



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Verkehr BAV
Programm Umsetzung der Energiestrategie 2050
im öffentlichen Verkehr (ESöV 2050)

Energieoptimierung NExT

Schlussbericht

Michael Ryf, Regionalverkehr Bern-Solothurn AG

Tiefenastrasse 2, Postfach, 3048 Worblaufen, michael.ryf@rbs.ch, www.rbs.ch

Begleitgruppe

Wegen der übersichtlichen Projektgrösse wurde keine Begleitgruppe benötigt.
Von Seite RBS wurde das Projekt von Felix Hofer, Leiter Rollmaterial überwacht.

Impressum

Herausgeberin:
Bundesamt für Verkehr BAV
Programm Umsetzung der Energiestrategie 2050 im öffentlichen Verkehr (ESöV 2050)
CH-3003 Bern

Programmleiter
Tristan Chevroulet, BAV

Projektnummer: 053
Bezugsquelle
Kostenlos zu beziehen über das Internet
www.bav.admin.ch/energie2050

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor –in oder sind ausschliesslich die Autoren –
innen dieses Berichts verantwortlich.

Bern, den 30.11.2017

Inhalt

Änderungsverzeichnis	1
Executive Summary in Deutsch	2
Executive Summary in einer zweiten Landessprache	2
Executive Summary in Englisch	2
Zusammenfassung in Deutsch	2
Zusammenfassung in einer zweiten Landessprache	2
1. Ausgangslage	3
2. Ziel der Arbeit	3
3. Forschungsansatz und aktueller Wissensstand	4
3.1 Grundlagen	4
3.2 Initialisierung des Projekts beim RBS	4
3.3 Projektkoordination mit SBB und SOB	4
4. Ergebnisse	5
4.1 Evaluierte Massnahmen	5
4.2 Energieverbrauchsmessungen	6
4.3 Geändertes Fahrzeugverhalten	7
4.4 Abschätzung Energiesparpotential	8
4.5 Umsetzung	8
5. Diskussion	9
6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen	9
Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	10
Abbildungsverzeichnis	10
Literaturverzeichnis	10
Anhang	10

Änderungsverzeichnis

Version	Seiten	Bemerkung	Autor	Geprüft	Freigabe	Datum
0.1	8	Entwurf und Bereinigung	M. Ryf			09.11.2017
1.0	12	Freigabe	M. Ryf	F. Hofer	M. Ryf	30.11.2017

Executive Summary in Deutsch

Der Regionalverkehr Bern-Solothurn RBS wollte die Energieeffizienz der 14 Fahrzeuge RABe 4/12 NExT aus dem Hause Stadler Rail verbessern. Auf Initiative des Bundesamtes für Verkehr BAV wurden gemeinsam mit SBB und SOB mögliche Massnahmen evaluiert. Die am einfachsten nachzurüstenden und wirkungsvollsten Massnahmen sind das zeitliche Ausdehnen des Schlummerbetriebs sowie das konsequente Ausschalten nicht benötigter Systeme im Schlummerbetrieb. Mittels Messungen konnte ein Einsparpotential ermittelt werden, welches ungefähr dem jährlichen Stromverbrauch von 30 Haushalten entspricht. Die Änderungen an der Fahrzeugsteuerung sind aktuell im Freigabeprozess und sollen bis ca. Ende 2017 umgesetzt sein.

Executive Summary in einer zweiten Landessprache

Le Regionalverkehr Bern-Solothurn RBS a voulu améliorer l'efficacité énergétique des 14 rames RABe 4/12 NExT de Stadler Rail. À l'initiative de l'Office Fédéral des Transports OFT, les interventions possibles ont été évaluées conjointement avec SBB et SOB. Les mesures les plus faciles à mettre en œuvre et les plus efficaces sont l'expansion du temps en mode économie d'énergie ainsi que la désactivation conséquente des systèmes inutiles dans ce mode. Un potentiel d'économies correspondant à la consommation annuelle en électricité de 30 ménages pouvait être déterminé par mesures. Les changements à apporter au système de contrôle du véhicule sont actuellement en exécution et devraient être mis en œuvre environ à la fin d'année 2017.

