



# **Untersuchung Schienenüberfahrten für Rollstühle und Rollatoren bei Gleisen mit Zahnstange / Auftrag des Bundesamtes für Verkehr an die Wengernalpbahn AG vom 08. Mai 2014**

**Abschlussbericht per 30.09.2015**

## **Zusammenfassung**

Mit dem neu entwickelten Übergang ist es möglich, Perronwechsel bei Gleisen mit Zahnstange problemlos sowohl mit Rollstuhl als auch mit Rollator zu bewältigen. Die verschiebbaren Elemente verkleinern und optimieren die Spaltenbreiten auf ein Mass, wie wir es beim Ein- und Aussteigen bei den Fahrzeugen kennen.

„Die Untersuchung Schienenüberfahrten für Rollstühle und Rollatoren bei Gleisen mit Zahnstange“ war erfolgreich und erfüllte die Erwartungen des BAV und insbesondere diejenigen der Probanden. Verbesserungspunkte wurden aufgedeckt, teil-weise bereits korrigiert und bilden zusammen mit den gewonnenen Erfahrungen die Grundlage für eine erfolgreiche Umsetzung in der ganzen Schweiz.

## **Inhaltsverzeichnis**

1. Ziel und Zweck des Auftrages .....	2
2. Auftrag BAV an die Wengernalpbahn (WAB) / Zeitplan .....	2
3. Beschrieb der realisierten Lösung .....	4
4. Vorteile/Nachteile des Produktes.....	6
5. Versuchsdurchführung .....	8
6. Bewilligungsverfahren .....	20
7. Kosten .....	20
8. Vorschläge für BAV-Empfehlungen .....	21
9. Beilagen zum Bericht.....	22

## **1. Ziel und Zweck des Auftrages**

Mittels Untersuchungen und anhand eines Berichtes sollen dem BAV Vorschläge für bundesseitige Empfehlungen oder allenfalls für technische Vorschriften gemacht werden, wie ein autonomer und sicherer Perronzugang für Personen mit Rollator oder mit Rollstuhl über Gleise mit Zahnstangen gewährleistet werden kann.

## **2. Auftrag BAV an die Wengernalpbahn (WAB) / Zeitplan**

Der Auftrag wurde im Einladungsverfahren gemäss Art. 35 Abs. 3 der Verordnung über das öffentliche Beschaffungswesen vergeben.

Mit Vertrag vom 08.05.2014 wurde die WAB beauftragt, bei einem WAB-Bahnhof einen niveauebenen Personenübergang auf Niveau der Zahnstangenoberkante an einer geeigneten, zentralen Stelle im Sinne einer Versuchsanordnung zu entwickeln, einzubauen und zu erproben. Abschliessend ist ein Bericht mit Vorschlägen für BAV-Empfehlungen oder technischen Vorschriften zu verfassen.

Für diesen Versuch wurde von der WAB die Station Kleine Scheidegg gewählt.

Gemäss Vertrag wurde der Abschlussbericht per 31.07.2015 eingefordert.

Am 17.07.2015 stellte die WAB bei Herrn Oprecht den Antrag, die Eingabefrist um 2 Monate zu verlängern. Herr Oprecht genehmigte noch am 17.07.2015 den Antrag und verlängerte den Eingabetermin neu auf den 30.09.2015.

## **Folgende Kriterien und Forderungen wurden vom BAV vorgegeben:**

- Maximale Anrampung zum Perron 6%
- Wo möglich Verzicht auf Stufen. Wenn nötig, dann max. 50 mm hoch
- Gewichtsaufnahme des Übergangs mind. 300 kg, idealerweise grösser und mit Stapler befahrbar
- Einbau von geeigneten Verdrängungselementen unter Berücksichtigung des bestehenden Lichtraum- und Schienenprofils zur Einhaltung einer maximalen Spaltenbreite von 70 mm bei den Schienen
- Spaltenbreite bei der Zahnstange idealerweise 70 mm, jedoch maximal 100mm
- Massnahmen zur Einhaltung der maximalen Spaltenbreite
- Wenn nötig Beheizung des entsprechenden Schienenstücks für den Winterbetrieb, idealerweise soll keine Beheizung eingebaut werden
- Untersuchung der möglichen Auswirkungen auf den Betrieb, idealerweise während 12 Monaten
- Untersuchung zur Periodizität betreffend Auswechseln der Verdrängungselemente wenn diese die Vorgabe von 70 mm Spaltbreite nicht mehr erfüllen. Zielvorgabe: Neun Monate ohne Austausch.
- Schätzung der entstehenden Kosten pro Schienenüberfahrt, wenn diese schweizweit umgesetzt wird.
- Organisation von zwei Funktionalitätsprüfungen (Sommer/Winter) mit Probanden und zusammen mit der Fachstelle BÖV (Schweiz. Fachstelle Barrierefreier öffentlicher Verkehr) sowie dem BAV
- Erstellen eines Zwischenberichtes nach der Funktionalitätsprüfung im Sommer
- Erstellen eines umfassenden Abschlussberichtes

Die administrative Projektverantwortung von Seiten BAV liegt bei der Sektion Schienennetz, Fachstelle Mobilitätsfragen. Verantwortlich ist Herr Hanspeter Oprecht.

Die Verantwortung für die Untersuchung „Schienenüberfahrten für Rollstühle und Rollatoren bei Gleisen mit Zahnstange“ lag bei der WAB. Verantwortlich war Herr Heinz Schindler, Stv. Leiter Infrastrukturen. Projektpartnerin der WAB war ACD Engineering AG, Steffisburg, Herr Franz Rüegg.

Für sämtliche Kosten dieses Mandates wurde eine Pauschale von CHF 220'000 exkl. MWST vereinbart. 50% der Pauschale wurden nach Ablieferung eines Zwischenberichtes vergütet.

