Die Zentralbahn.

Produktion und Rollmaterial

Schienenkopfkonditionierung – SKK Abschlussbericht

Datum: 29.11.2016

Gerhard Züger
Leiter Produktion und Rollmaterial

Volkmar Walz
Projektleiter SKK

Inhaltsverzeichnis

1 Management Summary 3
1.1 Projekt-Kurzbeschreibung 3
1.2 Ausblick und weiteres Vorgehen 3
2 Ausgangslage 3
3 Auftrag 3
4 Fahrzeugausrüstung 4
5 Infrastruktur in der Steinibach-Kurve 5
6 Akustische Wirksamkeit der SKK-Anlage 6
7 Sicherheitsaspekte im Bahnbetrieb 8
7.1 Einfluss von SKK auf die Bremsleistung 8
7.2 Nachweis Bremsweg in der Steinibach-Kurve 8
8 Umweltaspekte des eingesetzten Konditionierungsmittel 9
9 Projektkosten 9
10 Erfahrungen im Betrieb 9
10.1 Art der SKK-Aktivierung 9
10.2 Instandhaltung 10
11 Beilagen 10

1 Management Summary

1.1 Projekt-Kurzbeschreibung

Seit längerer Zeit beklagen sich Anwohner über das Kurvenkreischen der Zentralbahn-Triebzüge. Vor allem im Bereich der Steinibach-Kurve kommt es regelmässig zu Anwohner Reklamationen. Durch den gezielten Einsatz von Fahrzeugen mit eingebauter Schienenkopfkonditionierung Anlage (SKK) soll die Geräuschemission merklich reduziert werden. Das Bundesamt für Umwelt BAFU beauftragte die zb Zentralbahn AG (zb) einen Betriebsversuch zur Überprüfung der Wirkung der Schienenkopfkonditionierung (SKK) durchzuführen. Dazu wurden drei ABe 130-Triebzüge (SPATZ) mit SKK-Systemen ausgerüstet. In der Zeit von April 2016 bis Oktober 2016 wurden alle Zugfahrten in der Steinibach-Kurve akustisch zur Nachweisung der Wirkung vermessen. Es zeigte sich bereits nach kurzer Zeit eine messbare Wirkung der Schienenkopfkonditionierung. Nach Abschluss der Messkampagne konnte dieser Eindruck bestätigt werden.

Durch den Einsatz der Schienenkopfkonditionierung kann der Lärm um bis zu 10 dBA reduziert und die Frequenzen, die als Kreischen wahrgenommen werden, nahezu vollständig unterdrückt werden.

1.2 Ausblick und weiteres Vorgehen

Für die nachhaltige Eliminierung des Kurvenkreischens ist es notwendig die Schienenköpfe nach 4-5 Zugdurchfahrten neu zu konditionieren. Dazu müssen bei der Zentralbahn mehr Züge mit der SKK-Anlage ausgerüstet werden. Nach der Ausrüstung der Züge kann die Sprühmenge des Konditionierungsmittels reduziert und optimiert werden.

Damit die Betriebsversuche schnell umgesetzt werden konnten, wurde ein durch das Lokpersonal zu aktivierendes System gewählt. Für die Serie soll ein automatisches System mit RFID Technik eingesetzt werden.

2 Ausgangslage

Auf dem Bahnnetz der zb Zentralbahn AG (zb) entstehen bei der Durchfahrt enger Gleisbögen Kreischgeräusche. Diese sind für die Anwohner unangenehm und führen häufig zu Reklamationen.

Die zb hat als emissionsbegrenzende Massnahme im Rahmen von Vorversuchen eine so genannte Schienenkopfkonditionierungsanlage (SKK) getestet. Dabei handelt es sich um eine Anlage am Fahrzeug, mit der am Kurvenanfang ein Schmiermittel auf dem Schienenkopf aufgesprüht wird. Die Resultate der Vorversuche lassen darauf schliessen, dass die Massnahme die Kreischgeräusche markant reduziert.

3 Auftrag

Das Bundesamt für Umwelt BAFU und die zb Zentralbahn AG haben die Vereinbarung *Betriebsversuche Schienenkopfkonditionierungsanlage (SKK) bei der Zentralbahn*, Aktenzeichen BAV-232-00005/00007/00002, getroffen

Das Ziel des Auftrages besteht darin, die Wirksamkeit und die Betriebstauglichkeit der SKK im Regelbetrieb über mehrere Monate zu testen.