Executive Summary in Englisch

The Regionalverkehr Bern-Solothurn RBS wanted to improve the energy efficiency of the 14 vehicles RABe 4/12 NExT from Stadler Rail. Acting upon the advice of the Federal Office of Transport FOT, possible solutions were evaluated together with SBB and SOB. The most simple and most effective measures are the extension of the energy-saving mode as well as the consistent deactivation of unneeded systems in this mode. A savings potential of approximately the annual electricity consumption of 30 households could be determined by measurements. The changes to the vehicle control system are currently released and should be implemented by the end of 2017.

Zusammenfassung in Deutsch

Aufgrund der Kürze dieses Berichtes wird auf eine separate Zusammenfassung verzichtet.

Zusammenfassung in einer zweiten Landessprache

En raison de la brièveté de ce rapport, un résumé n'est pas nécessaire.

1. Ausgangslage

Der RBS hat 2009 und 2013 in zwei Fertigungslosen insgesamt 14 neue Meterspur- Gleichstrom- Triebzüge vom Typ RABe 4/12 „NExT“ von Stadler Rail aus dem Werk in Altenrhein in Betrieb genommen [1]. Die Züge funktionieren grundsätzlich zuverlässig, sind gemäss heutigen Erwartungen der Fahrgäste mit Klimaanlage und modernen Fahrgastinformationssystemen ausgerüstet und sind für den RegioExpress- und S-Bahnbetrieb mit einem beschleunigungsstarken Antrieb versehen. Bei der Beschaffung und der Inbetriebsetzung wurde der Fokus auf die Erfüllung der geforderten Funktionen und auf die Zuverlässigkeit gelegt und nur am Rande auf die Energieeffizienz. Das vorhandene Optimierungspotential soll nun ausgeschöpft werden.



Abbildung 1: Fahrzeug RABe 4/12 "NExT" (Quelle: www.rbs.ch; 17.11.2017)

Da die NExT-Fahrzeuge speziell auf die Bedürfnisse des RBS zugeschnitten wurden und ausschliesslich beim RBS im Einsatz sind, müssen im Gegensatz zu Normalspur-Standardfahrzeugen mögliche Massnahmen zum Ausschöpfen dieses Potentials spezifisch für diese Fahrzeuge erst erarbeitet werden. Dies soll ebenfalls im Rahmen der vorliegenden Arbeit geschehen.

2. Ziel der Arbeit

Um das vorhandene Energiesparpotential auszuschöpfen, sollen mit dieser Arbeit folgende Ziele erreicht werden:

1. Identifizieren von Massnahmen, welche einen Beitrag an die Energieeffizienz der NExT-Fahrzeuge liefern
2. Quantifizieren von Aufwand und Nutzen der Massnahmen, Evaluieren der für die NExT geeigneten Massnahmen
3. Umsetzen der am besten geeigneten Massnahmen

3. Forschungsansatz und aktueller Wissensstand

3.1 Grundlagen

In verschiedenen Studien [2], [3], [4] wird der Energieverbrauch von Eisenbahnfahrzeugen in einzelne Bereiche aufgeschlüsselt. In der Regel dominieren dabei einerseits der Energieverbrauch für die Traktion, also für die Fortbewegung des Zuges, und andererseits der Energieverbrauch für Heizung, Lüftung und Klimatisierung (HLK) gegenüber weiteren Verbrauchern im Fahrzeug. Technische Massnahmen für die Energieeinsparung werden also in diesen beiden Bereichen die grösste Wirkung erzielen können und sollten deshalb mit erster Priorität untersucht werden. Mit Massnahmen in anderen Fahrzeugsystemen, welche grundsätzlich weniger Energie verbrauchen, können in einem zweiten Schritt weitere Einsparpotentiale ausgeschöpft werden.

Neben diesen technischen Eigenschaften beeinflussen auch betriebliche Abläufe, also die genaue Verwendung des Fahrzeugs in den verschiedenen Fahrzeugzuständen (Produktiv- oder Abstellzeit), den Energieverbrauch stark. Auch in diesem Bereich sollten Massnahmen mit erster Priorität untersucht werden.

