

Abschlussbericht
zum
„Forschungsprojekt Eisenbahnlärm 2016“
5L Demonstrator

Inhaltsverzeichnis

1.	Management Summary	3
2.	Vorbemerkung	4
3.	Zusammenfassung	4
4.	Auftrag Forschungsprojekt Eisenbahnlärm 2016	4
4.1.	Ausgangslage	4
4.2.	Ziel und Zweck des Auftrags	5
4.3.	Zeitplan und Meilensteine	6
5.	Ergebnisse	7
5.1.	Projektverlauf (Zeitplan und Meilensteine)	8
5.2.	Engineering, Umbau und Bewilligung der Güterwagen	9
5.3.	Kommunikation	10
5.4.	Ergebnisbericht der Lärmmessungen	11
5.4.1.	Messungen	11
5.4.2.	Versuchsobjekt	11
5.4.3.	Vorbeifahrtmessungen auf geradem Gleis	12
5.4.4.	Gleisbogenmessungen bei R=490m	13
5.4.5.	Gleisbogenmessungen bei R=290m	14
5.4.6.	Schienenrauheit	14
5.4.7.	Abklingrate	14
5.4.8.	Radsatzvermessungen	14
5.4.9.	Graphische Darstellung der Lärmmessungen	14
5.5.	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der 5L Wagen	15
6.	Projektkosten	16
7.	Gewonnene Erfahrungen (Lessons-Learned)	17
8.	Fazit und Ausblick	18

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Zeitplan BAFU Forschungsprojekt Eisenbahnlärm 2016	6
Abbildung 2	Meilensteinplanung Forschungsprojekt Eisenbahnlärm 2016	7
Abbildung 3	Angepasster Zeitplan zum Forschungsprojekt Eisenbahnlärm 2016	8
Abbildung 4	Übersicht Fahrzeugkonfiguration	9
Abbildung 5	Überblick über die Projektkosten	17

1. Management Summary

Das Ziel des Projekts „5L Demonstrator“, welches im Rahmen des Forschungsprojektes «Eisenbahnlärm 2016» durch das BAFU gefördert wurde, bestand darin, künftige Standards im Güterwagenbau zu definieren. Diese sollen in Zukunft neben geringeren Life-Cycle-Kosten und geringerem Gewicht insbesondere auch geringere Lärmemissionen aufweisen.

Dazu erfolgt der Test von innovativen Komponenten für den Unterbau in einem 4-jährigen Realbetrieb bei SBB Cargo. Das Projekt steht unter der Federführung von SBB Cargo, die neben dem Umbau und der Zulassung von 16 Güterwagen auch den Testbetrieb verantwortet. Ziel ist die Reduzierung der Lärmemissionen um mindestens 5dB bis zu 10dB gegenüber dem heutigen klotz-gebremsten lärmsanierten Güterwagen.

Das Engineering für 16 Güterwagen mit innovativen Komponenten wurde erfolgreich durchgeführt und die mit Sensorik und Telematik zur Datenerhebung ausgestatteten Güterwagen auf die Schiene gestellt. Daneben wurden das Projekt und die Zielsetzung erfolgreich an die breite Öffentlichkeit kommuniziert.

Durch das Forschungsprojekt konnte der 5L Demonstrator als Leuchtturmprojekt für Innovationskraft in der Schienengüterverkehrsbranche etabliert werden. Die durchgeführten Lärmmessungen auf Basis TSI Messverfahren zeigen eine deutliche Lärmreduktion von bis zu 6 dB (A) auf geradem Gleis.

Mit dem Projekt wurde somit die erfolgreiche Grundlage für die weitere Entwicklung eines innovativen, lärmarmen Güterwagens gelegt.

Seit Anfang 2018 wird der 5L Demonstratorzug im nationalem kommerziellen Betrieb der SBB Cargo eingesetzt. Eine Ausweitung auf internationale Verkehre soll im ersten Halbjahr 2019 erfolgen. Nach rund 400.000 km Laufleistung endet die Erprobung voraussichtlich im Jahr 2021.

Die ersten Monate des operativen Einsatzes zeigen die hohe technische Einsatzfähigkeit der eingesetzten Komponenten. Nach ersten Problemen beim Anlauf konnte ein stabiler operativer Einsatz realisiert werden. Es gab keine gravierenden technischen Störungen oder Auffälligkeiten bei den ZKE Messanlagen.

Es wurde ebenso festgestellt, dass Fahrzeug-Komponenten bislang isoliert optimiert wurden. In den Messungen konnte verdeutlicht werden das die Kombinatorik der einzelnen Komponenten im Gesamtsystem Drehgestell wesentlich ist. So waren deutliche Unterschiede in den unterschiedlichen Zusammensetzungen messbar. Ebenso wurde neu erkannt, dass ein verändertes Radsatzprofil einen grösseren Einfluss auf die Lärmentwicklung haben könnte. Im Lokomotivbereich wird schon lange an den Profilen der Radsätze optimiert, jedoch am Radsatz von Güterwagen bislang noch nicht. Dies gilt es in weiteren Versuchen zu vertiefen und die Potentiale heraus zu arbeiten.

Insgesamt konnte durch das Forschungsprojekt gezeigt werden, dass auch mit bereits kaufbarer Bestandstechnologie noch eine weitere deutliche Lärmreduktion möglich ist. Weitere Schritte in diese Richtung bedingen nun aber grundlegendere Veränderungen. Zudem bedarf es einer nachhaltigen Veränderung bei den Wagenhaltern, um für den Schienengüterverkehr einen positiven Business Case zu erzielen – eine reine Lärmreduktion reicht hierfür nicht aus.

Für künftige weitere Entwicklungen in Bezug auf einen innovativen Güterwagen sind daher weitere Effekte wie Energieverbrauch, Trassenverschleiss, Wagengewicht, etc. in Betracht zu ziehen und zu optimieren, um die langfristige Nachhaltigkeit des Systems SGV zu gewährleisten. Die aus dem 5L Demonstrator Projekt gewonnenen Erkenntnisse werden künftig in die Entwicklung eines ökologisch und wirtschaftlich nachhaltigen Güterwagens einfließen. Dazu bedarf es jedoch weiterer gezielter Förderungen, um die Technologieentwicklung in der Branche voranzutreiben.

Ergänzend gilt es nun das Thema Lärm in grösserem Umfeld zu betrachten und daher nun einen weiteren Fokus auf Lokomotiven zu legen. Diese Erkenntnisse ist aus Sicht des BAFU nicht wirklich neu aber auf Seiten der Betreiber und Hersteller von Lokomotiven war bislang das Thema Lärmemissionen spürbar wenig ein aktives Arbeitsfeld.

2. Vorbemerkung

Bei diesem Dokument handelt es sich um den Abschlussbericht zum BAFU Forschungsprojekt Eisenbahnlärm 2016. Er wurde als Vorversion im Rahmen des Abschlussmeetings mit dem BAFU am 25.10.2017 vorgestellt und ergänzt die bereits eingereichten Zwischenberichte zu den vergangenen Meetings mit dem BAFU.

Das nun vorliegende Dokument ist der finale Abschlussbericht und enthält sämtliche Informationen bzgl. Ergebnisse der Messungen, Projekterfahrungen und Kosten.

3. Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsprojekt Eisenbahnlärm 2016 wurde seit September 2016 durch das Industriekonsortium 5L Demonstrator unter Federführung von SBB Cargo der 5L Demonstrator Zug entwickelt, umgebaut und auf die Schiene gestellt. Dieser beinhaltet 4 Referenzwagen und 12 Wagen mit innovativen Güterwagenkomponenten. Ziel ist es, die Komponenten im Realbetrieb der SBB Cargo über einen Zeitraum von 4 Jahren ausgiebig zu testen im Hinblick auf die Entwicklung eines zukunftsfähigen, ökologisch und wirtschaftlich nachhaltigen Güterwagens. Der Aspekt der Reduzierung von Lärmemissionen spielt dabei eine besonders wichtige Rolle. Bei den Lärmmessungen im Juli und August 2017 konnten signifikante Reduzierung der Lärmemissionen von bis zu 6 dB auf geradem Gleis durch den Einsatz der innovativen Komponenten festgestellt werden.