Die zb :

- Rüstet zwei Triebzüge vom Typ ABe 130 mit je einer SKK-Anlage an den Drehgestellen 1 und 4 aus. Die SKK-Anlage ist so einzurichten, dass Sie vom Triebzug-Führerstand aus ab einer Geschwindigkeit von 20 km/h einsatzfähig sind;
- Bestimmt die Gleisbögen, bei denen die SKK-Anlage zum Einsatz kommt. Diese sind für den Lokführer klar ersichtlich zu Kennzeichnen.

- Ermittelt die akustische Wirksamkeit der SKK-Anlage. Sie erarbeitet hierzu ein Messkonzept. Die Schallmessungen sind spektral in einem Frequenzbereich von 100 Hz bis 8 kHz vorzunehmen.
- Klärt Fragen zu den Aspekten der Bahnsicherheit und Umwelt der SKK-Anlage.
- Beleuchtet weitere aus unternehmerischer Sicht relevante Aspekte wie Unterhalt, aufgetretene Schwierigkeiten, Kosten etc.

4 Fahrzeugausrüstung

Seit November 2015 stehen drei Prototypen-Triebzüge ABe 130, ausgerüstet mit SKK-System, zur Verfügung. Die SKK-Systeme wurden direkt am Drehgestell montiert, siehe Abbildung 1.

Abbildung 1 - SKK-System am Drehgestell

Ein zentrales Steuergerät zur Ansteuerung der Konditionierung wird von jedem Führerstand aus manuell bedient. Die SKK-Anlage wird vom Lokführer durch Drücken des Tasters SKK gestartet. Der Konditionierungszyklus läuft ab, anschliessend ist die SKK-Anlage für min. 10 Sekunden gesperrt. Bei einer Geschwindigkeit <3km/h ist die Anlage inaktiv.

5 Infrastruktur in der Steinibach-Kurve

Auf Grund der grossen Anzahl von Anwohnerreklamationen wurde der Streckenabschnitt Steinibach-Kurve in Hergiswil, Strecken-KM 7.3 bis KM 7.9, für die Erprobung und Überprüfung der Wirkung bestimmt.

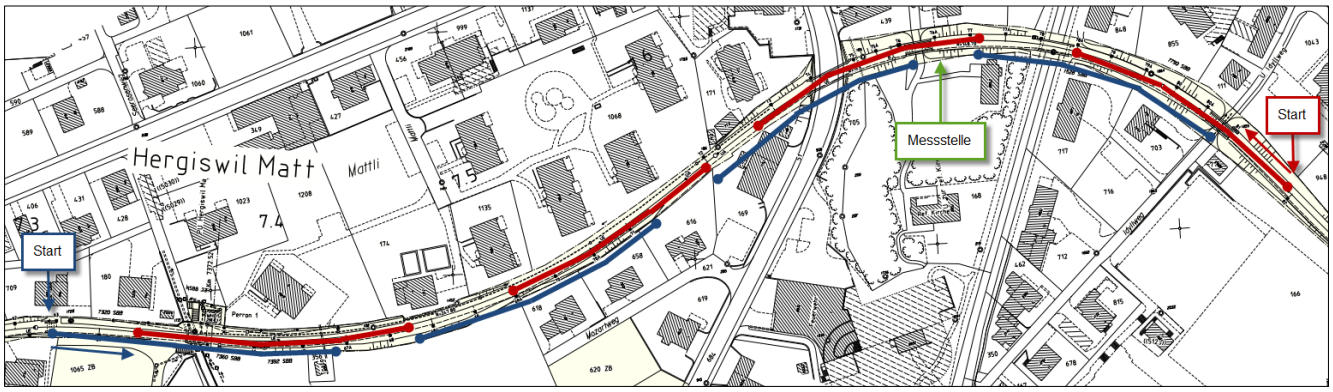
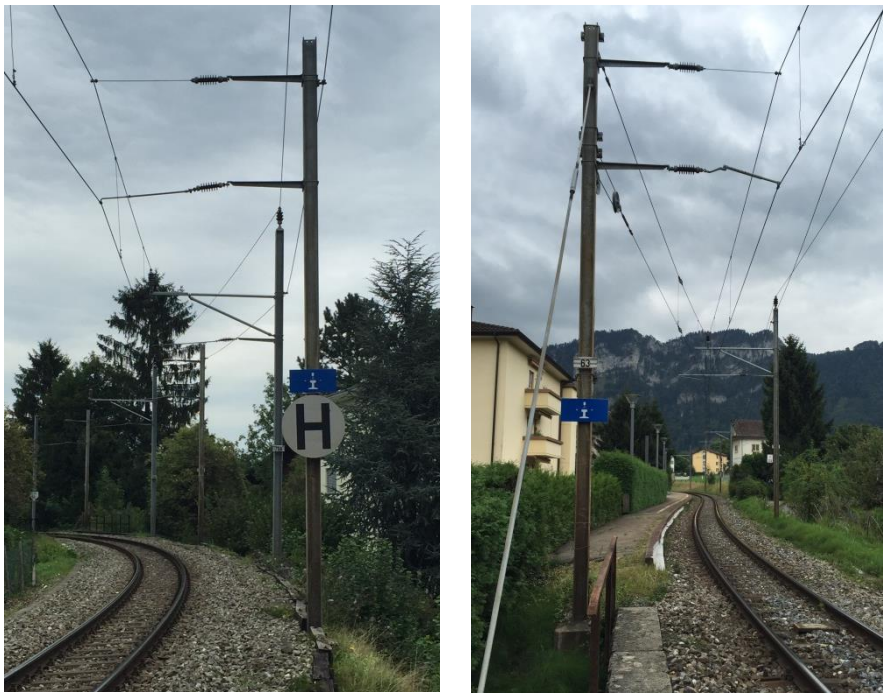