### **Zeitplan:**

- 08.09.2014 Sommer-Funktionalitätsprüfung mit Auftraggeber und Probanden
- 30.10.2014 Ablieferung Zwischenbericht
- 28.01.2015 Funktionalitätsprüfung mit Auftraggeber und Probanden
- 30.09.2015 Projektende, Ablieferung des umfassenden Abschlussberichtes gemäss Vertrag mit Genehmigung einer Termiausweitung um zwei Monate

### 3. Beschrieb der realisierten Lösung

Die von ACD Engineering AG entwickelte und zum Patent angemeldete Vorrichtung ermöglicht das problemlose Queren eines Bahngleises mit Zahnstange für Fussgänger, Personen im Rollstuhl oder mit Rollator und für Fahrzeuge aller Art.

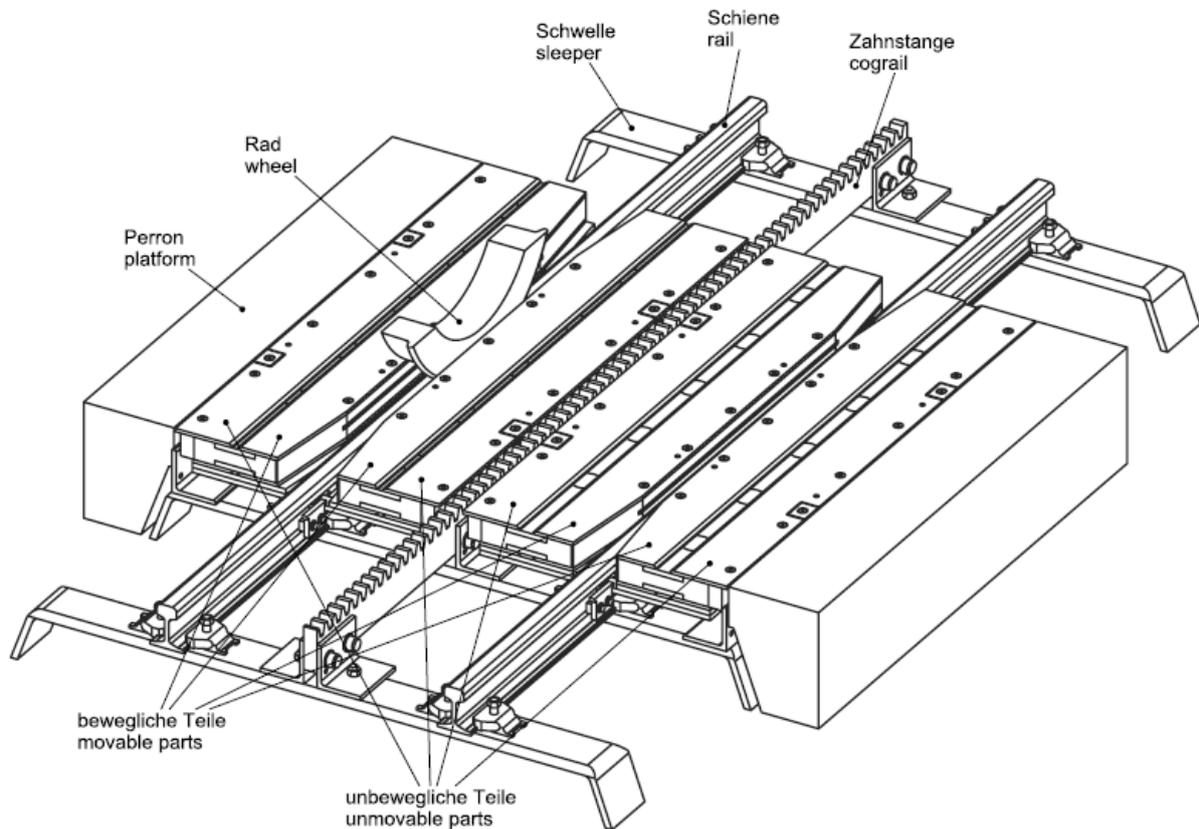


Abbildung 1: Systemzeichnung isometrisch

Die Verkehrsfläche liegt durchgehend auf gleichem Niveau, in diesem Fall auf gleicher Höhe wie die Zahnstangenoberkante. Damit die Spaltöffnungen in der Verkehrsfläche nicht grösser als 70mm sind, werden horizontal bewegliche Teile mit Federkraft seitlich an die Schienen gedrückt. Wenn ein Schienenfahrzeug den Bahnübergang durchfährt, drücken dessen Räder diese mit Ein- und Auslaufbereichen versehenen, beweglichen Teile horizontal zur Seite. Sobald die Räder des Schienenfahrzeuges den Bahnübergang verlassen haben, nehmen die beweglichen Teile selbständig wieder ihre Ausgangsstellung ein.

Die nicht beweglichen Teile des Übergangs sind fest mit den Schienen und/oder den Schwellen und/oder dem Perron verbunden.

Der modulare Aufbau ermöglicht die Anpassung von Länge und Breite der Gleisquerung an die jeweilige Einbausituation.