Dies stellt nach aktuellem Kenntnisstand die grösstmögliche Lärmreduzierung von bestandes Güterwagen dar. Es sollte nun ein Fokus auf Lokomotiven gelegt werden, denn diese hatten in früheren Lärmmessungen als auch bei dem vorliegenden Projekt deutlich hohe Emissionen.

4. Auftrag Forschungsprojekt Eisenbahnlärm 2016

4.1. Ausgangslage

Der technische Innovationskreis Schienengüterverkehr (TIS) wurde gegründet, um im Rahmen einer europäischen Interessensgruppe neue Technologien zu entwickeln und den Ideenaustausch in der Branche zu fördern. Neben den Wagenhaltern beinhalten die Teilnehmer ebenfalls zahlreiche Hersteller für wichtige Komponenten für Güterwagen. Somit vereint der TIS Repräsentanten der gesamten Schienengüterverkehrsbranche, die gemeinsam einen innovativen und lärmarmen Güterwagen der Zukunft entwickeln. Zu diesem Zweck wurde das Projekt 5L-Demonstrator

unter Federführung von SBB Cargo etabliert, um innovative Bestandstechnologien im Realbetrieb beim Kunden zu testen und somit einen ökologisch und wirtschaftlich nachhaltigen Güterwagen zu entwickeln. Die 5L stehen dabei für die übergreifenden Zielsetzungen des innovativen Güterwagens: „Leise“, „Leicht“, „Laufstark“, „Logistikfähig“ und „Life-Cycle-Cost (LCC)“. Somit vereint der 5L Demonstrator die wichtigsten relevanten Eigenschaften eines zukunftsfähigen Güterwagens.

Im Laufe des Projektes soll der aus 16 Wagen bestehende 5L Demonstrator Zug im Realbetrieb der SBB Cargo über einen Zeitraum von 4 Jahren eingesetzt werden und somit wichtige und aussagekräftige Erkenntnisse zu den oben genannten Zielen liefern. Besonderes Augenmerk gilt dabei einer deutlichen Lärmreduzierung durch den Einsatz innovativer Komponenten. Für einen flächendeckenden Einsatz spielt zudem der wirtschaftlich nachhaltige Einsatz der Komponenten eine wichtige Rolle, um mögliche höhere Anschaffungskosten durch reduzierte betriebliche Kosten zu kompensieren und somit die theoretischen Lärmreduzierungen in der Praxis zu etablieren.

Im Rahmen der Ausschreibung zum Forschungsprojekt Eisenbahnlärm 2016 hat das Industriekonsortium 5L den Zuschlag zur Förderung durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) im Juli 2017 erhalten.

Unter Steuerung und Koordination von SBB Cargo und mit Unterstützung des BAFU im Rahmen des Forschungsprojekt Eisenbahnlärm 2016 wurde der 5L Demonstrator schließlich im Laufe der 17 Monate zusammen mit den Komponentenherstellern, die ihre Produkte dem Projekt kostenlos zur Verfügung stellen, entwickelt und realisiert. Die Förderung seitens BAFU wurde für das aufwendige Projektmanagement, einer umfangreichen Ausstattung der Wagen mit Messequipment und für die durchgeführten Lärmmessungen benötigt. Der Demonstratorzug befindet sich seit Q1 2018 im erfolgreichen kommerziellen Realbetrieb bei SBB Cargo.

4.2. Ziel und Zweck des Auftrags

Das Ziel des Forschungsprojekts „5L Demonstrator“, welches im Rahmen des Forschungsprojekt Eisenbahnlärm 2016 durch das BAFU gefördert wurde, besteht darin, künftige Standards im Güterwagenbau zu definieren, die neben geringeren Life-Cycle-Kosten und geringerem Gewicht insbesondere geringere Lärmemissionen aufweisen. Hierzu wurden in enger Zusammenarbeit mit den Komponentenherstellern in einem ersten Schritt insgesamt 12 Güterwagen mit innovativen Komponenten (plus 4 Referenzwagen) entwickelt und in der SBB Cargo Serviceanlage Muttenz aufgebaut.

Das Ziel war es, die übergreifend beste Zusammensetzung der verschiedenen Komponenten zu identifizieren, um bestmögliche Life-Cycle-Kosten und ein geringes Fahrzeuggewicht zu realisieren. Ein sich selbst tragender Business Case für neue Güterwagen ist dabei wünschenswert, es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass es zur schnellen Einführung einer Anschubfinanzierung / Unterstützung für die EVU / Wagenhalter bedarf.

Das wichtigste Ziel des Projektes 5L Demonstrator ist es jedoch, durch optimale Kombination der innovativen Komponenten eine Reduzierung der Lärmemissionen von mindestens -5dB bis zu -10dB gegenüber dem heutigen, klotzgebremsten lärmsanierten Güterwagen zu erreichen. Aus diesem Grund wurden 4 Referenzwagen der SBB Cargo nach heutigem Standard als Teil des 5L Demonstrator Zuges vorgesehen.

Im Rahmen des Forschungsprojekt Eisenbahnlärm 2016 wurde mit dem BAFU vereinbart, die Arbeiten für Engineering und Umbau der 16 Güterwagen inkl. der notwendigen Betriebsfreigaben durchzuführen. Ebenfalls sollten die Zulassungen für die 12 umgebauten Wagen, die Definition des Testbetriebes sowie der Installation der notwendigen Sensorik an den Fahrzeugen und die ersten Lärmmessungen mit den umgebauten Wagen durchgeführt werden. Im Verlauf der Anwendungsphase ist nun vorgesehen, den Einsatz der innovativen Komponenten im Realbetrieb weiter zu überwachen, um nachhaltige Erkenntnisse hinsichtlich Lärm, Verschleiss und Kosten zu erlangen und die Erkenntnisse zu nutzen. Die Betriebsphase ist nicht Gegenstand der Förderung, gleichwohl ist es erklärtes Ziel von Seiten aller Projektpartner (inkl. dem BAFU) einen offenen Erfahrungsaustausch weiter zu pflegen um grösstmögliche Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt zu ziehen. Hier sieht sich SBB Cargo im Lead den Austausch zu initiieren und eine Dialogplattform zu etablieren.

Ein Leuchtturmprojekt wie der 5L Demonstrator ist hochbedeutend für die weitere Optimierung des Schienengüterverkehrs. Ein besonderer Fokus gilt dabei der Reduzierung von Lärmemissionen, um für eine höhere Akzeptanz des Schienengüterverkehrs in der Schweizer Bevölkerung zu sorgen. Die beim Projekt 5L Demonstrator gewonnenen Ergebnisse haben direkten Einfluss auf die künftige Beschaffung von neuen Güterwagen der SBB Cargo im Rahmen der Flottenstrategie und sollen als Basis für einen neuen Standard dienen, der im Rahmen der TIS Aktivitäten europaweit ausgerollt werden soll.

4.3. Zeitplan und Meilensteine

Nach Zuschlag des BAFU an das 5L Projekt im Juli 2017 wurde im Rahmen der Offerte mit dem BAFU ein Zeitplan für den Projektverlauf wie folgt vereinbart:

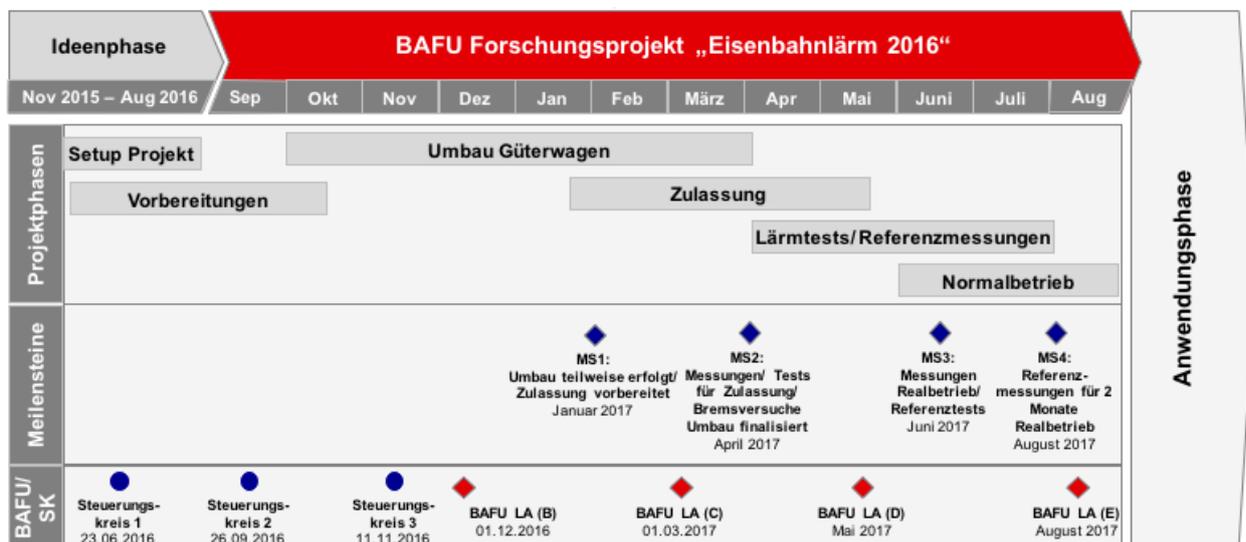


Abbildung 1 Zeitplan BAFU Forschungsprojekt Eisenbahnlärm 2016

Dieser Zeitplan beinhaltet den Projektverlauf inkl. Vorbereitung des Umbaus (Engineering), Durchführung des Umbaus sowie das Thema Zulassungen. Ebenfalls inbegriffen sind die Durchführung von ersten Lärmtests und Referenzmessungen. Zu diesem Zweck wurden mit dem BAFU die folgenden vier Meilensteine terminiert und vereinbart:

- **Meilenstein 1:** Teile des Umbaus abgeschlossen und Zulassungsunterlagen vorbereitet (Januar 2017)
- **Meilenstein 2:** Für die Zulassung notwendige Messungen und Tests durchgeführt, gesamter Umbau abgeschlossen (April 2017)
- **Meilenstein 3:** Erste Messungen im Realbetrieb, Referenztests durchgeführt (Juni 2017)
- **Meilenstein 4:** Referenzmessungen über 2 Monate vorhanden, Abschluss Forschungsprojekt (August 2017)

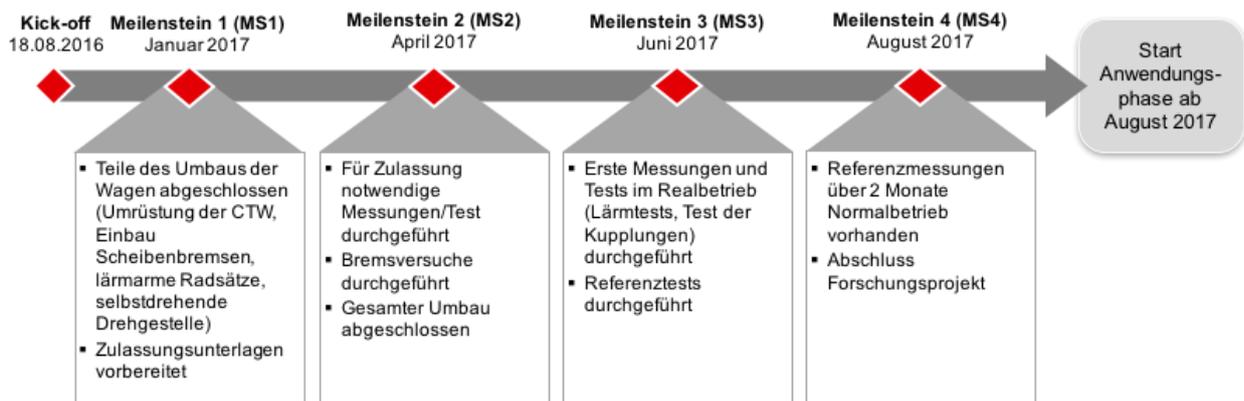


Abbildung 2 Meilensteinplanung Forschungsprojekt Eisenbahnlärm 2016

Mit dem Abschlussbericht der Lärmmessungen endet gemäß Plan das Forschungsprojekt. Nach Abschluss des Forschungsprojektes findet die Anwendungsphase des Testzuges im Realbetrieb bis 2021 statt. Ebenfalls werden weitere begleitende Untersuchungen und Messungen mittels der Überwachung durch Sensorik und Telematik stattfinden, um abschliessende Ergebnisse bezüglich der Anwendung der Komponenten sowie deren Zukunftsfähigkeit zu erlangen. Dieser Zeitabschnitt ist jedoch nicht Gegenstand des Forschungsprojekt Eisenbahnlärm 2016.

5. Ergebnisse

Als Ergebnis des Forschungsprojektes Eisenbahnlärm 2016 zeigt sich deutlich, dass eine signifikante Lärmreduzierung mit innovativer Bestandstechnologie, wie sie im 5L Demonstrator verbaut wurde, zu erzielen ist. Gerade die Reduzierung der Lärmemissionen ist essentiell, um die Akzeptanz des Schienengüterverkehrs in der Bevölkerung auch in der Zukunft sicherzustellen. Es zeigt sich jedoch auch, dass die innovativen Bestandstechnologien derzeit nicht ausreichend sind, um einen sowohl ökologisch als auch wirtschaftlich nachhaltigen Schienengüterverkehr zu betreiben. In Kombination mit der automatischen Kupplung ist der 5L Demonstrator Zug jedoch ein Meilenstein im Hinblick auf die Automatisierung und Digitalisierung im Schienengüterverkehr. Er wird als Grundlage dienen für die Entwicklung eines neuen innovativen Güterwagens, der ökologische und wirtschaftliche Anforderungen im Kontext der 5L (Leise, Leicht, Laufstark, Logistikfähig, Life-Cycle-Costs) miteinander vereint und durch seinen wirtschaftlichen Einsatz eine signifikante Lärmreduzierung im Schienengüterverkehr bewirken wird.

5.1. Projektverlauf (Zeitplan und Meilensteine)

Wie zuvor beschrieben wurden zu Beginn des Projektes Meilenstein mit dem BAFU definiert.

Die Resultate des 1. Meilensteins wurden im vereinbarten Zeitrahmen erreicht, wie im 2. Lenkungsausschuss zum Forschungsprojekt am 01. März 2017 rapportiert.

Durch signifikante Lieferverzögerungen einiger Komponenten für die Güterwagen von bis zu 12 Wochen sowie zusätzlich aufwändige Anpassungsarbeiten musste im Verlauf jedoch der Projektzeitplan angepasst werden. Auch durch Bemühungen seitens des SBB Cargo Managements konnten die Lieferverzögerungen nicht komplett reduziert werden. Aus diesem Grund wurde beim 3. Lenkungsausschuss am 06. Juni 2017 beantragt, den ursprünglichen Zeitplan um 8 Wochen zu verlängern. Ebenfalls wurde mit dem BAFU vereinbart, einen 5. Meilenstein am Ende des Projektes im Oktober 2017 zu ergänzen. Anstelle des ursprünglich im August 2017 vereinbarten Lenkungsausschusses wurde ein Update Meeting mit dem BAFU am 17. August 2017 veranstaltet, um über den aktuellen Stand des Projektes sowie insbesondere die Lärmmessungen zu informieren. Diese Anpassungen des Zeitplans stellten sich wie folgt dar:

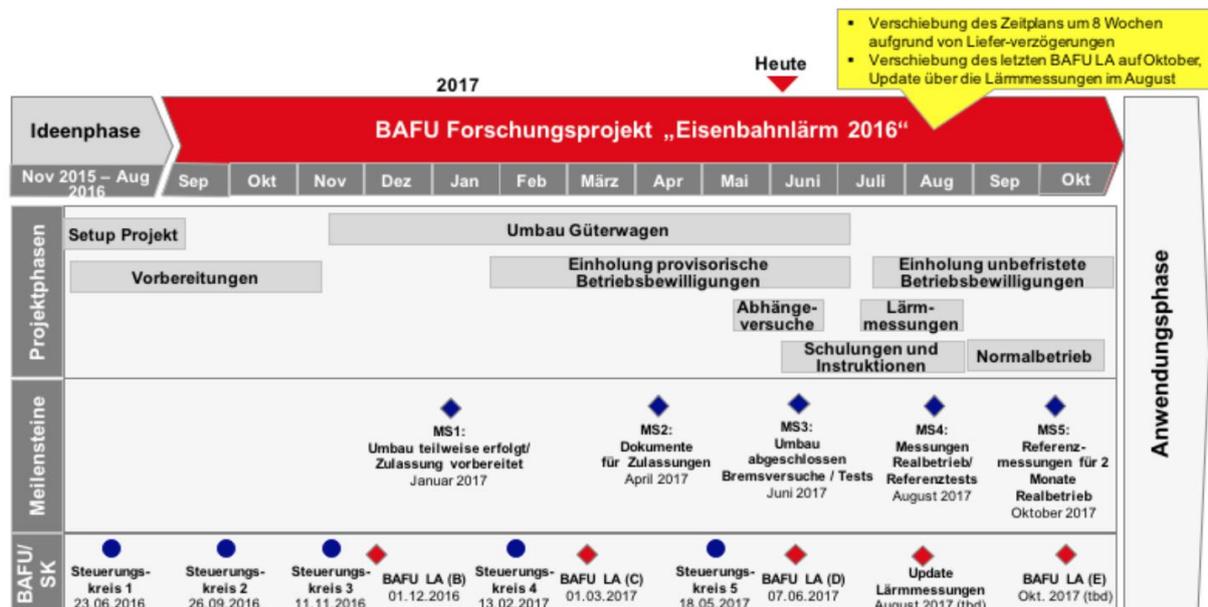


Abbildung 3 Angepasster Zeitplan zum Forschungsprojekt Eisenbahnlärm 2016

Aufgrund von unvorhergesehenen Lieferverzögerungen der Lieferanschlüsse von Faiveley musste der Zeitplan zum BAFU Update Meeting am 17. August 2017 zusätzlich um 4 Wochen nach hinten geschoben werden. Dies wurde entsprechend seitens des BAFU Lenkungsausschuss bestätigt. Am vereinbarten Abschlussmeeting zum Forschungsprojekt am 25.10.2017 wurde jedoch festgehalten. Eine Auswirkung auf die Budgetobergrenze von 3 Mio. CHF konnten durch enges Projektmanagement verhindert werden.

Aufgrund der bei den Lärm-messungen aufgetretenen Flachstellen an einigen Komponenten mussten zusätzliche Untersuchungen durchgeführt werden, insbesondere was die

Bremseinstellungen für einige Fahrzeuge betraf. Dies verzögerte ebenfalls die Ausstellung der für den Einsatz notwendigen Gutachten. Zuerst mussten die technischen Probleme vollumfänglich behoben werden, um einen Einsatz der Güterwagen im kommerziellen Betrieb sicher gewährleisten zu können. Dies erfolgte mit leichter Verzögerung im Januar 2018, sodass ab diesem Zeitpunkt ein Einsatz der Wagen im kommerziellen Betrieb möglich war.

5.2. Engineering, Umbau und Bewilligung der Güterwagen

Ein wesentlicher Teil des Projektes bestand im Engineering und Umbau der 16 Sgnss Güterwagen (inkl. 4 Referenzwagen) ebenso wie der Beantragung der Betriebsbewilligungen zum Einsatz der Wagen im kommerziellen Betrieb der SBB Cargo. Dabei unterscheiden sich die 16 Sgnss für den 5L Versuchszug von den Spenderfahrzeugen der SBB Cargo durch die Verwendung neuer Komponenten sowie der Verwendung der automatischen Kupplung. Hauptmerkmal ist der Einsatz von 4 unterschiedlichen Drehgestellbauarten, welche eine radiale Einstellung des Radsatzes ermöglichen, sowie der Einbau von Scheibenbremsen.

Acht Wagen wurden als Übergangswagen hergerichtet, um eine Zugkomposition der Wagen zu erlauben. Diese Wagen besitzen an einem Ende die automatische Kupplung, am anderen Ende die UIC Schraubekupplung und Puffer nach EN 15551.

Die Konfiguration der einzelnen Wagen fand dabei wie folgt statt:

	Wagen 1	Wagen 2	Wagen 3	Wagen 4	Wagen 5	Wagen 6	Wagen 7	Wagen 8	Wagen 9	Wagen 10	Wagen 11	Wagen 12	Wagen 13	Wagen 14	Wagen 15	Wagen 16
Drehgestell																
ELH	X	X	X													
Tatravagonka poprad				X	X	X										
WBN							X	X	X							
Greenbrier										X	X	X				
Y25 DG													X	X	X	X
Radsatz																
Lucchini RS	X				X				X		X					
Bonatrans		X				X	X					X				
Bochumer Verein			X	X				X		X						
Bremse																
Knorr-Bremse	X			X			X			X						
Faiveley		X			X			X			X					
Dako-CZ			X			X			X			X				
K-Sohlen Klotzbremse													X	X	X	X
Bremspads / Sohlen	JU707-11	SWG36	BE_SP 140FF	JU707-11	SWG36	BE_SP 140FF	JU707-11	SWG36	BE_SP 140FF	JU707-11	SWG36	BE_SP 140FF	JU 816M	JU 816M	JU 816M	JU 816M
Autom. Kupplung																
Faiveley	AK/AK			AK/AK	SK/AK		AK/AK	AK/AK		SK/AK					SK/AK	SK/AK
Voith		AK/AK	SK/AK			AK/AK			SK/AK		AK/AK	AK/AK	SK/AK	SK/AK		

Abbildung 4 Übersicht Fahrzeugkonfiguration

Damit die innovativen Komponenten gemäß der Projektzielsetzung im Betriebseinsatz miteinander verglichen werden können, wurden die Wagen mit Sensoren von PJM ausgestattet. Die Sensoren erfassen die Bremszylinderdrücke, den Hauptluftleitungsdruck, die Beschleunigung auf Wagenebene in 3-Achsen, die Umdrehung und Drehrichtung eines Radsatzes, sowie das Gewicht der Zuladung.

Wegen der unterschiedlichen Kombination der zu verbauenden neuen Komponenten wurde für jedes einzelne Fahrzeug eine eigene, neu zu beantragende Betriebsbewilligung erforderlich. Die Zulassung der Fahrzeuge erfolgt(e) über Teilschritte. Das heisst, für die Fahrzeuge wurden entsprechende Betriebsbewilligungen in unterschiedlichen Phasen der Fahrzeug-Fertigstellung beantragt. Diese Vorgehensweise wurde erforderlich, weil die Fahrzeuge teilweise in unterschiedlichen Stadien des Umbaus für Versuchsfahrten, Tests, Lärmmessungen sowie für diverse PR Events zur Verfügung gestellt wurden.

Zum Abschluss des Projektes waren das Engineering sowie der Umbau der 16 Güterwagen abgeschlossen. Es gab folgend noch diverse Anpassungen und Modifikationen (z.B. Bremseinstellungen, Beschilderung), die an den Wagenkomponenten nach Auftreten der Flachstellen während der Lärmmessungen durchgeführt werden mussten. Dies musste erfolgen, um die provisorischen Betriebsbewilligungen für den kommerziellen Einsatz zu erhalten und einen sicheren Einsatz im kommerziellen Betrieb der SBB Cargo gewährleisten zu können. Nachdem diese Probleme behoben waren, wurden die Wagen gemäß Plan in die Anwendungsphase übergeben.

Für eine detaillierte Übersicht über die Fahrzeugkonfiguration, durchgeführte Umbauarbeiten sowie weitergehende technische Details der Güterwagen wird auf den separaten Technik Teil verwiesen, der zusammen mit dem Abschlussbericht dem BAFU zur Verfügung gestellt wird.

5.3. Kommunikation

Neben der Projektorganisation und den operativen Tätigkeiten zur Vorbereitung und zum Umbau der Güterwagen wurde das Projektvorhaben und die Zielsetzung des Forschungsprojektes breit an die Öffentlichkeit kommuniziert.

Im Januar 2017 wurde die breite Kommunikation an die Öffentlichkeit gestartet mit einer Pressemitteilung und einem Medienrundgang in der SA Muttenz, bei dem sich die ca. 30 anwesenden Journalisten vom Umbau der Wagen direkt ein eigenes Bild machen konnten. Neben der Vorstellung des Projektes wurden auch eine Fragerunde sowie diverse Interviews durchgeführt. Im Nachgang zum Medienrundgang gab es mit über 50 Beiträgen in der Publikums- und Fachpresse sowie Beiträgen in Radio und Fernsehen ein starkes Echo in der Öffentlichkeit im Hinblick auf das Projekt sowie insbesondere der Zielsetzung der Reduzierung von Lärmemissionen. Darüber hinaus gab es auch in den sozialen Medien und im SBB Cargo Intranet eine starke Rückmeldung der Leser.