Abbildung 2 – Streckenabschnitt Steinibach-Kurve mit SKK

Die beiden Startpunkte des SKK-Abschnitts wurden mit entsprechenden Tafeln gekennzeichnet. Bei der Vorbeifahrt an der jeweiligen SKK-Tafel ist das SKK-System durch den Lokführer auszulösen.



Abbildungen 3 – SKK-Tafeln in der Steinibach-Kurve

Die Steinibach-Kurve ist eine eingleisige S-Kurve mit folgenden Eckdaten:

- Streckengeschwindigkeit in beiden Richtungen: 50km/h
- Steigung: 13.9‰ bis 15.4‰
- Überhöhung: 60mm/70mm
- Kurvenradius R1 = 247m, Bereich KM 7.7 bis KM 7.8
- Kurvenradius R2 = 148m, Bereich KM 7.4 bis KM 7.6
- Spurweite 1000mm

- Schienentyp: 46 E1 (SBB I), Qualität R260-VQ gemäss EN13674-1, lückenlos verschweisst
- Schwellentyp: Stahl, jede 3. Schwelle mit Sicherungskappe
- stationäre Schienenschmieranlage bei KM 7.8 (ab Anfang 2015 ausser Betrieb)

In der Kurve R2 = 148m befinden sich vier Brücken. Alle Brücken sind Bauten aus Beton, die längste Brücke überquert die Sonnenbergstrasse und die kürzeste Brücke den Idyllweg, siehe Plan Nr. 0470.0070.

6 Akustische Wirksamkeit der SKK-Anlage

Um die Wirksamkeit der SKK-Anlage nachzuweisen, beauftragte die zb die Firma Planteam, eine Messeinrichtung in der Steinibach-Kurve zu installieren und geeignete Lärmmessungen vorzunehmen. Die Messeinrichtung zeichnete in der Zeit von April 2016 bis Oktober 2016 alle Zugfahrten auf und lieferte Daten zu Lautstärke, Frequenz und Wetter. Die Analyse der Messdaten zeigt, dass die Lärmemissionen mit der SKK-Anlage um rund 10dB gesenkt und bei den meisten Zugsdurchfahrten die Kreischgeräusche weitgehend vermieden werden.

Details zur Durchführung der Messungen und der Auswertungen sind im Bericht *Reduktion der Lärmemissionen mit Schienenkopfkonditionierung, Planteam, Aufrag-Nr. 16-165 / Version: 15165MB2.doc* enthalten.