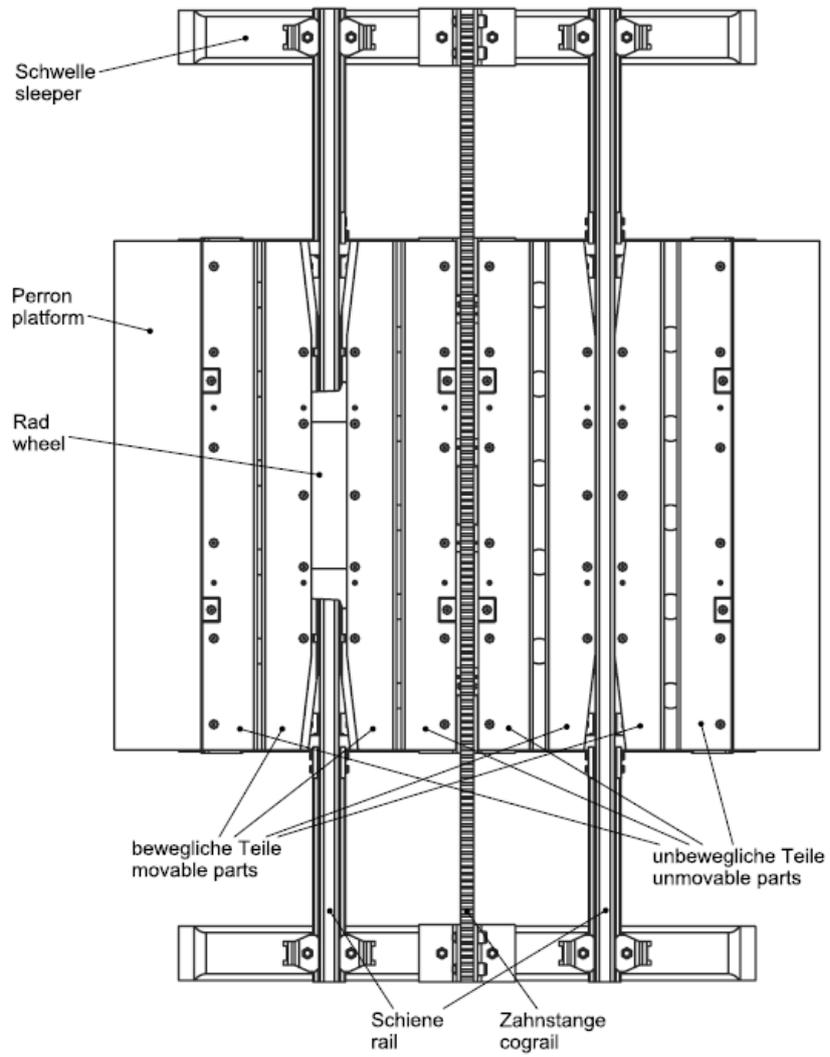


Abbildung 2: Systemzeichnung Grundriss



Abbildung 3: Übergang aus Sicht der querenden Personen



Abbildung 4: Übergang aus Sicht der Lokführerin / des Lokführers

#### **4. Vorteile/Nachteile des Produktes**

##### **Vorteile:**

- Die Betätigung erfolgt zwangsgesteuert durch die Räder der Schienenfahrzeuge
- Es sind keine Aktoren und Sensoren nötig
- Es sind keine elektrischen Zuleitungen erforderlich (evtl. für Heizung wenn nötig)
- Es ist keine Einbindung in die Bahnsteuerung erforderlich
- Es ist davon auszugehen, dass keine Heizung erforderlich ist. Im Bedarfsfall ist ein Nachrüsten möglich
- Die Anpassungsarbeiten an der bestehenden Infrastruktur sind gering
- Durch den modularen Aufbau ist die Montage sehr einfach und für verschiedene Einbausituationen geeignet



Abbildung 5: Modularer Aufbau

- Die Tragfähigkeit/Belastbarkeit erlaubt Überfahrten von schweren Fahrzeugen mit einer Achslast bis 14 Tonnen



Abbildung 6: Belastungstest

- Die Oberfläche hat einen hohen Rutschwiderstand



Abbildung 7: Antirutschbelag

- Die Wartung ist minimal (reinigen und visuelle Funktionskontrolle)
- Die Betriebs- und Folgekosten sind sehr tief

**Nachteile:**

- Bei Hochperrons lässt sich dieser niveaubene Übergang nur in den Randbereichen (Perron abgesenkt) realisieren.

## 5. Versuchsdurchführung

### 5.1 Termine

Im Winter 2013/2014 wurde das Funktions- und Konstruktionsprinzip mittels eines Vorversuchs im Schienennetz beim Depot Grindelwald Grund erprobt.

Im Mai 2014 erteilte das BAV der WAB den Auftrag zur Realisierung und Erprobung eines BehiG-Überganges. Im Verlaufe des Sommers 2014 erfolgte dessen Konstruktion und Herstellung. Ende August 2014 wurde der Versuchs-Übergang im Gleis 11 auf der Kleinen Scheidegg eingebaut. Der weitere terminliche Versuchsverlauf ist in der nachfolgenden Tabelle ersichtlich:

**BehiG-Übergang**

## Historie

*ACD Engineering AG*

Datum	Tätigkeit, Sachverhalt	Bemerkung
19.-21.08.2014	Vorbereitung und Werksmontage in Depot Grund	Montage mit geschmierten und nicht geschmierten Federkernen gemäss Skizze „Versuchsaufbau, 18.08.2014“ in Griff 6
26.-27.08.2014	Montage, Gleiseinbau Kleine Scheidegg	Schwellenteilung stimmte nicht und musste angepasst werden; Anordnung der Elemente gemäss Skizze „Versuchsaufbau, 18.08.2014“ in Griff 6
08.09.2014	Sommerfunktionsprüfung durch BAV und Probanden	BAV/Oprecht und die Probanden waren begeistert
11.-12.09.2014	Deckplatten ausbauen, anfasen und wieder einbauen	Die Fasen sollen den Fettübertrag vom Zahnrad auf die Deckplatten mindern, bei Element-Nr. 8 Schiffblech eingebaut (hat gefehlt)
17.10.2014	Sichtkontrolle => okay	Anlässlich BPK-Ausflug aufs Jungfrauojoch
31.10.2014	1. Inspektion durchgeführt	Siehe Inspektionsbericht (8702w001 Kontrolle 20141031.pdf)
18.11.2014	Mitteilung, dass bei -9°C und Neuschnee die beweglichen Teile nicht mehr schliessen	Siehe Bilder von H. Schindler und T. Rossi
19.11.2014	Mitteilung, dass Gefahr von Entgleisung	Gemäss Info von Andreas Beck infolge Aufsteigen in der Zahnstange
18.-19.11.2014	Überlegungen zur Problemlösung	Skizzen an und Telefone mit Andreas Beck und Toni Rossi, Evaluation Begleitheizung unter Schienen und Zahnstange
25.11.2014	Begehung mit T. Rossi, A. Beck und B. Wyss	Entscheid: Heizstäbe des Holzüberganges ausbauen und durch 6m-lange ersetzen. Stimseitig gegen Durchzug und Auffüllung mit Schnee isolieren.
10.12.2014	Einbau von 6 längeren Heizstäbe (l=6m)	Die Heizstäbe enden ca. 50cm vor Übergangsende auf Seite Lauterbrunnen => ca. 50cm werden nicht beheizt
15.01.2015	2. Inspektion durchgeführt	Siehe Inspektionsbericht (8702w001 Kontrolle 20150115.pdf) und Fotos
28.01.15	Winterfunktionsprüfung durch BAV und Probanden	Die Probanden und das BAV attestieren gute Funktion, Spaltbreiten analog 15.01.2015
22.04.15	3. Inspektion durchgeführt	Siehe Inspektionsbericht (8702w001 Kontrolle 20150422.pdf) und Fotos
13.07.15	4. Inspektion durchgeführt	Siehe Inspektionsbericht (8702w001 Kontrolle 20150713.pdf) und Fotos
13.07.15	Versuchsende! Totalausbau zwecks Zustandsanalyse	
15.08.-25.09.15	Schlussbericht erstellt	Vorschläge für Empfehlungen an BAV

## 5.2 Vorversuch

Vor der Auftragserteilung führte die WAB mit der Projektpartnerin ACD in Grindelwald-Grund im eigenen Interesse, auch zum Testen von Materialien, einen Vorversuch durch. Dabei konnten folgende Erkenntnisse gewonnen und im BAV-Versuch berücksichtigt werden:

- Rostbildung: >> alle beweglichen Teile aus rostfreiem Stahl
- Ermüdung Federkern: >> Alterssetzen vorgängig künstlich generiert
- Verschiebung Federkern: >> Anschläge eingebaut



Abbildung 8: Vorversuchsübergang mit Rost



Abbildung 9: Verschiebung Verdrängungskörper

## 5.3 Anwenderfunktionalitätsprüfungen mit Probanden

Laut Vertrag waren sowohl eine Sommer- als auch eine Winterfunktionsprüfung mit Probanden durchzuführen.

Am 08.09.2014 erfolgte die **Sommer-Funktionsprüfung** auf der Kleinen Scheidegg. Daran nahmen folgende Personen teil:

BAV	Hanspeter Oprecht (Auftraggeber)
BöV	Werner Hofstetter (Proband Elektrorollstuhl), Franz Horlacher
Probanden	Thomas Arnold, Handrollstuhl René Kälin, Elektrorollstuhl
ACD	Franz Rüeegg, Peter Büschlen
WAB	Peter Roth, Anton Rossi, Heinz Schindler

Entschuldigt Joe Manser, Handrollstuhl mit Swisstrac

### Prüfungskriterien:

- Visuelle Prüfung
- Messprüfung der Vorgaben
- Funktionalität der Verdrängungselemente
- Befahrbarkeit durch die Probanden

### Prüfungsergebnisse:

#### Visuelle Prüfung:

Das Erscheinungsbild des Übergangs fügt sich gut in die Bahnhofumgebung ein. Durch die farblichen Akzente der Materialien und die Piktogramme wird er als Übergang für Mobilitätseingeschränkte verstanden und positiv wahrgenommen. Die griffige Oberfläche bietet, auch bei

Nässe Sicherheit beim Queren. Der Versuch wurde optimal angeordnet. Somit wird der Übergang sowohl durch die Personenfrequenzierung (mit und ohne Mobilitätseinschränkung) als auch mit Rollmaterial und schweren Staplerfahrzeugen einem wirklichen Test unterzogen.



Abbildung 10: Einbettung im Bahnhofumfeld



Abbildung 11: Querschnitt eines Elements

*Messprüfung der Vorgaben:*

Spaltenbreite Schiene	je 64 mm	→ <70 mm = erfüllt
Spaltenbreite Zahnstange	75 mm	→ >70<100 mm = erfüllt
Niveau OK-Zahnstange	bündig	→ erfüllt

*Funktionalität der Verdrängungselemente:*

Mit einem Personenzug mit Rollwagen wurde die Funktionalität der Verdrängungselemente demonstriert. Die Anwesenden konnten sich davon überzeugen, dass sich die Spaltenbreite im Schienenbereich durch die Verdrängung des Rades mit Spurkranz jeweils öffnet und danach wieder schliesst. Durch die Federwirkung des Verdrängungskörpers ging die Spaltbreite wieder in den Ursprungszustand zurück.

*Befahrbarkeit durch die Probanden:*

Mit den Rollstühlen wurde sowohl rechtwinkliges als auch diagonales Queren getestet. Selbst mit den kleinsten Rädern war das Überfahren problemlos möglich. Die Probanden lobten die bequeme und sichere Querung des Zahnstangengeleises mit der realisierten Lösung.



Abbildung 12: Überfahrt Zahnstange



Abbildung 13: Kleines Rad bei Zahnstange



Abbildung 14: Überfahrt diagonal

#### Fazit der Sommer-Funktionalitätsprüfung:

- Grundsätzlich erfüllt der Übergang die Vorgaben
- Die Testresultate, die gewonnenen Eindrücke und die sehr positiven Rückmeldungen der Probanden sind für die Zukunft vielversprechend
- Je eine gelbe Linie quer zum Gleis ab gelbem Piktogramm kann den Übergangsbereich noch sichtbarer machen und verhindern, dass in den Randbereichen mit ausgeweiteter Breite des Schienenspaltes Räder sich verkeilen (wurde unmittelbar danach umgesetzt).
- Durch die radikale Minimierung des Spaltabstandes im Zahnstangenbereich erfolgt durch die Zahnräder eine Fettablagerung am angrenzenden Stahlteil. Diese Fettablagerung kann durch die Gäste verschleppt werden und im nahen Perronbereich zu Verunreinigungen führen. Durch das nachträgliche Anbringen einer Fase links und rechts der Zahnstange sollte dieses Fettablagerungsproblem gelöst werden können (wurde unmittelbar danach umgesetzt).