Zudem wurde der 5L Zug dann im Februar 2017 beim SBB Event „Mobilität der Zukunft“ als Leuchtturmprojekt der Branche der Bevölkerung sowie der Bahnbranche präsentiert und somit die Öffentlichkeitswirksamkeit weiter erhöht.

Ein weiteres Highlight im Hinblick auf die Kommunikation des Projektes war die Präsenz von 4 umgebauten 5L Güterwagen bei der transportlogistic Messe in München im Mai 2017. Neben den 4 Wagen konnten das Projekt und seine Zielsetzung durch Factsheets und eine Ausstellung einem interessierten Publikum vorgestellt werden und die Innovationsfähigkeit der Branche breit kommuniziert werden. Besonders hervorzuheben ist die durchgeführte virtuelle Medienkonferenz zusammen mit Urs Walker, Abteilungschef Lärm und nichtionisierende Strahlung (NIS) vom Schweizer Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Jürgen Mues, Leiter Asset Management SBB Cargo, bei der insbesondere das Thema Lärmemissionen sowie Lärmschutzmassnahmen diskutiert und in einer Fragerunde weiter vertieft wurden. Die mediale Begleitung des

Messeauftritts sowie der Medienkonferenz mündete in zahlreichen Medienberichten sowie einem Artikel im SBB Cargo Magazin.

Neben diesen Highlights gab es im Verlauf des Forschungsprojektes Eisenbahnlärm 2016 diverse Interviews, Artikel und Vorträge zum Demonstratorzug sowie dem Thema der Lärmreduktion durch den Einsatz innovativer Komponenten im Schienengüterverkehr. Dies inkludiert z.B. einen Vortrag beim deutschen Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) zum Thema Lärmsanierung sowie einen Vortrag an der TU Berlin im Juli 2017 zum 5L Demonstrator sowie seine Auswirkungen auf den Schienengüterverkehr und das Thema Lärmemissionen.

Durch die zahlreichen durchgeführten Kommunikationsmassnahmen konnte das Profil des Projektes und gerade auch die Fokussierung auf das Thema Lärm betont werden. Im Hinblick auf die Akzeptanz des Schienengüterverkehrs in der Öffentlichkeit wird es auch im weiteren Verlauf des 5L Projektes von hoher Bedeutsamkeit sein, das Projekt und die erzielten Ergebnisse breit zu kommunizieren und die Innovationsfähigkeit der Branche auch beim Thema Lärm hervorzuheben.

5.4. Ergebnisbericht der Lärmmessungen

Im Zuge des Projekts „SBB TIS 5L Monitoring“ wurde das akustische Verhalten verschiedener neu entwickelter Drehgestelltypen im Vergleich mit dem Referenzdrehgestell Y25 DG untersucht. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Radsätze des Typen 4 auf gerader Strecke eine Lärminderung um 4 bis 6dB(A) erzielen. Für die Radsätze der Typen 2 und 3 beträgt die Lärminderung 1 bis 3dB(A). Die Drehgestelle der Typen 1 und 2 zeigen stabiles Verhalten auf der Geraden und niedrige Lärmemissionen in der Kurve. Die Messungen zeigen, dass eine Kombination aus den Drehgestellen der Typen 1 und 2 mit den Radsätzen des Typen 4 die größte Reduzierung von Lärmemissionen erzielt.

Ein Messbericht sowie die gesammelten rohen Messdaten werden separat zur Verfügung gestellt.

5.4.1. Messungen

Im Rahmen des Projekts wurden folgende Messungen durchgeführt:

- Vorbeifahrtmessung auf gerader Strecke bei 80; 100, und 120 km/h
- Messung mit der akustischen Kamera auf gerader Strecke
- Vorbeifahrtmessung in Gleisbögen mit Radius von 290 und 490m
- Vibrationsmessungen in Gleisbögen mit Radius von 290 und 490m
- Radsatzvermessungen aller beteiligten Versuchswagen
- Schienenrauheitsmessungen an allen Messstellen
- Abklingratemessungen an allen Messstellen

5.4.2. Versuchsobjekt

Bei den Versuchswagen handelte es sich um 4 Referenzwagen mit Drehgestellen des Typs Y25 und 12 Flachwagen mit verschiedenen neu entwickelten Drehgestellen. Die Wagenzusammensetzungen variieren im Bezug auf:

- Drehgestell (ELH, Greenbrier, Tatr. Poprad, WBN, Referenz Y25 DG)
- Radsatz (Bochumer Verein, BonaTrans, Lucchini RS, Referenz SBB Db10SA)
- Bremse (Dako-CZ, Faiveley, Knorr Bremse, Referenz KS Klotzbremse)

- Beläge/Klötze (BE_SP 140FF, SWG36 JU707-11, Referenz JU 816M)
- Kupplung (Faiveley, Voith, Referenz Voith)

5.4.3. Vorbeifahrtmessungen auf geradem Gleis

Im Vorbeifahrtgeräuschpegel auf gerader Strecke liegt die größte Aussagekraft aller durchgeführten Messungen. Abbildung 1 zeigt eine anschauliche Zusammenfassung der Messergebnisse. Es wurden jeweils zwei Referenzwagen an die Zugspitze, und zwei Referenzwagen an das Zugende gestellt, um zum einen den Einfluss der Lok zu minimieren und zum anderen immer zumindestens zwei ungestörte Referenzpegel zu erfassen. Der Zug wurde in beiden Fahrtrichtungen gemessen, weswegen die Lok auf beiden Seiten des Testzuges sein kann. Abgebildet ist der auf 80km/h normierte, A-bewertete Schallpegel mit der Zeitbewertung fast (LAF;80), gemessen bei verschiedenen Vorbeifahrtgeschwindigkeiten.

Durch Erfassung der Radscheiben des Zuges mit einer Laserlichtschranke konnte das Vorbeifahrtgeräusch geometrisch den Versuchswagen zugeordnet werden. Die TEL80-Werte (Legende) beziehen sich jeweils auf die gesamte Zugvorbeifahrt (Alle Wagen inklusive Lok). Folgende Aussagen können getroffen werden:

- Die LAF 80-Pegel sind weitgehend Geschwindigkeitsunabhängig. Sowohl die Geschwindigkeitskorrektur auf die Normgeschwindigkeit von 80km/h, als auch die Plausibilität der Messwerte kann dadurch festgestellt werden.
- Das Vorbeifahrtgeräusch der Lok dominiert aufgrund des sehr hohen LAF 80-Pegels von über 90dB(A) das gesamte Vorbeifahrtgeräusch des benachbarten Wagens (siehe ID15) und beeinflusst zum Teil auch das Geräusch des zweiten Referenzwagens (siehe ID16)
- Die beiden Referenzwagen (ID13, ID14) liefern keine brauchbaren Ergebnisse, da sich starke Flachstellen auf (mindestens einem) Radsatz befinden.
- Weitere Flachstellen traten während der Messungen am Versuchswagen (ID7) auf. Es wurden hier Vorbeifahrtpegel mit- und ohne Flachstelle erfasst. Der Unterschied ist deutlich ersichtlich.
- Im Bereich der Versuchswagen (ID2, ID6, sowie ID1, ID5) traten bei erhöhten Geschwindigkeiten von 120km/h (teilweise auch bei 100km/h) impulsartige, pfeifende Geräusche hoher Frequenz auf, die den Vorbeifahrtpegel stark beeinflussen. bei allen übrigen Versuchswagen wurden derartige Geräusche nicht gemessen.
- Im Bereich der Versuchswagen (ID8, ID4, ID7) treten besonders niedere Vorbeifahrtpegel auf (vor Auftreten der Flachstelle)
- Es ist sehr schwer, von den Messergebnissen explizit auf einzelne Komponenten der (verschieden konfigurierten) Versuchswagen zurück zu schließen

Bei den Vorbeifahrtmessungen werden zwischen den Intervallen ID16-ID15 (Referenz ohne Flachstellen) und den übrigen Intervallen bis zu 6dB (A) Minderung des Vorbeifahrtpegels erreicht. Hervorzuheben sind die Intervalle ID10-ID08 und ID08-ID04.