Zusammenfassend sei die Wirksamkeit der Schienenkopfkonditionierung wie folgt erläutert (siehe auch *Reduktion der Lärmemissionen mit Schienenkopfkonditionierung, Planteam, Aufrag-Nr. 16-165 / Version: 15165MB2.doc, Kapitel 9.5*):

Der Zug ABe130010-SKK/ABeh160003 (Messung vom 22.08.2016) eignet sich besonders gut, um die Wirksamkeit der SKK-Anlage aufzuzeigen. Der Zug besteht aus zwei dreiteiligen Triebzügen, wobei nur ein Triebzug mit einer SKK-Anlage ausgerüstet ist. Der Lokführer konnte die SKK-Anlage nur in Fahrtrichtung Hergiswil (He) auslösen. Das bedeutet, der Zug konditionierte die Schienen nur auf der Fahrt in Richtung Hergiswil. In Fahrtrichtung Horw wird die SKK-Anlage nicht ausgelöst und der Zug durchfährt die Steinibach-Kurve ohne die Schienen zu konditionieren. Damit kann aufgrund der in beiden Fahrtrichtungen unterschiedlichen Lärmemissionen auf die Wirkung der SKK-Anlage für diese Zugskomposition geschlossen werden.

In

Abbildung 4 ist die Komposition ABe130010-SKK/ABeh160003 als grünes oder oranges Dreieck dargestellt. Die Fahrt in Richtung Hergiswil (He) ist als grünes Dreieck, also mit SKK, dargestellt. Die Fahrt in Richtung Horw (Ho), ohne SKK, ist als oranges Dreieck dargestellt.

Die Daten ABe130001-SKK/ABe130002-SKK (blaues Quadrat) und ABe130002-SKK (rotes Quadrat) zeigen die Wirkung der SKK-Anlage, wenn in beide Fahrtrichtungen konditioniert wird.