Am 28.01.2015 erfolgte die **Winter-Funktionalitätsprüfung** auf der Kleinen Scheidegg. Daran nahmen folgende Personen teil:

BAV	Hanspeter Oprecht (Auftraggeber)
BöV	Franz Horlacher
Probanden	Thomas Arnold, Handrollstuhl
ACD	Franz Rüegg
WAB	Peter Roth, Anton Rossi, Roland Kessler, Heinz Schindler

Entschuldigt	Werner Hofstetter (Proband Elektrorollstuhl)
	Joe Manser, Handrollstuhl mit Swisstrac
	René Kälin, Elektrorollstuhl

#### Prüfungskriterien:

- Visuelle Prüfung
- Messprüfung der Vorgaben
- Funktionalität der Verdrängungselemente
- Befahrbarkeit durch die Probanden

## Prüfungsergebnisse:

### Visuelle Prüfung:

Das Erscheinungsbild des Übergangs hat sich verändert. Durch die Schneeketten der Staplerfahrzeuge wurde der Antirutschbelag stark abgetragen.

### Messprüfung der Vorgaben:

Spaltenbreite Schiene	Seite Bahnhof	72/82/72 mm	→ >70 mm = nicht erfüllt
	Seite Lauberhorn	76/88/77 mm	→ >70 mm = nicht erfüllt
Spaltenbreite Zahnstange		75 mm	→ >70<100 mm = erfüllt
Niveau OK-Zahnstange		bündig	→ erfüllt

### Funktionalität der Verdrängungselemente:

Im Vergleich zur Sommerfunktionalitätsprüfung ist feststellbar, dass die Verdrängungselemente weniger in den Ursprungszustand (am Schienenkopf anliegend) zurückgehen. Daher wird die Spaltenbreite zusehends grösser und liegt bereits über dem Grenzwert von 70 mm bei der Schiene.

### Befahrbarkeit durch die Probanden:

Mit dem Rollstuhl wurde sowohl rechtwinkliges als auch diagonales Queren getestet. Selbst mit den kleinen Rädern war das Überfahren problemlos möglich. Der Proband attestierte ein sicheres Queren des Zahnstangengleises, trotz zunehmender Spaltenbreite bei der Schiene. Die Spaltenbreite bei der Zahnstange ist fix und somit unverändert für die Sommer-Funktionalitätsprüfung.



Abbildung 15: Test auf "Festfahren" resp. auf "Steckenbleiben"



Abbildung 16: Test auf "Festfahren" resp. auf "Steckenbleiben"

## Fazit der Winter-Funktionalitätsprüfung:

- Grundsätzlich erfüllt der Übergang die Vorgaben (Ausnahme: Spaltmass bei der Schiene).
- Die Testresultate, die gewonnenen Eindrücke und die positiven Rückmeldungen des Probanden sind für die Zukunft vielversprechend.
- Trotzdem wird auch ersichtlich, dass der Übergang gewisse Abnützungserscheinungen zeigt (z.B. Verschleiss Antirutschbelag) und dass die Verdrängungselemente bei serieller Produktion mit einem anderen Gummi ausgestattet werden müssen.
- Bereits vor der Funktionalitätsprüfung mussten Heizungen eingebaut werden, um bei Schneefall und Wind eine Entgleisung zu vermeiden (Aufsteigen durch Eis in der Zahnstange).
- Die nachträglich (nach der Sommer-Funktionalitätsprüfung) angebrachte Fase zur Minderung der Fettablagerung bei der Zahnstange brachte den erhofften Erfolg/Effekt.

#### 5.4 Technische Inspektionen

Während der Testphase wurden gesamthaft vier Zwischen-Inspektionen in Abständen von 2 - 3 Monaten durchgeführt (31.10.2014, 15.01.2015, 22.04.2015 und 13.07.2015). Gemäss einer eigens dafür erstellten Checkliste wurden alle Inspektionen auf der gleichen Basis durchgeführt. Die Inspektions-Protokolle sind in den Beilagen ersichtlich.

Wie das nachfolgende Bild zeigt, war der Antirutschbelag nach zweimonatigem Einsatz beinahe noch in Originalzustand.



Abbildung 17: BehiG-Übergang anlässlich der 1. Inspektion vom 31.10.2014

Anlässlich der 1. Inspektion vom 31.10.2014 wurden beidseitig gelbe „Leitlinien“ angebracht (siehe nachfolgende Bilder)



Abbildung 18: Leitlinie auf Seite Lauterbrunnen

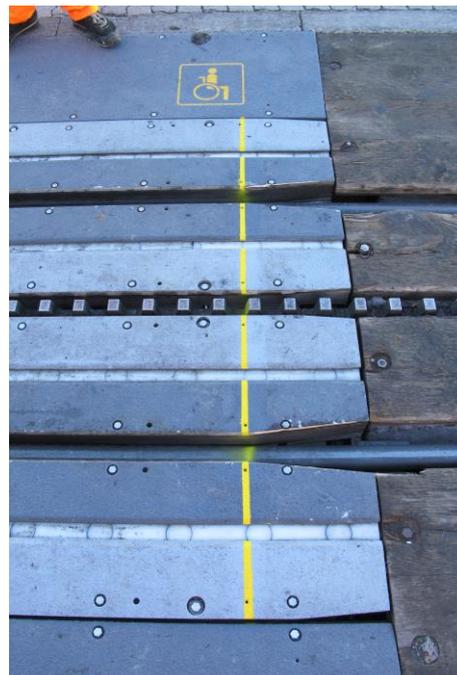


Abbildung 19: Leitlinie auf Seite Grindelwald

Die nachfolgenden Bilder zeigen den Zustand des BehiG-Überganges anlässlich der 2. Inspektion vom 15.01.2015. Das erste Bild zeigt den ungereinigten Übergang vor der Inspektion und das zweite Bild zeigt den, durch Fahrzeuge mit Schneeketten, bereits stark abgetragenen Antirutschbelag.