Es ist zu beachten, dass die Vorbeifahrtpegel der Referenzwagen zum Teil durch den Geräuschpegel der (im Vergleich extrem lauten) Lok gestört werden.

Die Messungen mit der akustischen Kamera haben nicht sehr viel Aussagekraft (die Messergebnisse sind im Messbericht ersichtlich). Die lokalisierten Geräuschquellen befinden sich (wie erwartet) jeweils bei den Radscheiben (Abstrahlverhalten). Allerdings wurde immer nur diese (dominante) Geräuschquelle erfasst.

Die Quelle des lautesten Geräusches ist nach Auswertung der Messdaten jeweils die Radscheibe bzw. der Rad-Schiene- Kontaktpunkt. Zu den interessierenden Intervallen sind die ortsauflösten akustischen Darstellungen und die zugehörigen Spektren im Anhang des Messberichts zu finden.

Die Messungen in den Gleisbögen wurden nach den Messungen auf gerader Strecke durchgeführt. Die Flachstellen an den Radsätzen wurden dazu erneut abgedreht. Die beiden Referenzwagen (ID13, ID14) wurden aus dem Zugverband entfernt. Folgende Aussagen können getroffen werden:

- Bei R_290m und R_490m wurden für die Wagen (ID3, ID12, ID2, ID6, ID8, ID4) besonders niedere Vorbeifahrtpegel gemessen.
- Der Versuchswagen (ID7) hat ein besonders hohes Vorbeifahrtgeräusch in den Gleisbögen.
- Die lateralen und transversalen Vibrationsmessungen an der Schiene wurden durch Ultraschalleinflüsse (beim Kurvenquietschen eingeleitet) sehr stark gestört. Die Sensoren (250g Messbereich) übersteuerten sehr oft.
- Zusätzlich wurden sehr starke Schwankungen in Abhängigkeit zur Messzeit festgestellt (Feuchtigkeit in Form von Tau etc. am Schienenkopf senkt die Vibrationspegel der Zugvorbeifahrt)
- Die Vibrationspegel am Gleisbogen mit R_290m waren besser messbar als bei R_490m, was auf das verbesserte Abklingverhalten der Teststrecke bei R_290m und damit auf stärkere Dämpfung der Ultraschallgeräusche zurückzuführen sein dürfte. Im Gegensatz zu den anderen beiden Teststrecken (Betonschwellen) hatte die Teststrecke bei R_290m Holzschwellen.

5.4.4. Gleisbogenmessungen bei R=490m

Die Differenz zwischen den Referenzwagen (ID16-ID15) und den Testwagen ist bei Messposition Mik1 wesentlich geringer als bei Vorbeifahrt auf freier Strecke. Die Differenzen belaufen sich auf Größenordnungen von knapp über 3dB (A). Die Intervalle ID12-ID02, ID02-ID06, ID10-ID08 und ID08-ID04 zeigen ähnliches akustisches Verhalten und liegen in Bezug auf den Vorbeifahrtpegel LAeq,T p,80 an tiefster Stelle.

Die Differenz zwischen den Referenzwägen (ID16-ID15) und den Testwägen ist bei Messposition Mik2 in der Größenordnungen von 4 5dBpAq. Die Intervalle ID02-ID06, ID10-ID08 und ID08-ID04 zeigen ähnliches akustisches Verhalten und liegen in Bezug auf den Vorbeifahrtpegel LAeq,T p,80 an tiefster Stelle.

Es ist zu beachten, dass die Vorbeifahrtpegel der Referenzwagen zum Teil durch den Geräuschpegel der (im Vergleich extrem lauten) Lok gestört werden.

Die Messungen der Vibrationen an der Schiene gestalteten sich aufgrund sehr starker Ultraschalleinflüsse in den Gleisbögen als schwierig. Es sind zwar an allen Messpositionen Messdaten vorhanden, allerdings nicht bei erhöhter Geschwindigkeit von 80 km/h. Es ist für den Gleisbogen mit R=490 m kaum möglich, solide Aussagen über das akustische Verhalten der einzelnen Intervalle zu treffen.

5.4.5. Gleisbogenmessungen bei R=290m

Die Differenz zwischen den Referenzwagen (ID16-ID15) und den Testwagen liegt bei Messposition Mik1 in der Größenordnung von 4-5 dB(A). Die Intervalle ID10-ID08 und ID08-ID04 zeigen ähnliches akustisches Verhalten und liegen in Bezug auf den Vorbeifahrtpegel LAeq,T p,80 an tiefster Stelle.

Die Differenz zwischen den Referenzwagen (ID16-ID15) und den Testwagen ist bei Messposition Mik2 ebenfalls in der Größenordnung von 4-5 dB(A). Die Intervalle ID12-ID02, ID02-ID06, ID10-ID08 und ID08-ID04 zeigen ähnliches akustisches Verhalten und liegen in Bezug auf den Vorbeifahrtpegel LAeq,T p,80 an tiefster Stelle.

Es ist zu beachten, dass die Vorbeifahrtpegel der Referenzwagen zum Teil durch den Geräuschpegel der (im Vergleich extrem lauten) Lok gestört werden.

Die Ultraschalleinflüsse in der Schiene waren bei R=290 m wesentlich geringer als bei R=490 m, was vermutlich auf die erhöhte Abklingrate dieses Gleisabschnittes zurückzuführen ist. Es kann festgestellt werden, dass das Referenzintervall (ID16-ID15) in Bezug auf senkrechte Beschleunigungen in der Größenordnung 2-3 dB(A) über den Testwagen mit den geringsten senkrechten Beschleunigungen und in Bezug auf seitliche Beschleunigungen in der Größenordnung 5-6 dB(A) über den Testwagen mit den geringsten seitlichen Beschleunigungen liegt. Die Intervalle ID12-ID02 und ID02-ID06 sind dabei direkt mit dem Referenzintervall vergleichbar, die übrigen Intervalle müssen aufgrund der Ultraschalleinflüsse mit gültigen Referenzwerten bei ähnlicher Vorbeifahrtgeschwindigkeit verglichen werden.

Zu den Referenzwagen (ID16 und ID15) muss angemerkt werden, dass das Drehgestell DG2 von Wagen ID16 wesentlich lauter ist als das ebenfalls im Referenzintervall liegende DG2 von Wagen ID15. Die Differenz liegt bei lateraler und transversaler Beschleunigung bei rund 5dB(A).

5.4.6. Schienenrauheit

Die Schienenrauheit lag an allen Messstellen unter dem TSI-Limit. Besonders glatt war die Schiene bei Kerzers (gerades Gleis).

5.4.7. Abklingrate

Es gab zum Teil starke Unterschreitungen des TSI-Limits für Abklingraten auf den Messstrecken mit Betonschwellen (Willisau und Kerzers / gerade Strecke und R_490m). Die Abklingrate in Menznau (Holzschwellen) blieb bis auf eine kleine Ausnahme (transversale Abklingrate bei 400Hz auf S02) in allen Terzbändern über dem TSI-Limit für Abklingraten.

Auf die Vergleichsmessungen haben die Unterschreitungen der lateralen, sowie transversalen Abklingrate prinzipiell keinen Einfluss.

5.4.8. Radsatzvermessungen

Die Radsatzvermessungen wurden an allen Wagen durchgeführt. Während der Messungen auf gerader Strecke traten aufgrund einer Notbremsung Flachstellen auf, deswegen wurden fünf Wagen erneut abgedreht. Es traten keine Außergewöhnlichkeiten auf.

5.4.9. Graphische Darstellung der Lärmessungen

Der abgebildete LAF;80 bezieht sich auf den Referenzschalldruck $p_0 = 20\text{mPa}$. Es sind jeweils alle Vorbeifahrten an einer Messstelle in einer Grafik abgebildet.

