung geführt wird, ist eine seitliche Abstützung der Personenunterführung vorzusehen, um die Auswirkungen infolge der Anfahr- und Bremskräfte auf die Personenunterführung zu beherrschen. Der Sachverständige empfiehlt diesen Nutzungszustand in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten. Die Berücksichtigung der Auswirkungen der Anfahr- und Bremskräfte für die Bemessung der ein- oder beidseitig nicht im Erdreich eingebundenen Personenunterführung wären aus Sicht des Sachverständigen unzweckmässig und unwirtschaftlich.

## Abschränkungen

Die Wände der seitlichen Aufgänge dienen auch als Abschränkung für Fahrzeuge auf der anschliessenden Verkehrsfläche. Die horizontalen Kräfte auf die Abschränkung werden für die andauernde bzw. vorübergehende Bemessungssituation nicht berücksichtigt. Da jedoch die Wirkung des Anpralls auf die Abschränkung als aussergewöhnliche Bemessungssituation berücksichtigt wird, ist die Wirkung von horizontalen Kräften ausreichend berücksichtigt.

## Anprall

Der Anprall von Strassenfahrzeugen auf die Wände der seitlichen Aufgänge wird berücksichtigt, die Anprallkraft beträgt 300 kN (Seitlicher Anprall innerorts). Die Berücksichtigung ist zweckmässig und die Kraft korrekt festgelegt.

Die qualitativen und quantitativen Anforderungen an das Bauwerk für den Fall des aussergewöhnlichen Ereignisses Anprall sind in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten.

## Brand

Die thermischen und mechanischen Einwirkungen infolge von Brand werden nicht berücksichtigt. Aufgrund der gewählten Abmessungen weist das Tragwerk einen hohen Feuerwiderstand auf und eine spezifische Bemessung auf Brand ist nicht erforderlich.

## Erdbeben

Für die aussergewöhnliche Bemessungssituation Erdbeben werden keine Nachweise geführt. Aus Sicht des Sachverständigen ist das Tragwerk hinsichtlich Erdbeben als Stützbauwerk gemäss Norm SIA 267 anzusehen und der Nachweis darf damit entfallen, sofern folgende Bedingungen eingehalten sind:

- Die Bauwerke erfüllen die Nachweise der Tragsicherheit für andauernde und vorübergehende Bemessungssituationen
- $\gamma_f \cdot a_{g,d} \cdot S \leq 1.5 \text{ m/s}^2 = 1.2 \cdot 1.0 \cdot 1.15 = 1.38 \text{ m/s}^2$  (BWK II, Zone Z2, Baugrundklasse C)
- keine Empfindlichkeit des Bodens hinsichtlich Bodenverflüssigung, Bodenverdichtung, und Schwerfestigkeitsverminderung

Die ersten beiden Kriterien sind erfüllt, die Erfüllung des dritten Kriteriums ist anhand der Baugrunduntersuchungen zu prüfen und das Ergebnis festzuhalten. Bei Nichterfüllung ist ein Nachweis für die Bemessungssituation Erdbeben erforderlich.

## **Explosion**

Die aussergewöhnlichen Einwirkungen bei einer Explosion werden nicht berücksichtigt. Eine Explosion wird als akzeptiertes Risiko in der Nutzungsvereinbarung festgehalten.

### **2.1.2.2 Gefährdungsbilder**

Die Gefährdungsbilder für die Nachweise der Tragsicherheit werden vollständig und korrekt erfasst. Bei den Gefährdungsbildern für die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit sind die Erddrücke separat aufzuführen.

Der erste Punkt hat keine Auswirkungen auf die Dimensionierung, der entsprechende Verformungsgrenzwert kann auch unter dem erhöhten Beiwert eingehalten werden, der zweite Punkt ist der Nachvollziehbarkeit halber vorzunehmen, in der statischen Berechnung sind die Lasten korrekt berücksichtigt.

### **2.1.2.3 Tragwerksmodell**

Die Erfassung der Einwirkungen, die Festlegung der Gefährdungsbilder und die Ermittlung der Auswirkungen werden durch den Sachverständigen unabhängig vorgenommen. Als Tragwerksmodelle für die Personenunterführung und die seitlichen Aufgänge werden ebene Stabmodelle verwendet. Die Mitwirkung der Deckenplatte der Unterführung wird mit einer mitwirkenden Breite von 3.0 m berücksichtigt. Die Schnittkraftermittlung basiert auf der linearen Elastizitätstheorie, die Steifigkeiten der Tragwerkselemente werden als ungerissen vorausgesetzt.