*Abbildung 20: Zustand vor Inspektion ungereinigt mit Schnee und Eis in den Dilatationsnuten*



*Abbildung 21: Zustand Antirutschbelag (Abtragung durch Schneeketten)*

Die nachfolgenden Bilder zeigen den Zustand des BehiG-Überganges anlässlich der 3. Inspektion vom 22.04.2015. Das erste Bild zeigt den ungereinigten Übergang vor der Inspektion und das zweite Bild zeigt den, durch Fahrzeuge mit Schneeketten, fast vollständig abgetragenen Antirutschbelag.



*Abbildung 22: Zustand vor Inspektion ungereinigt mit Split und Sand in den Dilatationsnuten*



*Abbildung 23: Unterschiedlicher Abtrag des Antirutschbelages*

Die nachfolgenden Bilder zeigen den Zustand des BehiG-Überganges anlässlich der 4. Inspektion vom 13.07.2015. Das erste Bild zeigt den, gegenüber der 3. Inspektion, kaum veränderten Zustand des gesamten Überganges wie auch des Antirutschbelages. Das zweite Bild zeigt die augenfällig grössere Breite der Schienenspaltan in der Mitte des Überganges.



*Abbildung 24: Zustand vor Inspektion*



*Abbildung 25: Grössere Breiten der Schienenspaltan in Übergangsmittle*

## 5.5 Zustandsanalyse nach Versuchsende

### *Metallteile*

Alle Metallteile sind weiter einsetzbar. Es sind keine nennenswerten Beschädigungen und auch kein Verschleiss infolge der Durchfahrt der Radsätze feststellbar.

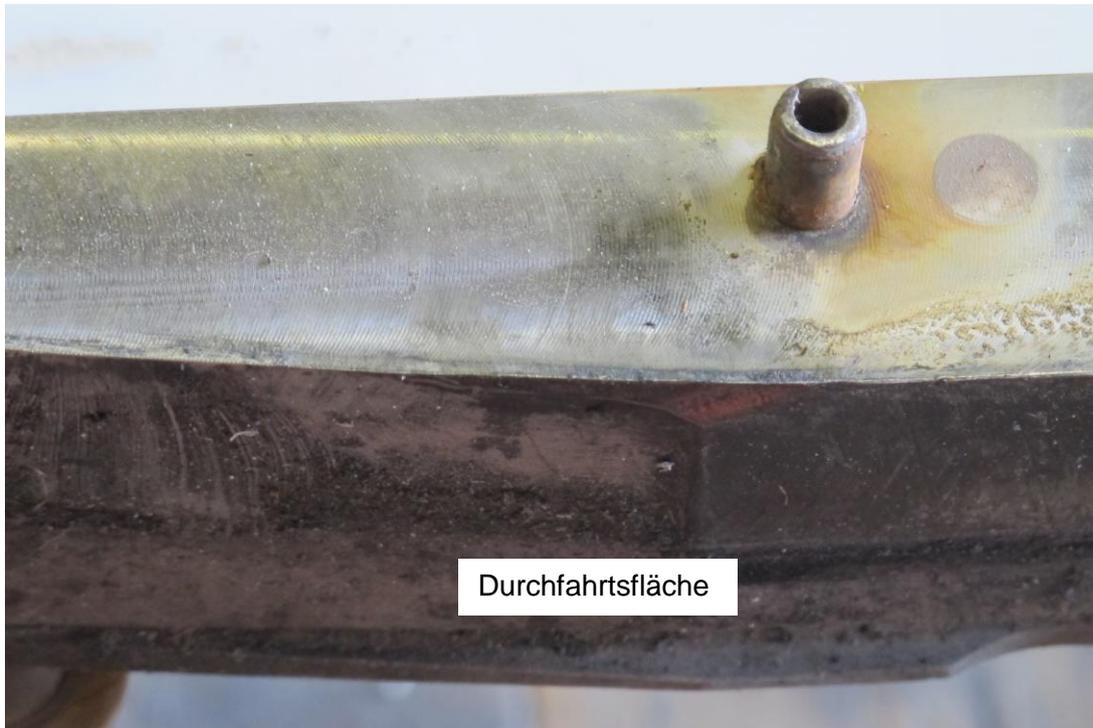


Abbildung 26: Zustand Durchfahrtsfläche an Verdrängungsteil

### *Kunststoffteile*

Die Gleitflächen der Dilatationszone (Lateralbewegung) weisen Kratz-/Schleifspuren auf.



Abbildung 27: Kratzspuren an Gleitflächen

### *Befestigungsmaterial*

Obwohl konsequent korrosionsgeschützte Schrauben verwendet wurden, war partiell Korrosion (Rost) feststellbar.



*Abbildung 28: Rost an feuerverzinkten Schrauben*

### *Antirutschbelag*

Der Antirutschbelag hat den Belastungen durch die mit Ketten bestückten Fahrzeuge (Stapler, Pneulader, etc.), nicht standgehalten und wurde partiell komplett abgetragen.



*Abbildung 29: helle Fläche => Antirutschbelag abgetragen*

### *Federkern*

Das Material weist sowohl einen altersbedingten Schwund (Volumenreduktion ohne Krafteinwirkung) als auch ein belastungsbedingtes Setzen auf. Dies hat zur Folge, dass die Verdrängungselemente nicht mehr vollständig, bis an den Schienenkopf, zurück bewegt werden.