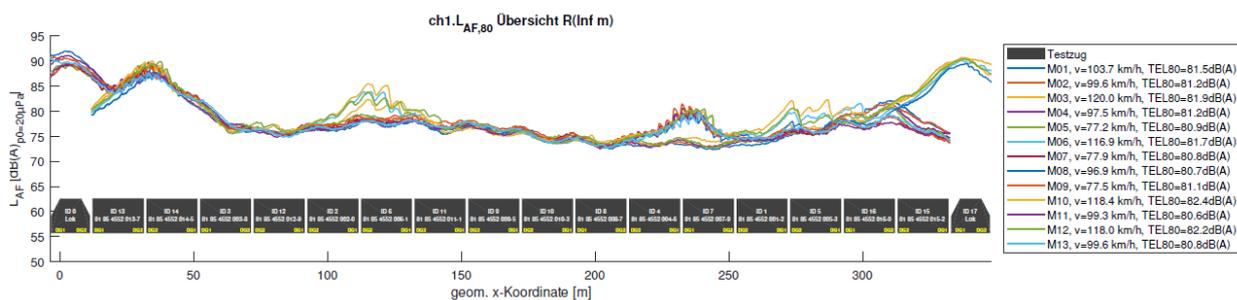


Abbildung 1: gerade Strecke, $L_{AF,80}$ in 7.5m Abstand, 1.2m Höhe

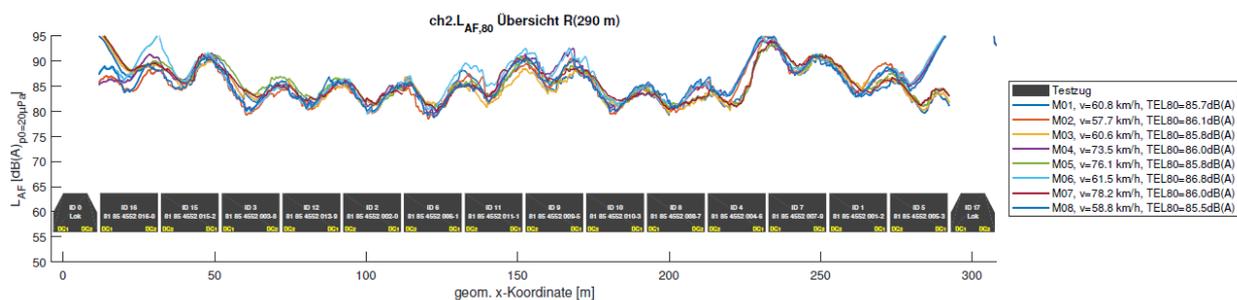


Abbildung 2: R=290m, $L_{AF,80}$ in 2.7m Abstand, 1.2m Höhe

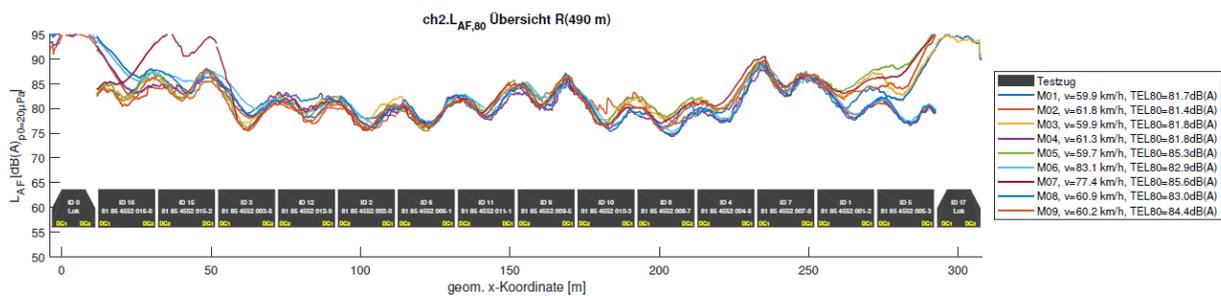


Abbildung 3: R=490m, $L_{AF,80}$ in 2.7m Abstand, 1.2m Höhe

Weitere Details können dem detaillierten Messbericht entnommen werden.

5.5. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der 5L Wagen

Im Rahmen des 5L Projektes wurden im Hinblick auf eine Neubeschaffung von lärmarmen Güterwagen auch die Komponentenpreise betrachtet. Die Beschaffungskosten der 5L Güterwagen spielen eine elementare Rolle in der Bewertung der Zukunftsfähigkeit sowie der zu erzielenden realen Lärmreduzierung durch den Einsatz neuer Güterwagen, da nur für den Halter wirtschaftliche Güterwagen auch real im Güterverkehr eingesetzt werden und sich am Markt durchsetzen können. Dies ist in den 5L auch entsprechend im Faktor „Life-Cycle-Cost-orientiert“ abgebildet. Eine Betrachtung der derzeitigen Komponentenpreise auf Basis eingeholter Angebote von den am Projekt teilnehmenden Herstellern ergibt, dass die Preise für die in den 5L Wagen eingebauten Drehgestelle (komplett mit Radsätzen, Bremsen und Handbremsen) mit ca. 26 TCHF zwischen 10% und 25% höher liegen als die derzeit im Güterverkehr der SBB Cargo eingesetzten

Y25 Drehgestelle. Diese Ergebnisse beinhalten noch keine Mengeneffekte oder eventuelle Reduzierungen durch Verhandlungen.

Aus diesem Grund zeigt sich, dass eine reine Einkaufspreisbetrachtung auf Basis der Einzelkomponenten derzeit noch zu keinem zufriedenstellenden Ergebnis hinsichtlich eines wirtschaftlichen Einsatzes der 5L Güterwagen im Güterverkehr führt. Um die potentiellen Einspareffekte der neuen Komponenten und die damit erhöhte finanzielle Attraktivität für den Einsatz zu identifizieren, bedarf es gemäß den Life-Cycle-Kosten einer gesamtheitlichen Betrachtung im Rahmen einer Neubeschaffung von Güterwagen. Diese liegt jedoch außerhalb des Projektrahmens des 5L Demonstrators bzw. des BAFU Forschungsprojektes Eisenbahnlärm 2016.

Nur durch eine schnelle Amortisation der benötigten Investitionen sowie weitere Einsparungen bei Betrieb und Instandhaltung kann sich der lärmarme Güterwagen wie im 5L Projekt vorgesehen im Güterverkehr durchsetzen und die im Projektrahmen identifizierten Lärmreduzierungen konkret für die Bevölkerung umsetzen.

6. Projektkosten

Im folgenden Abschnitt wird eine Übersicht über die gestellten Rechnungen sowie die Ausnutzung des Projektbudgets dargestellt.

Im Laufe des Forschungsprojektes Eisenbahnlärm 2016 wurden der Auftraggeberin folgende Beträge in Rechnung gestellt:

September 2016 – Oktober 2016:	259'057,15 CHF
November 2016 – Januar 2017:	391'838,87 CHF
Februar 2017 – April 2017:	788'149,55 CHF
Mai 2017 – September 2017:	977'039,45 CHF
<u>Oktober 2017 – Dezember 2017:</u>	<u>381'236,60 CHF</u>
Total:	2'797'321,62 CHF

Insgesamt ergibt sich somit eine Ausnutzung des 3 MCHF Projektbudgets von 93% über den gesamten Projektzeitraum.