Der Projektverfasser wählt für die Personenunterführung ein ebenes Finite-Elemente Plattenmodell mit abgeklappten Seitenwänden. Die seitlichen Aufgänge werden mit einem ebenen Stabmodell erfasst, zusätzlich wird die Wirkung des Anpralls an einem ebenen finite Elemente Plattenmodell ermittelt.

Die Perrons sollen nachträglich mit einem Perrondach überdeckt werden können. Das Perrondach würde auf den Seitenwänden der seitlichen Aufgänge abgestützt. Als Tragwerksmodell für das Perrondach wird eine übliche Rahmenkonstruktion angenommen. Die Abtragung der Vertikallasten ist unkritisch, die Abtragung der Horizontallasten infolge Rahmenwirkung würde sich günstig auf die Beanspruchung der Wände der seitlichen Aufgänge auswirken und wird deshalb vernachlässigt. Ungünstig wirkend sind die Horizontallasten infolge Wind auf das Perrondach inkl. aufliegendem Schnee, diese Einwirkungen werden berücksichtigt.

### **2.1.2.4 Auswirkungen und Nachweise**

Die Auswirkungen werden durch den Sachverständigen am vereinfachten Tragwerksmodell unabhängig ermittelt und die Bemessung in ausgewählten Schnitten für die massgebenden Lastfälle vorgenommen.

Der Vergleich der Auswirkungen zwischen der Berechnung des Projektverfassers und derjenigen des Sachverständigen zeigt eine sehr gute Übereinstimmung, die Abweichungen sind im Bereich der Rechengenauigkeit.

Der Vergleich der unabhängigen Bemessung an ausgewählten, massgebenden Stellen durch den Sachverständigen mit der Bemessung des Projektverfassers zeigt eine gute Übereinstimmung. Mit den vorgesehenen Abmessungen und der ermittelten Bewehrung sind die Anforderungen an die Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit erfüllt.

Der Sachverständige berücksichtigt den veränderlichen Erddruck infolge der Schmalspurbahnverkehrslasten inkl. Klassierungsbeiwert  $\alpha = 1.13$ , die Unterschiede in den Auswirkungen im Vergleich zu denjenigen des Projektverfassers mit  $\alpha = 1.00$  sind nicht relevant für die Bemessung und die Vernachlässigung durch den Projektverfasser gerechtfertigt (vergl. Kap. 2.1.2.1).

Die Anordnung einer Querkraftbewehrung in den Auflagerbereichen der Deckenplatte ist im Sinne einer duktilen Bemessung vorteilhaft und aus Sicht des Sachverständigen notwendig. Der Projektverfasser sieht eine solche Querkraftbewehrung vor, welche für das Gefährdungsbild mit der Leiteinwirkung der Schmalspurbahnlasten bemessen wird. Die Bemessung für das



Gefährdungsbild Ermüdung wird nicht vorgenommen, der Nachweis der Querkraftermüdung ist auch ohne Querkraftbewehrung erfüllt, jedoch sehr knapp. Der Sachverständige empfiehlt im Rahmen der Ausführungsstatik die Bemessung der Querkraftbewehrung auch für den Ermüdungsfall vorzunehmen, wobei die Druckfeldneigung bei Ermüdungsbeanspruchung gemäss SIA 262 mit  $\tan\alpha_{fat} = (\tan\alpha)^{1/2} \leq 1$  anzusetzen ist.

Die Abtragung der Lasten an den Baugrund unterhalb der Personenunterführung wird im Tragwerksmodell des Projektverfassers nicht erfasst, in der statischen Berechnung wird jedoch aufgezeigt, dass die neuen Lasten vergleichbar sind mit den vorherrschenden Lasten vor Erstellung des Bauwerks und die Abtragung an den Baugrund deshalb keine unzulässigen Setzungen erwarten lässt. Für die Foundationen der seitlichen Aufgänge ist der Lastabtrag an den Baugrund nicht erfasst, die Nachweise werden jedoch an den höchstbeanspruchten Querschnitten an den Fusspunkten der Wände geführt. Für die Festlegung der Bewehrungsabstufung in den Fundamenten sind die entsprechenden Nachweise unter Berücksichtigung des Lastabtrags an den Baugrund zu ergänzen. Im Bereich der Wandverstärkungen ist die Verstärkung der Bodenplatte auf dieselbe Stärke wie die aufgehenden Wände zu prüfen (Rahmenecke).