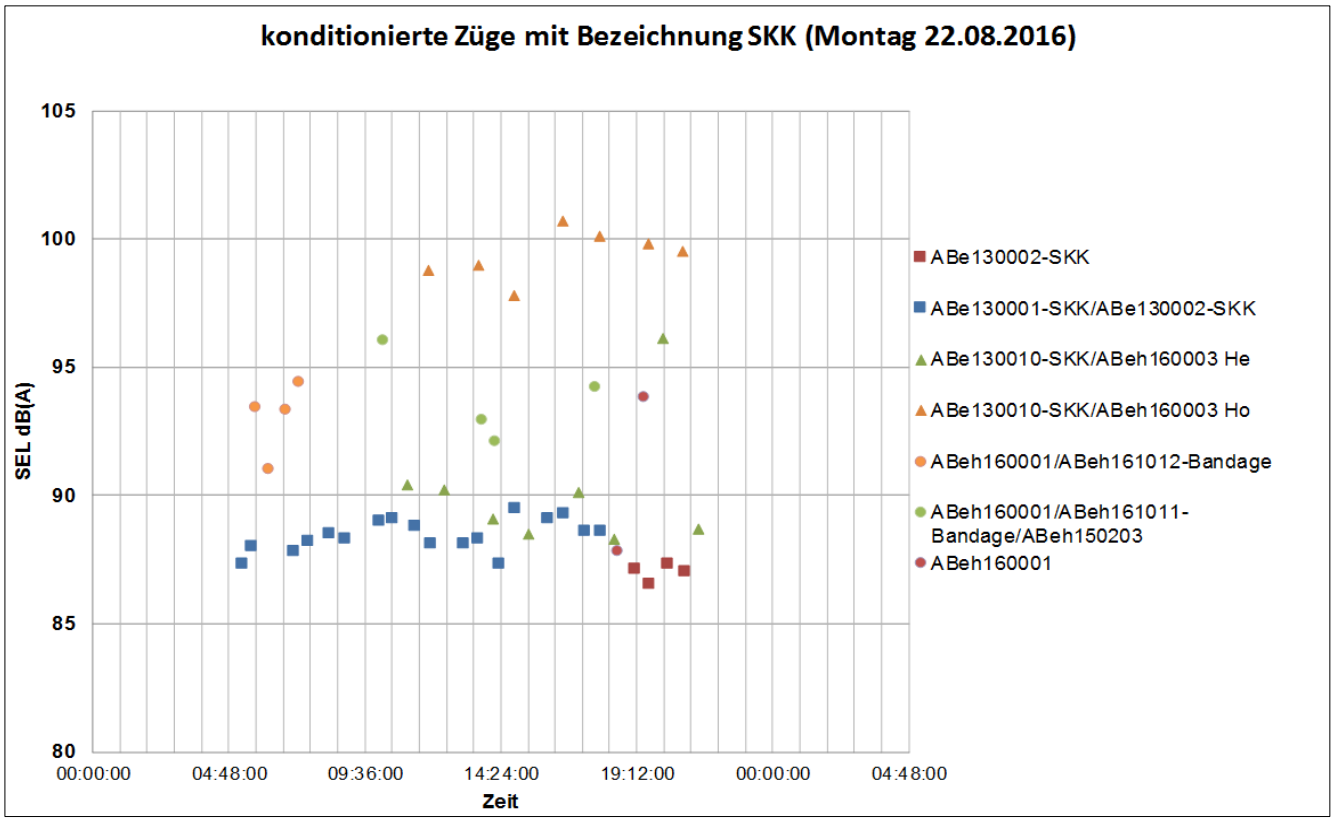


Abbildung 4 – SKK-Wirkung ABe130010-SKK/ABeh160003

Die Messwerte SEL[1] für die Fahrten *ABe130010-SKK/ABeh160003 He,* sind alle, bis auf einen, unter dem Wert 90dB(A). Ein Wert ist über 95dB(A), hier ist davon auszugehen, dass das SKK-System nicht aktiviert wurde.

Die Messwerte SEL für die Fahrten *ABe130010-SKK/ABeh160003 Ho,* sind um den Wert 100dB(A). Diese Fahrten fanden ohne den Einsatz von SKK statt.

Die Wirkung der Schienenkopfkonditionierung beim Zugstyp ABe130010-SKK/ABeh160003 beträgt:

- beim Leq[2] und SEL ca.10 dB(A) und
- beim Lmax[3] ca. 14 dB(A)

Diese Wirkung ist als sehr gross einzustufen.

Für die Wahrnehmbarkeit bei Veränderungen von Momentan-Schallpegeln wie dem Lmax gilt folgende Einstufung:

Schallpegel-Veränderung:	*Wahrnehmung*
0 – 2 dB(A)	Kaum wahrnehmbar
2 – 5 dB(A)	Wahrnehmbare, kleine Veränderung
5 – 10 dB(A)	Deutlich wahrnehmbare Veränderung
10 – 20 dB(A)	Grosse und überzeugende Veränderung

[1] SEL: Sound-Exposure-Level: Die Schallenergie des SEL-Pegels entspricht genau der Schallenergie des Leq-Pegels, allerdings wird nicht über den Messzeitraum gemittelt, sondern auf eine Einwirkungszeit von 1 Sekunde. Mit dem SEL-Pegel lassen sich die nergien von Schallereignissen vergleichen, welche unterschiedliche Zeitdauer und Intensität haben.

[2] Leq: A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel der Lärmemission über einen Zeitraum [t] (auch $L_{A,eq}$). Beim Prinzip der Energieäquivalenz geht man davon aus, dass die mittlere Schallenergie eines diskontinuierlichen Geräuschs in einem Zeitraum die gleiche Wirkung hat wie die eines kontinuierlichen Geräuschs gleicher Energie. [20 – 20‘000] HZ: Leq Spektrum der Gesamtdurchfahrt (Global) in dB

[3] Lmax: A-bewerteter Maximalpegel (auch $L_{A,max}$)

7 Sicherheitsaspekte im Bahnbetrieb

In der Steinibach-Kurve ist eine stationäre Schienenschmieranlage installiert. Diese wurde vor den ersten Versuch mit der Schienenkopfkonditionierung ausser Betrieb gesetzt. Das war notwendig, um die erzielte Wirkung dem richtigen System zuordnen zu können. Des Weiteren muss das Überschmieren der Schienen ausgeschlossen werden, um den Einfluss der SKK auf die Traktions-, und Bremsleistung so gering wie möglich zu halten.