Mit diesen beiden grundlegenden Ansätzen kann nun der Energieverbrauch eines bestimmten Fahrzeugs in einem spezifischen Betriebseinsatz systematisch untersucht werden. Da sich aber die technischen Systeme von Fahrzeug zu Fahrzeug nicht grundlegend unterscheiden und da auch bei den betrieblichen Einsatzprofilen nur kleine Differenzen (z.B. unterschiedliche Anteile an Produktiv- und Abstellzeit) auszumachen sind, wird sich auch die Zahl an möglichen Massnahmen zur Energieoptimierung in Grenzen halten. Hingegen kann sich je nach Fahrzeug und Betriebseinsatz der Nutzen von ein und derselben Massnahme deutlich unterscheiden. Für ein systematisches und effizientes Vorgehen ist es also nötig, aus einer möglichst vollständigen Sammlung an Massnahmen diejenigen auszuwählen, welche für das jeweilige Fahrzeug und den jeweiligen Betriebseinsatz die grössten Einsparungen versprechen. Im Zweifelsfalle sind die Energieeinsparungen der Massnahme genauer im Voraus zu berechnen. Genau dieses Vorgehen wurde für die Steigerung der Energieeffizienz der NExT gewählt.

3.2 Initialisierung des Projekts beim RBS

Ausgehend von der Berichterstattung zu Energieeffizienz-Messungen an den RABe 525 „Nina“ der BLS [2], hat der RBS ein Energiesparpotential bei den NExT-Fahrzeugen erkannt. In einem ersten Ansatz sollten ähnlich dem Vorgehen bei der BLS in einer Studie durch ein externes Ingenieurbüro die Optimierungsmassnahmen identifiziert und bezüglich Aufwand und Nutzen bewertet werden. Allerdings war von Anfang an klar, dass bedingt durch die im direkten Vergleich wesentlich kleinere Flotte, durch die Gleichstromtechnik (kein Transformator) sowie durch die bereits bestehenden, energieeffizienten Betriebsabläufe (remisierte Fahrzeuge werden komplett ausgeschaltet) das Einsparpotential kleiner ausfallen würde. Deshalb sollten in einem zweiten Schritt nur Massnahmen umgesetzt werden, welche sich durch ein gutes Aufwand-Nutzen-Verhältnis auszeichneten.

3.3 Projektkoordination mit SBB und SOB

Auf Initiative des BAV hat – noch vor der Beauftragung einer Studie durch den RBS – eine Koordination mit ähnlichen, bereits laufenden Arbeiten für die FLIRT-Fahrzeuge der SBB und der SOB (ebenfalls aus dem Hause Stadler) stattgefunden. Ziel dieser Koordination war es, die Evaluation von verschiedenen Optimierungsmassnahmen gemeinsam anzugehen und dabei Synergien zu nutzen.

In einer durch SBB bei Stadler Bussnang in Auftrag gegebenen Studie [3] wurden verschiedene Energiesparmassnahmen untersucht und bezüglich Einsparpotential bewertet. Aufgrund dieser bereits geleisteten umfangreichen Arbeit hat der RBS auf eine eigene Studie verzichtet und stattdessen die in der SBB-Studie bewerteten Massnahmen auf ihre Umsetzbarkeit und ihren Nutzen bei den NExT geprüft.

Da sich sowohl die Fahrzeugtechnik wie auch die Betriebsabläufe der NExT teilweise stark von jenen der FLIRT unterscheiden, musste eine Triage aller in der Studie [3] untersuchten Massnahmen vorgenommen werden:

1. Einzelne Massnahmen – vorwiegend im betrieblichen Bereich – werden heute beim RBS bereits umgesetzt.
2. Einzelne Massnahmen – vorwiegend im Bereich Schlumberbetrieb – können 1:1 auch beim NExT umgesetzt werden, Aufwand und Nutzen können aufgrund der SBB-Studie für den NExT qualitativ eingeordnet werden. Für eine quantitative Schätzung müssen weitergehende Abklärungen getroffen bzw. Messungen durchgeführt werden.
3. Für einzelne Massnahmen – vorwiegend im Bereich Traktion – müssten die umfangreichen Studienarbeiten, welche für den FLIRT durchgeführt wurden, für den NExT wiederholt werden. Der Studienaufwand wäre aber relativ gross und der aus der Studie bekannte Nutzen in der Energieeinsparung kleiner als bei anderen Massnahmen. Ausserdem verschlechtert die im Vergleich kleine NExT-Flotte das Aufwand-Nutzen-Verhältnis zusätzlich.
4. Einzelne Massnahmen können aufgrund der Unterschiede in der Fahrzeugtechnik beim NExT gar nicht umgesetzt werden.