### **Fazit der Analyse:**

Das Konstruktionsprinzip hat sich bewährt und während der gesamten Versuchsdauer (10½ Monate) störungsfrei funktioniert.

Für die Weiterverwendung des Übergangs wird empfohlen, die Federkerne und Kunststofftrennplatten zu ersetzen sowie den Korrosionsschutz der Befestigungselemente und den Antirutschbelag zu verbessern.

## **5.6 Erkenntnisse aus Versuch**

### **Auswirkungen auf den Bahnbetrieb:**

Während der 10½-monatigen Versuchsphase wurde mit der maximal erlaubten Fahrgeschwindigkeit von 15 km/h im Stationsbereich zu keiner Zeit negative Auswirkungen festgestellt. Während der Versuchsdauer wurde der BehiG-Übergang von ca. 100'000 Achsen durchfahren. Dies entspricht auch der Anzahl Bewegungszyklen (Öffnungen + Schliessungen). Aus Sicherheitsgründen wurde im Winter (Dezember 2014) noch die Option „Heizung“ nachgerüstet.

### **Gästeverhalten:**

Der Übergang wurde bewusst an einem exponierten Ort mit hohen Bahn- und Personenfrequenzen (5000-10'000 Personen pro Tag) eingebaut. Dabei war dieser ein Teil von mehreren Übergängen auf der Kleinen Scheidegg. Die Signalisation als BehiG-Übergang beschränkte sich auf die Piktogramme (Rollstuhl) auf dem Übergang selbst. Hinweise über Kopf wurden keine angebracht, weil dazu ein klar erkennbares Piktogramm auf dem Markt fehlt. Ein Rollstuhlsymbol über Kopf würde wohl als Einsteigeort für Rollstühle und Rollatoren in den Zug verstanden.

Der Übergang wurde weder im Sommer noch im Winter als spezieller BehiG-Übergang wahrgenommen. Das heisst, die Übergänge mit Spaltenbreiten von 130-150 mm wurden ebenso von Behinderten gequert wie der BehiG-Versuchsübergang mit Spaltbreiten von ca. 70 mm. Es sei aber darauf hingewiesen, dass es beim Versuchsübergang in erster Linie um dessen Tauglichkeit an sich ging und nicht um die Konkurrenz zu übrigen Querungen. Hervorzuheben ist, dass der eingesetzte Versuchsübergang sowohl von den Gehbehinderten als auch vom Haupttouristenstrom positiv aufgenommen wurde.

### **Gästenutzen:**

Die minimierte Spaltenbreite bringt sowohl für Rollstühle und Rollatoren als auch für die übrigen Gäste einen Zusatznutzen. Kleine Rollen oder auch Füße können sich kaum noch im Spalt verkeilen. Trotz abgetragenen Antirutschbelag war ein sicheres Queren gewährleistet. Es wurden weder Reklamationen noch Stürze registriert. Ob sich der Einbau eines solchen Übergangs mit deutlichen Zusatzkosten rechtfertigt, wird hier nicht beantwortet.

### **War der Standort des Versuches richtig?**

Der Standort auf der Kleinen Scheidegg war bezüglich den Witterungseinflüssen (Wärme, Kälte, Sonne, Regen, Schnee, Eis, etc.) und den Belastungen durch Passanten, Radfahrzeuge (auch mit Ketten), wie auch bezüglich der Anzahl an Zugdurchfahrten ideal. Der BehiG-Übergang wurde durchschnittlich von 300-320 Achsen pro Tag durchfahren. Dies ergibt, hochgerechnet auf die gesamte Versuchsdauer, ein Total von ca. 100'000 Achsdurchfahrten, was ebenso vielen Öffnungs-/Schliessbewegungen (Bewegungszyklen) der einzelnen Verschiebelemente entspricht.

### **Technische Erkenntnisse aus dem Versuch:**

Der konstruktive Aufbau des Versuchsüberganges sowie die getätigte Materialwahl hat sich weitestgehend als richtig erwiesen. Einzig das Material der Federkerne muss bezüglich der Verlängerung der Funktionsdauer optimiert werden.

Die ursprüngliche Hoffnung, den BehiG-Übergang ohne Begleitheizung nutzen zu können, hat sich nicht erfüllt. Während der ersten Kälteperiode hat sich gezeigt, dass der Schnee, der in der Zahnstange seitlich gefangen ist, durch die Zahnräder zu Eis gepresst wurde. Dieses Eis verhinderte den korrekten Eingriff der Zahnräder in der Zahnstange, was ein „Hochheben“ leichter Wagen erwirken und somit zu Entgleisungen führen könnte.

## **6. Bewilligungsverfahren**

Mit dem System des Zahnstangenübergangs wird das Lichtraumprofil der WAB sowohl beim Zahnrad als auch beim Spurkranz (links und rechts) verletzt. Gemäss Schreiben des BAV an die WAB vom 19.01.2015 wurde von der WAB ein PGV a posteriori mit einem Ausnahmegesuch wegen der Verletzung des Lichtraumprofils (Verletzung Grenzlinie fester Anlagen) verlangt.