Die Bemessung der Bewehrung der Seitenwände der seitlichen Aufgänge wird durch den Projektverfasser an drei Schnitten vorgenommen. Im Zuge der Ausführungsstatik empfiehlt der Sachverständige die Betrachtung von zusätzlichen Schnitten, um die Bewehrung entsprechend der Beanspruchung verfeinert abzustufen zu können.

Die aussergewöhnliche Bemessungssituation Anprall eines Strassenfahrzeugs auf die Seitenwände der seitlichen Aufgänge wird durch den Projektverfasser berücksichtigt und die entsprechende, stehende Bewehrung vorgesehen. Durch den Sachverständigen vorgenommene Betrachtungen mithilfe eines Bruchmechanismus zeigen, dass die zur Lastausbreitung erforderliche liegende Bewehrung in der Grössenordnung der erforderlichen Mindestbewehrung für erhöhte Anforderungen liegt und damit die vom Projektverfasser vorgesehene, liegende Bewehrung auch für den Fall Anprall ausreichend ist.

Beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit vernachlässigt der Projektverfasser den dynamischen Beiwert  $\Phi$  und berücksichtigt den Klassierungsbeiwert mit  $\alpha = 1.13$ . Die Durchbiegungen sind jedoch inkl. der Beiwerte  $\Phi$  und  $\alpha$  zu berechnen, der Beiwert  $\alpha$  kann jedoch mit 1.0 berücksichtigt werden. Die unabhängige Ermittlung der Durchbiegungen durch den Sachverständigen zeigt, dass die Durchbiegungsgrenzwerte auch mit korrekter Berücksichtigung der Beiwerte eingehalten werden. In der statischen Berechnung des Projektverfassers sind die Durchbiegungen um den Faktor  $1.50/1.13 = 1.33$  zu erhöhen und damit der Nachweis zu erbringen.

#### **2.1.2.5 Konstruktive Durchbildung**

Die Querkraftbewehrung in den Auflagerbereichen der Deckenplatte der Personenunterführung wird durch den Projektverfasser in Streifen unterhalb der Geleise vorgesehen. Der Sachverständige empfiehlt die Querkraftbewehrung in der Ausführungsplanung grossflächiger unter der gesamten Gleiszone zwischen den Perronkanten anzuordnen, damit Abweichungen der tatsächlichen von der planmässigen Gleislage sowie die Auswirkungen aussergewöhnlicher Ereignisse wie Entgleisung abgedeckt sind.

Die Abbiegung der Rahmeneckbewehrung der Personenunterführung mit dem grössten Biegerollendurchmesser  $d1$  ist aufgrund der Ermüdungsbeanspruchung wichtig und durch den Projektverfasser in der Bewehrungsskizze erfasst. Im Rahmen der Ausführungsplanung ist dies auf den Eisenlisten zu vermerken.

Die Abstufung der stehenden Bewehrung in den Wänden der seitlichen Aufgänge ist in der Ausführung verfeinert vorzunehmen.

Eine Verstärkung der Bodenplatte der seitlichen Aufgänge auf dieselbe Stärke wie die aufgehenden Wände wird durch den Sachverständigen empfohlen.

Der freie Rand oben an den Seitenwänden der seitlichen Aufgänge ist mit einem Abdeckbügel mit Schenkellängen vom doppelten Mass der Wandstärke zu versehen, damit die Lastverteilung und -abtragung im Fall des Anpralls eines Strassenfahrzeugs gewährleistet ist.

## **2.2 Aufnahmegebäude**

### **2.2.1 Prüfung von Nutzungsvereinbarung und Projektbasis**

Die Nutzungsvereinbarung und die Projektbasis liegen vor und beinhalten die wesentlichen Angaben auf Basis der Norm SIA 260.

In der Nutzungsvereinbarung sind in Kapitel 4 die qualitativen und quantitativen Anforderungen an das Bauwerk für den Fall der aussergewöhnlichen Ereignisse Erdbeben, Anprall und Verstopfung der Dachentwässerung festzuhalten.

In der Projektbasis sind die Gefährdungsbilder mit den aussergewöhnlichen Einwirkungen Erdbeben und Verstopfung Dachentwässerung zu ergänzen.

Die Erdung wird nach einem separaten Erdungskonzept ausgeführt. Das Erdungskonzept liegt dem Sachverständigen nicht vor und wird nicht geprüft.