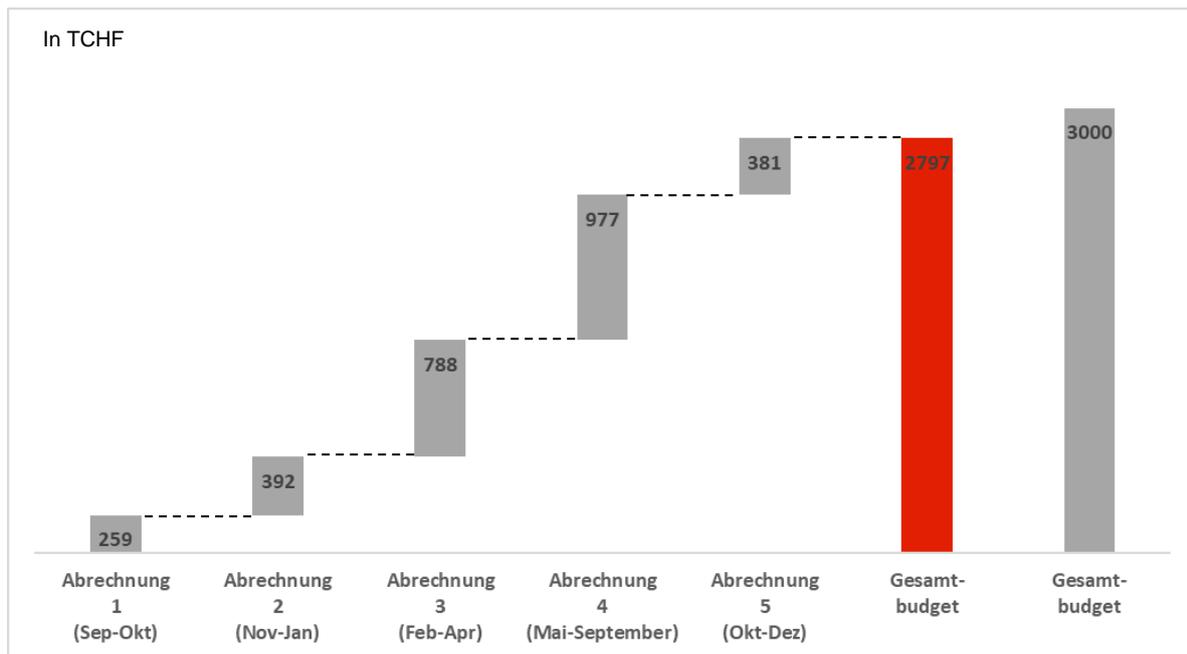


Abbildung 5 Überblick über die Projektkosten

Zum Zeitpunkt des vorläufigen Projektabschlusses im Okt 2017 wurden insgesamt 2'416'085 CHF abgerechnet. Mit dem BAFU wurde eine Nachreichung der ausstehenden Rechnungen bis Ende Dezember 2017 vereinbart. Anhand dieser Vereinbarung wurden zusätzliche Aufwände von 381'236,60 CHF eingereicht. Somit ist der gesamt eingereichte Betrag 2'797'321,62 CHF und liegt unter dem genehmigten Gesamtbudget von 3'000'000 CHF.

7. Gewonnene Erfahrungen (Lessons-Learned)

Das 5L Demonstrator Projekt hat gezeigt zu was der Eisenbahnsektor inkl. der Hersteller heute fähig ist. Jedoch zeigt sich auch, dass die vorhandene Bestandstechnologie nicht ausreicht, um wirtschaftlich und ökologisch nachhaltige Güterwagen flächendeckend einzuführen. Folglich ist eine weitere Entwicklung zwingend notwendig.

Zudem hat sich gezeigt, dass die Planung, Koordination und Kalkulation im Rahmen eines Innovationsprojekts mit zahlreichen Stakeholdern äußerst komplex ist. Dies betrifft insbesondere die zeitliche Koordination und Steuerung der Lieferanten der verbauten Komponenten, deren starke Lieferverspätungen den Zeitplan signifikant beeinflusst haben.

Das gesetzte Umsetzungsziel war terminlich äusserst ambitioniert und wurde von allen Teilnehmern als unrealistisch beurteilt. Im Nachhinein war es ein guter Entscheid dieses Ziel derart hoch zu setzen um gemeinsam unter extremen Druck zum Erfolg zu kommen. Die Hersteller selbst waren von ihrer eigenen Leistungsfähigkeit überrascht und konnten deutliches Verbesserungspotential für sich entdecken.

Gerade im Hinblick auf die Neuentwicklung und Beschaffung eines innovativen Güterwagens ist somit die Fähigkeit der Komponentenhersteller hinsichtlich Liefergenauigkeit und Zuverlässigkeit ein kritischer Faktor, den es gilt näher zu untersuchen. Trotz eines folglich sehr hohen

ungeplanten Aufwands für die Steuerung der Lieferanten im Laufe des Projektes konnten einige Lieferverzögerungen mit Blick auf den Gesamtprojektzeitplan nicht mehr ausgeglichen werden. Neben den Lieferverzögerungen ergaben sich gerade im Hinblick auf den Umbau der Güterwagen und den Einbau der neuen Komponenten zusätzliche Komplexitäten, insbesondere was die notwendigen Anpassungen der Komponenten für den erfolgreichen Einbau in die vorhandenen Güterwagen (z.B. Ventile und Leitungen) betrifft. Ohne bereits etablierte Prozesse und Anweisungen zum Umbau der Güterwagen ist die Komplexität insgesamt sehr hoch.

Sowohl beim Engineering der Komponenten als auch beim physischen Einbau gab es somit ungeplante Herausforderungen, die sich jedoch bei einem hochkomplexen und innovativen Projekt nicht gänzlich ausschließen lassen. Nur durch Pilotprojekte wie dem 5L Projekt ist es möglich, in einem trägen System wie dem Schienengüterverkehr aktiv Innovationen nicht nur zu entwickeln, sondern auch branchenweit voranzutreiben und im Betrieb zu etablieren. Das 5L Projekt ist somit ein erstes Projekt von hoffentlich vielen, um durch breite Kollaboration im Schienengüterverkehr die Innovationsstärke und Wettbewerbsfähigkeit des Sektors aktiv zu verbessern. Neben der Entwicklung und dem physischen Umbau der Güterwagen gilt es im nächsten Schritt, insbesondere die Produktion im Umgang mit den neuen Technologien und Prozessen zu befähigen. Nur durch einen erfolgreichen Einsatz der innovativen Komponenten in der Anwendung lässt sich langfristig auch die erzielte Lärmreduzierung durch die innovativen Güterwagen für die Bevölkerung realisieren.

Somit wird insbesondere für die laufende Anwendungsphase der 5L Güterwagen im Realbetrieb der SBB Cargo mit ungeplanten Aufwänden und starken Herausforderungen an alle Teilnehmer gerechnet.

8. Fazit und Ausblick

Das 5L Projekt im Rahmen des BAFU Forschungsprojektes Eisenbahnlärm 2016 hat bewiesen, dass es möglich ist, durch eine sektorweite Kollaboration der Marktteilnehmer im Schienengüterverkehr Innovationen ganzheitlich voranzutreiben. Trotz der hohen Komplexität und zusätzlichem Aufwand wurde es geschafft innerhalb weniger Monate, 16 Güterwagen mit innovativen Komponenten zu bestücken und messbare Lärmreduzierungen durch den Einsatz zu erzielen. Ohne die Förderung durch öffentliche Stellen wie das Bundesamt für Umwelt wäre dies nicht umsetzbar gewesen. Im Rahmen der Anwendungsphase wurden die umgebauten Güterwagen in den Realbetrieb der SBB Cargo eingegliedert, um weitere Erkenntnisse hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Komponenten im längerfristigen Betrieb unter realen Bedingungen zu gewinnen. Hier wird sich zeigen, welche innovativen Komponenten den täglichen Herausforderungen des Schienengüterverkehrs am besten begegnen werden. Die ersten Ergebnisse sind durchweg gut und stimmen SBB Cargo positiv weitere Schritte gehen zu können.

Im nächsten Schritt gilt es, mit den bereits gewonnenen Erfahrungen sowie den Erkenntnissen aus der Anwendungsphase der 5L Güterwagen einen innovativen Güterwagen zu entwickeln, der nicht nur ökologisch, sondern auch wirtschaftlich nachhaltig den Schienengüterverkehr revolutionieren könnte. Ein erster Prototyp des Güterwagen „5L Next“ wird auf der Transportlogistik Messe in München im Juni 2019 ausgestellt werden.

Nur durch die Erfüllung der wirtschaftlichen Herausforderungen wird sich ein innovativer und wettbewerbsfähiger Schienengüterverkehr branchenweit etablieren lassen.

Hier wird es auch in Zukunft einer weiteren Begleitung und gezielter Förderung / Anschubfinanzierung durch die öffentliche Hand bedürfen, um gemeinsam mit der Industrie die Technologieentwicklung voranzutreiben und eine ganzheitliche Lösung im Markt zu etablieren.

Aus diesem Grund wird seitens SBB Cargo bereits aktiv daran gearbeitet, ganzheitlich Innovationen in Kollaboration mit den Komponentenherstellern, Forschungseinrichtungen und weiteren Marktteilnehmern zu etablieren und einen ganzheitlichen, zukünftigen Güterwagen zu entwickeln, der sowohl eine signifikante Lärmreduzierung erzielt als auch wirtschaftlich und wettbewerbsfähig eingesetzt werden kann.

Eine weitere wesentliche Erkenntnis ist, dass der Fokus zwingend auf Lokomotiven erweitert werden muss. Weitere Bemühungen zur Lärmreduzierung werden durch die deutlich lautereren Lokomotiven negiert.