An der Sitzung vom 24.04.2015 beim BAV (siehe separates Protokoll im Anhang) wurde folgendes beschlossen:

- Das Lichtraumprofil der WAB wird mit der Versuchsanordnung verletzt.
- Auf ein PGV kann aufgrund der fortgeschrittenen Testphase verzichtet werden.
- Die kritische, risikobehaftete Zeit (Winter) ist vorbei ohne, dass negative Feststellungen gemacht wurden.
- Beabsichtigt die WAB den Übergang nach Versuchsende wieder einbauen, ist ein PGV erforderlich.
- Vor der Einreichung des PGV ist es sinnvoll, die Auswertung nach Ausbau der Teile abzuwarten und die richtigen Schlüsse abzuleiten.
- Für das PGV sind alle künftigen Übergänge im Netz der WAB einzubeziehen.
- Die Durchfahrsgeschwindigkeiten sind im PGV klar abzuhandeln und die Sicherheit an den Fahrzeugen nachzuweisen.
- Bei vorzeitig eingereichten Stationsumbauten mit geplantem Zahnstangenübergang (z.B. Wengen) genügt ein Hinweis, dass das spezielle Gesuch nachgeliefert wird (Blackbox).
- Auf den Brief des BAV vom 19.1.2015 mit dem Aufruf „Plangenehmigungsverfahren a posteriori“ hat die WAB Stellung zu nehmen und das Protokoll und die Inspektionen als Anhang beizulegen

Für die Abschlussbeurteilung des Versuchs wurde der Übergang auf der Kleinen Scheidegg wieder ausgebaut und der Ausgangszustand hergestellt. Die WAB sieht vor den Übergang bei Gelegenheit wieder einzubauen. Zuvor wird rechtzeitig ein PGV eingereicht. Der Standort des künftigen Einbaus wird im Zusammenhang mit der Planung und dem PGV der veränderten Perrongestaltung auf der Kleinen Scheidegg definiert.

## **7. Kosten**

### **7.1 Versuch/Unikat**

Der Übergang mit einer Baulänge von 3.00 m hat für den **Versuch CHF 220'000** exkl. MWST gekostet. Dies entspricht der Summe, die das BAV mit der WAB vertraglich vereinbart hat.

## 7.2 Serie für schweizweiten Einsatz

Durch das ausgeklügelte Elementsystem lässt sich ein Produkt herstellen, das auf die jeweilige Spurweite, das Zahnstangensystem und die Infrastruktur angepasst werden kann.

Bei einer seriellen Produktion ist mit folgenden ungefähren Kosten zu rechnen:

- |                                     |           |     |               |
|-------------------------------------|-----------|-----|---------------|
| • Herstellung / Lieferung / Montage | 1 Stück   | CHF | 110'000       |
|                                     | 10 Stück  | CHF | 80'000        |
|                                     | 20 Stück  | CHF | 70'000        |
| • Unterhalt pro Jahr                | pro Stück | CHF | 4'000 - 7'000 |

## 8. Vorschläge für BAV-Empfehlungen

Der Versuch hat gezeigt, dass das Konstruktionsprinzip die BAV-Anforderungen an einen BehiG-Zahnstangengleisübergang erfüllt.

- Wenn der Übergang an einem Ort mit derartigen klimatischen Verhältnissen, die ein Vereisen nicht ausschliessen, eingesetzt wird, ist eine geregelte Begleitheizung vorzusehen.
- Um ein sicheres Funktionieren gewähren zu können, sind Inspektionen im Turnus von 2 - 3 Monaten (je nach Einsatzbedingungen, Anzahl der Achsdurchfahrten, Belastung und Verschmutzung) erforderlich. Je nach Erfahrung können die Inspektionsintervalle nach oben (länger) oder unten (kürzer) abweichen.
- Aufgrund der Langzeitbeobachtung und der Beurteilung durch die Probanden könnten die Breiten der Schienenspalten analog der Spaltbreite bei der Zahnstange (<100mm) sein. Dies würde das Wechselintervall der Federkerne verlängern und sich damit auch positiv auf den Unterhalt auswirken. Begründung: Da das kleine Rad eines Rollstuhls die Zahnstange beim Zwischenraum zwischen den Zähnen quert und bei einer max. Spaltbreite von 100mm nicht stecken bleibt, hat dies auch für einen Schienenspalt von 100mm Breite Gültigkeit!
- Der gewählte Material-Mix (Inox-Kunststoff) hat sich bewährt und ist daher beizubehalten. Das Material des Federkerns „ermüdet“ in Funktion der Zeit und der Belastung. Um dies zu reduzieren resp. die Standfestigkeit zu verbessern sind Abklärungen mit dem Hersteller im Gange.
- Da der Antirutschbelag von Fahrzeugen mit Schneeketten abgetragen wird, empfehlen wir nach Möglichkeit die Querung mit solchen Fahrzeugen zu unterlassen. Falls der Übergang jedoch systematisch mit schweren Fahrzeugen mit Schneeketten befahren werden muss, so ist auf den Antirutschbelag zu verzichten. Abklärungen zur Verbesserung des Antirutschbelages laufen.
- Eine geeignete Kennzeichnung des BehiG-Überganges (Piktogramm) zur besseren Wahrnehmung durch deren Hauptnutzer (mobilitätseingeschränkte Personen) ist vom BAV zu prüfen respektive vorzuschlagen.
- Hinweis: Beim Konstruktionsprinzip des erprobten BehiG-Überganges handelt es sich noch nicht um ein Serienprodukt! Daher ist es wahrscheinlich, dass sich bei weiteren Anwendungen neue Erfahrungen und Erkenntnisse ergeben und die technischen Lösungen noch modifiziert werden können.

## 9. Beilagen zum Bericht

- Inspektions-/Prüfprotokoll vom 31.10.2014
- Inspektions-/Prüfprotokoll vom 15.01.2015
- Inspektions-/Prüfprotokoll vom 22.04.2015
- Inspektions-/Prüfprotokoll vom 13.07.2015
- Protokoll vom 24.04.2015, Besprechung beim BAV betreffend PGV
- <https://youtu.be/4-uojKBSVqg>
- [https://youtu.be/9J\\_L4MOEROs](https://youtu.be/9J_L4MOEROs)
- <https://youtu.be/tllxe7kyvYM>

Interlaken, den 30. September 2015

Bericht verfasst durch:

**Wengernalpbahn AG:** Heinz Schindler, Projektleiter

**ACD Engineering AG:** Franz Rüegg