Gemäss statischer Berechnung ist die Erweiterung der Zweigelenkbinder mit einem Vordach als Option berücksichtigt, diese Erweiterung ist in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten.

### **2.2.2 Prüfung der Dimensionierung**

#### **2.2.2.1 Einwirkungen**

##### **Eigenlasten und Auflasten**

Die Einwirkungen infolge der Eigenlasten und Auflasten sind korrekt ermittelt und berücksichtigt.

##### **Einwirkungen aus dem Baugrund**

##### **Schnee**

Die Einwirkungen infolge der Schneelasten auf dem Aufnahmegebäude sind korrekt ermittelt und berücksichtigt.

##### **Wind**

Die Einwirkungen infolge der Windlasten auf das Aufnahmegebäude sind korrekt ermittelt und berücksichtigt.

##### **Temperatur**

Es werden keine Temperatureinwirkungen berücksichtigt. Die Wahl des Systems ist unempfindlich gegen Einwirkungen infolge Temperaturänderungen, die Vernachlässigung ist gerechtfertigt.

##### **Gebäudenutzung**

Es werden keine Einwirkungen infolge Gebäudenutzung berücksichtigt. Für die Dachfläche ist die Nutzlast im Vergleich mit der zu berücksichtigenden Schneelast abgedeckt, eine Kombination aus Nutz- und Schneelast ist nicht notwendig. Die Lasten infolge Gebäudenutzung im Erdgeschoss werden direkt über die Bodenplatte abgetragen und sind nicht bemessungsrelevant.

##### **Nicht motorisierter Verkehr**

Einwirkungen infolge nicht motorisiertem Verkehr sind nicht zu berücksichtigen.

## **Strassenverkehr**

Einwirkungen infolge Strassenverkehr sind nicht zu berücksichtigen.

## **Schmalspurbahnverkehr**

Einwirkungen infolge Schmalspurbahnverkehr sind nicht zu berücksichtigen.

## **Abschränkungen**

Einwirkungen auf Abschränkungen sind nicht zu berücksichtigen.

## **Anprall**

Der Anprall von Strassenfahrzeugen auf die Tragkonstruktion des Aufnahmegebäudes wird berücksichtigt, die Anprallkraft beträgt 60 kN und deckt den frontalen und seitlichen Anprall von Fahrzeugen unter 3.5 t ab. Aus Sicht des Sachverständigen ist die Wahl der Anprallkraft für Fahrzeuge unter 3.5 t zweckmässig, die qualitativen und quantitativen Anforderungen an das Bauwerk für den Fall des aussergewöhnlichen Ereignisses Anprall sind in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten.

## **Brand**

Die thermischen und mechanischen Einwirkungen infolge von Brand werden nicht berücksichtigt.

## **Erdbeben**

Die aussergewöhnlichen Einwirkungen infolge eines Erdbebens sind korrekt ermittelt und berücksichtigt. Die qualitativen und quantitativen Anforderungen an das Bauwerk für den Fall des aussergewöhnlichen Ereignisses Erdbeben sind in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten.

## **Explosion**

Die aussergewöhnlichen Einwirkungen bei einer Explosion werden nicht berücksichtigt. Eine Explosion wird als akzeptiertes Risiko in der Nutzungsvereinbarung festgehalten.

## **Verstopfung Dachentwässerung**

Die aussergewöhnlichen Einwirkungen infolge Verstopfen der Dachentwässerung werden als Wassereinstau auf der Dachfläche zwischen den Aufbordungen korrekt ermittelt und berücksichtigt. Die qualitativen und quantitativen Anforderungen an das Bauwerk für den Fall des aussergewöhnlichen Ereignisses sind in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten.

### **2.2.2.2 Gefährdungsbilder**

Die Gefährdungsbilder für die Nachweise der Tragsicherheit für die andauernden und vorübergehenden Bemessungssituationen sind vollständig und korrekt erfasst. Das Gefährdungsbild für die aussergewöhnliche Bemessungssituation Anprall ist in der Projektbasis aufgeführt, für die aussergewöhnlichen Bemessungssituation Erdbeben und Verstopfung Dachentwässerung sind die Angaben in der Projektbasis zu ergänzen. In der statischen Berechnung sind alle Gefährdungsbilder korrekt erfasst und berücksichtigt.