7.1 Einfluss von SKK auf die Bremsleistung

Bevor SKK im Regelbetrieb zum Einsatz kam, wurde der Einfluss von SKK auf die Bremsleitung bestimmt. Die erste Versuchsanlage wurde beim Triebzug ABe 130 010 Anfang 2015 installiert. Mit diesem Fahrzeug wurden dann Versuche zur Überprüfung der Bremsleistung durchgeführt. Auf dem Streckenabschnitt bei Dallenwil, KM 11.0 bis KM 12.0, erfolgten 23 Bremsversuche. Dabei wurde aus Geschwindigkeiten mit 50 km/h und 100 km/h gebremst. Die aufgebrachte Konditioniermittelmenge wurde stetig erhöht und war massiv höher als die später verwendete Menge.

Bei diesen Versuchen wurde, beim Einsatz von SKK, ein nur geringfügig längerer Bremsweg festgestellt.

V=100km/h	Versuch	Bremsweg	Verzögerung
Mittlerer Bremsweg trocken	1 - 3	261 m	1.48 m/s^2
Mittlerer Bremsweg konditioniert	22-23	281 m	1.40 m/s^2
V=50km/h			
Mittlerer Bremsweg trocken	4 - 6	62 m	1.61 m/s^2
Mittlerer Bremsweg konditioniert	20 - 21	74 m	1.30 m/s^2

Tabelle 1: Brems- und Verzögerungswerte bei den Bremsversuchen

Die gemessenen Bremswege sind in jedem Fall wesentlich kürzer als der maximal zulässige Bremsweg, und die errechneten Verzögerungen sind entsprechend höher als die minimal zulässige Verzögerung von 0.8m/s^2. Die gefühlsmässig beurteilte Beschleunigung der Fahrzeuge verschlechterte sich ebenfalls nicht.

Weitere Details zu diesen Versuchen sind in Dokument *WAV-0024 SKK-Bremsversuche* enthalten.

7.2 Nachweis Bremsweg in der Steinibach-Kurve

Um den sicheren Betrieb des SKK-Systems in der Steinibach-Kurve nachzuweisen, wurden vor Ort Bremsversuche mit und ohne SKK durchgeführt. Auch bei diesen Versuchen zeigt sich, dass der Bremsweg nur geringfügig beeinflusst wird.

Strecke	mittlerer Bremsweg	mittlere Verzögerung	Bremsweg mit SKK länger
HGW-LZ ohne SKK	66 m	1.51 m/s^2	
HGW-LZ mit SKK	70 m	1.33 m/s^2	11.34 %
LZ-HGW ohne SKK	58 m	1.65 m/s^2	
LZ-HGW mit SKK	55 m	1.66 m/s^2	-0.08 %

Tabelle 2: Brems- und Verzögerungswerte in der "Steinibach" Kurve

Der Bremsweg in Richtung Luzern wird etwas länger, ist in jedem Fall aber wesentlich kürzer als der maximal zulässige Bremsweg. Die dazugehörende Verzögerung nimmt ab, ist aber wesentlich höher als die minimal zulässige Verzögerung von 0.8m/s^2.

Bremsweg und Verzögerung in Richtung Hergiswil sind nahezu unverändert.

Es ist auffällig, dass der Bremsweg in Richtung Horw länger wird. Derjenige in Richtung Hergiswil ist unverändert. Dieser Unterschied erklärt sich einerseits durch die leichte Steigung der Strecke von ca. 12‰ und andererseits durch die kleinen Kurvenradien der S-Kurve.

Weitere Details zu diesen Versuchen sind in Dokument *WAV-0032 SKK-Bremsversuche* enthalten.

8 Umweltaspekte des eingesetzten Konditionierungsmittel

Das eingesetzte Konditionierungsmittel HeadLub 90 der Firma Igralub ist gemäss Herstellerangaben als umweltverträglich gekennzeichnet. Gemäss technischem Merkblatt wird die Umweltverträglichkeit wie folgt angegeben:

OECD 301 B, leichte biologische Abbaubarkeit

Weitere Details zum Konditionierungsmittel HeadLub 90 sind im technischen Merkblatt enthalten.

9 Projektkosten

In untenstehender Tabelle sind die bis 28.11.2016 angefallenen Projektkosten aufgelistet.

Kostenstand 28.11.2016	Plankosten	Istkosten	Verrechnung BAFU
Material	Fr. 63'000.00	Fr. 13'069.82	Fr. 13'069.82
Fremdleistung	Fr. 50'000.00	Fr. 82'489.94	Fr. 82'489.94
Eigenleistung	Fr. 60'000.00	Fr. 26'357.29	Fr. 0.00
Gesamtkosten	**Fr. 173'000.00**	**Fr. 121'917.05**	
Rechnungsbetrag			Fr. 95'559.76
Kostendach BAFU			Fr. 110'000.00
Restbetrag			Fr. 14'440.24

Tabelle 3: Projektkosten

Die Verrechnung erfolgt auf die Referenznummer: REF-1087-10015.

10 Erfahrungen im Betrieb

10.1 Art der SKK-Aktivierung

Um eine optimale Beruhigung der Lärmsituation bei Kurvenfahrten zu erreichen, ist die konsequente und regelmässige Konditionierung der betroffenen Kurvenabschnitte zwingend nötig. Die aktuell eingesetzten SKK-Systeme werden manuell durch das Lokpersonal ausgelöst. Der Lokführer muss den SKK-Taster betätigen, wenn der Zug die SKK-Tafel passiert. Die Betätigung kann aus verschiedenen Gründen ausbleiben, z.B.:

- die Schienen nass sind
- Der Lokführer in Kommunikation mit Zugpersonal oder Leitstelle ist
- Der Lokführer die Betätigung vergisst

Dies führt zu unregelmässiger Konditionierung der Schienen und damit zu mehr Lärm. Bei der Auswertung der Messdaten wurden Unterschiede bei der Wirksamkeit des SKK-System festgestellt. Diese Unterschiede sind relativ hoch und könnten – wie erwähnt - vermutlich damit erklärbar sein, dass die SKK-Anlage nicht konsequent betätigt wurde. Daher scheint eine manuelle Betätigung des SKK-Systems durch den Lokführer von Nachteil zu sein, da eine gleichbleibende SKK-Wirkung so nicht erreicht werden kann. Deshalb soll die Schienenkopf-Konditionierung bei Durchfahrt der betroffenen Kurven künftig automatisch aktiviert werden.

Die Automatisierung soll mittels RFID-Kommunikation umgesetzt werden. Dazu werden am Gleis-Oberbau RFID-Tags montiert, die bei einer Zugsdurchfahrt das SKK-System automatisch auslösen. Somit können die betroffenen Kurvenabschnitte sehr gezielt und verlässlich konditioniert werden. Zudem wird durch entsprechende Einstellungen ein sparsamerer Verbrauch des Konditioniermittels möglich, was die laufenden Kosten senkt und die Umwelt schont. Ein weiterer Vorteil von RFID ist die Flexibilität bei einer Ausweitung auf weitere Kurven. Die Montage eines RFID-Tags am Fahrbahn-Oberbau ist einfach und schnell möglich.

10.2 Instandhaltung

Das SKK-System stellt ein weiteres System dar, welches instandgehalten werden muss. Das Personal in der Werkstatt muss entsprechen ausgebildet werden. Für die Versuchsflotte wurde eine Arbeitsanweisung erstellt, in der das System beschrieben, die Einstellwerte vorgegeben und die Instandhaltung aufgezeigt wird. Anhand dieser Dokumentation wurden die betreffenden Werkstattmitarbeiter geschult.

Die Fahrzeuge werden in einem Rhythmus von 4 Wochen der Instandhaltung zugeführt. Für die Instandhaltungstätigkeiten an den SKK-Systemen müssen zusätzliche Zeitfenster von 30 Minuten Dauer je Fahrzeug eingeplant werden. Die Kosten für die Instandhaltung inkl. Befüllung mit dem Konditioniermittel belaufen sich je Fahrzeug jährlich auf ca. Fr. 2000.00.

11 Beilagen

- Plan Nr. 0470.0070, Hergiswil Matt
- Reduktion der Lärmemissionen mit Schienenkopfkonditionierung, Planteam, Aufrag-Nr. 16-165 / Version: 15165MB2.doc
- WAV-0024 SKK-Bremsversuche
- WAV-0032 SKK-Bremsversuche
- Technische Merkblatt HeadLub 90, Fa. Igralub