Bei den Gefährdungsbildern für die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit werden nur häufige Lastfälle berücksichtigt und die Verformungsgrenzen nach dem Kriterium der Funktionstüchtigkeit beurteilt, dies ist im vorliegenden Fall zweckmässig und ausreichend.

### **2.2.2.3 Tragwerksmodell**

Die Erfassung der Einwirkungen, die Festlegung der Gefährdungsbilder und die Ermittlung der Auswirkungen werden durch den Sachverständigen unabhängig vorgenommen. Als Tragwerksmodell für das Aufnahmegebäude wird ein ebenes Stabmodell verwendet und das Tragwerk als Zweigelenkrahmen mit biegesteifen Rahmenecken berücksichtigt.

Der Projektverfasser wählt für das Aufnahmegebäude ebenfalls ein ebenes Stabmodell. Die reduzierte Steifigkeit der Rahmenecken werden für die Ermittlung der Verformungen mit einer Reduktion der Stützensteifigkeit berücksichtigt, für die Auswirkungen und Nachweise der

Tragsicherheit wird ein Wirkungsgrad der Rahmenecken von 80% bei der Bemessung berücksichtigt.

Die Option der Erweiterung der Zweigelenkbinder mit einem einseitigen Vordach ist bei der Ermittlung der Auswirkungen und in der Bemessung berücksichtigt.

#### **2.2.2.4 Auswirkungen und Nachweise**

Die Auswirkungen werden durch den Sachverständigen unabhängig ermittelt und die Bemessung in ausgewählten Schnitten für die massgebenden Lastfälle vorgenommen.

Der Vergleich der Auswirkungen zwischen der Berechnung des Projektverfassers und derjenigen des Sachverständigen zeigt eine sehr gute Übereinstimmung, die Abweichungen sind im Bereich der Rechengenauigkeit.

Der Vergleich der unabhängigen Bemessung an ausgewählten, massgebenden Stellen durch den Sachverständigen mit der Bemessung des Projektverfassers zeigt eine gute Übereinstimmung. Mit den vorgesehenen Abmessungen sind die Anforderungen an die Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit erfüllt.

Der Projektverfasser vergleicht die Auswirkungen für die aussergewöhnlichen Bemessungssituationen Erdbeben, Verstopfen der Dachentwässerung und Anprall mit den Auswirkungen der andauernden und vorübergehenden Bemessungssituationen und stellt fest, dass diese kleiner sind und für die Bemessung nicht massgebend werden. Dies trifft für die Querkraftbeanspruchung am Stiefuss für die aussergewöhnliche Bemessungssituation Anprall nicht zu, die Berechnung des Sachverständigen zeigt jedoch, dass der Schubnachweis in diesem Querschnitt auch für die erhöhte Einwirkung infolge Anprall problemlos erbracht werden kann. Der entsprechende Nachweis ist durch den Projektverfasser noch zu ergänzen.

#### **2.2.2.5 Konstruktive Durchbildung**

Zum Aufnahmegebäude liegen dem Sachverständigen keine Pläne vor. In der statischen Berechnung sind die wesentlichen Elemente und Details ersichtlich, diese sind zweckmässig gewählt und dimensioniert. Die weitere konstruktive Durchbildung, z.B. der biegesteifen Rahmenecken der Tragkonstruktion, sind im Rahmen der Ausführung festzulegen.

### **3 Zusammenfassung**

Im Rahmen des Projekts BOB Haltestelle Matten b.I. mit Park + Ride ist unter anderem eine neue Personenunterführung mit seitlichen Aufgängen und ein neues Aufnahmegebäude vorgesehen. Der Sachverständige hat das Projekt für diese Bauwerke unabhängig untersucht und geprüft. Die in der Nutzungsvereinbarung beschriebenen Nutzungs- und Schutzziele der Bauherrschaft sowie die grundsätzlichen Anforderungen und Vorschriften für die Projektierung, Ausführung, Nutzung und Erhaltung der Bauwerke sind bei der Planung und Dimensionierung berücksichtigt. Die bauwerksspezifische Umsetzung der Nutzungsvereinbarung wird in der Projektbasis beschrieben und in der statischen Berechnung berücksichtigt und umgesetzt. Die Resultate der Dimensionierung sind in der statischen Berechnung festgehalten und im Plan der Personenunterführung umgesetzt.

Der Sachverständige empfiehlt, das Projekt zur Ausführung freizugeben. Zu berücksichtigen sind die Punkte gemäss Tabelle 4 für die Personenunterführung mit seitlichen Aufgängen und gemäss Tabelle 5 für das Aufnahmegebäude.

**Tabelle 4 Personenunterführung mit seitlichen Aufgängen - zu berücksichtigende Punkte**

<i>Nutzungsvereinbarung</i>		
- Qualitative und quantitative Anforderungen an das Bauwerk für den Fall der aussergewöhnlichen Ereignisse Entgleisung und Anprall eines Strassenfahrzeugs erfassen.	Kap. 4	
- Vorübergehender Nutzungszustand erfassen mit Erwähnung der erforderlichen seitlichen Abstützung, wenn die seitliche Hinterfüllung entfernt und der Schmalspurbahnverkehr auf Hilfsbrücken über die Personenunterführung geführt wird.	Kap. 1	
- Möglichkeit der nachträglichen Überdachung der Perrons mit einem Perrondach, welches auf die Seitenwände der seitlichen Aufgänge abgestellt ist, festhalten.	Kap 1	
<i>Projektbasis</i>		
- Erddrücke bei den Gefährdungsbildern für die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit separat aufführen.	Kap. 6.1, 6.2	
<i>Statische Berechnung</i>		
- Lastabtrag an den Baugrund bei den seitlichen Aufgängen aufzeigen, Beanspruchung der Bodenplatte ermitteln und Bemessung vornehmen.	Statik	
- Durchbiegungen inkl. Beiwerte $\Phi = 1.50$ und $\alpha = 1.0$ ermitteln und damit die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit führen.	Statik	
<i>Objektplan</i>		
- Stärke der Bodenplatte der seitlichen Aufgänge im Bereich der Wandverstärkungen erhöhen auf dieselbe Stärke wie die aufgehenden Wände.	Plan	
<i>Ausführung</i>		
- Baugrundmodell und Bodenkennwerte verifizieren.	Ausführung	
- Empfindlichkeit des Bodens hinsichtlich Bodenverflüssigung, Bodenverdichtung und Schwerfestigkeitsverminderung klären und falls kritisch, Erdbebennachweis für die Personenunterführung und seitlichen Aufgänge führen.	Ausführung	
- Querkraftbewehrung auch für den Ermüdungsfall mit $\tan\alpha_{fat} = (\tan\alpha)^{1/2} \leq 1$ bemessen, auch wenn die Tragsicherheit hinsichtlich Ermüdung rechnerisch ohne Querkraftbewehrung erfüllt ist.	Statik, Plan	
- Querkraftbewehrung in der Deckenplatte der Personenunterführung unterhalb des gesamten Gleisbereichs zwischen den Perronkanten anordnen.	Plan	
- Bemessung der stehenden Bewehrung der Wände der seitlichen Aufgänge in zusätzlichen Schnitten, um die Bewehrung verfeinert abstufen zu können.	Statik, Plan	
- Abbiegung mit Biegerolldurchmesser $d_1$ für Rahmeneckbewehrung auf der Eisenliste vermerken.	Plan, Eisenliste	
- Verbügelung des freien Rands oben an den Seitenwänden der seitlichen Aufgänge mit einem Abdeckbügel mit Schenkellängen vom doppelten Mass der Wandstärke vorsehen.	Plan, Eisenliste	

**Tabelle 5 Aufnahmegebäude - zu berücksichtigende Punkte**

<b>Nutzungsvereinbarung</b>		
- Qualitative und quantitative Anforderungen an das Bauwerk für den Fall der aussergewöhnlichen Ereignisse Erdbeben, Anprall und Verstopfung der Dachentwässerung erfassen.		Kap. 4
- Möglichkeit der Erweiterung der Zweigelenkbinder mit einseitigem Vordach festhalten.		Kap 1
<b>Projektbasis</b>		
- Gefährdungsbilder mit den aussergewöhnlichen Einwirkungen Erdbeben und Verstopfung Dachentwässerung ergänzen.		Kap. 5.1
<b>Statische Berechnung</b>		
- Schubnachweis am Fusspunkt des Rahmenstiels mit der Auswirkung der aussergewöhnlichen Bemessungssituation Anprall ergänzen.		Statik
<b>Ausführung</b>		
- Konstruktiven Details wie z.B. biegesteife Rahmenecken festlegen und bemessen.		Statik, Plan

*Sachverständiger*

Bänziger Partner AG  
Ingenieure Planer SIA USIC  
Uttigenstrasse 31  
3600 Thun

Thun, 25.05.2020

Jonas Wyss