4. Ergebnisse

Aufgrund der ersten qualitativen Einschätzung wurde relativ schnell klar, dass Massnahmen, welche zur Umsetzung aufwändige Vorstudien, Justierungs- und Zulassungsarbeiten bedingen, und trotzdem nur einen mittelmässigen Nutzen in der Energieeinsparung bringen, aus wirtschaftlichen Überlegungen nicht weiterverfolgt werden. Konkret waren dies Optimierungen am Antrieb (Zwischenkreisspannung, Pulsmuster, Taktfrequenzen, etc.) sowie Änderungen an der Charakteristik des Fahrschalters.

Hingegen wurde bei derselben Einschätzung ebenfalls klar, dass Massnahmen gemäss Punkt 2 der obigen Auflistung aus dem Bereich Schlumberbetrieb mit wenig Aufwand umgesetzt werden können. Das Einsatzprofil der Fahrzeugflotte zeigt eine grosse Morgen- und Abendspitze und entsprechend viele abgestellte Fahrzeuge in den Randstunden. Nachts werden die Fahrzeuge zwar komplett ausgeschaltet, tagsüber hingegen bleiben diese eingeschaltet.

Nach einer Stunde ohne Aktivität gelangen die Fahrzeuge in eine „reduzierte Parkstellung“ in welcher einige grössere, energieverbrauchende Systeme abgeschaltet werden. Für die Innenraumtemperatur werden im HLK-System erweiterte Grenzwerte zugelassen, um den Energieverbrauch zu senken. Ausserdem wird die Innenbeleuchtung ausgeschaltet.

Ein energietechnisch annähernd gleichwertiger Zustand, der „Schlumberbetrieb“ wird erreicht, wenn der Lokführer eine Bereitstellungszeit des Fahrzeugs programmiert. In diesem Zustand werden die Grenzwerte des HLK-Systems nochmals erweitert. Das Fahrzeug bleibt dabei in diesem energiesparenden Zustand und schaltet eine Stunde vor der programmierten Bereitstellungszeit wieder vollständig ein. Das Ziel ist, dass das Fahrzeug anschliessend direkt in den Betriebseinsatz starten kann. Der Schlumberbetrieb wird heute nur selten verwendet, hauptsächlich wenn Fahrzeuge bei Minus-Temperaturen über Nacht draussen abgestellt werden müssen.

4.1 Evaluierete Massnahmen

Durch eine systematische Analyse zusammen mit Stadler Altenrhein als Hersteller der Fahrzeuge konnten folgende konkreten Massnahmen zur Verringerung des Energieverbrauchs evaluiert werden:

- Energiesparender Fahrzeugzustand schnell und automatisch einschalten
- Einer von zwei Stromrichter zum Energiesparen komplett ausschalten
- FIS im Energiesparzustand des Fahrzeugs ebenfalls in einen energiesparenden Zustand versetzen.

4.2 Energieverbrauchsmessungen

Um den Nutzen dieser drei Massnahmen besser einschätzen zu können, wurden Energieverbrauchsmessungen an einem NExT durchgeführt. Um den Aufwand für eine Energiemessung klein zu halten, wurde der in der Fahrzeugsteuerung erfasste aktuelle Stromverbrauch des NExT mittels Laptop in verschiedenen Fahrzeugzuständen aufgezeichnet. Bei der anschliessenden Auswertung konnte eine Veränderung im Gesamtstromverbrauch bei einer Änderung des Fahrzeugzustandes erkannt und dadurch auf den Verbrauch eines einzelnen Systems geschlossen werden. Über eine Hochrechnung der verschiedenen Fahrzeugzustände über eine ganze Woche im Betriebseinsatz liessen sich der Verbrauch und die Einsparung durch einzelne Massnahmen errechnen.

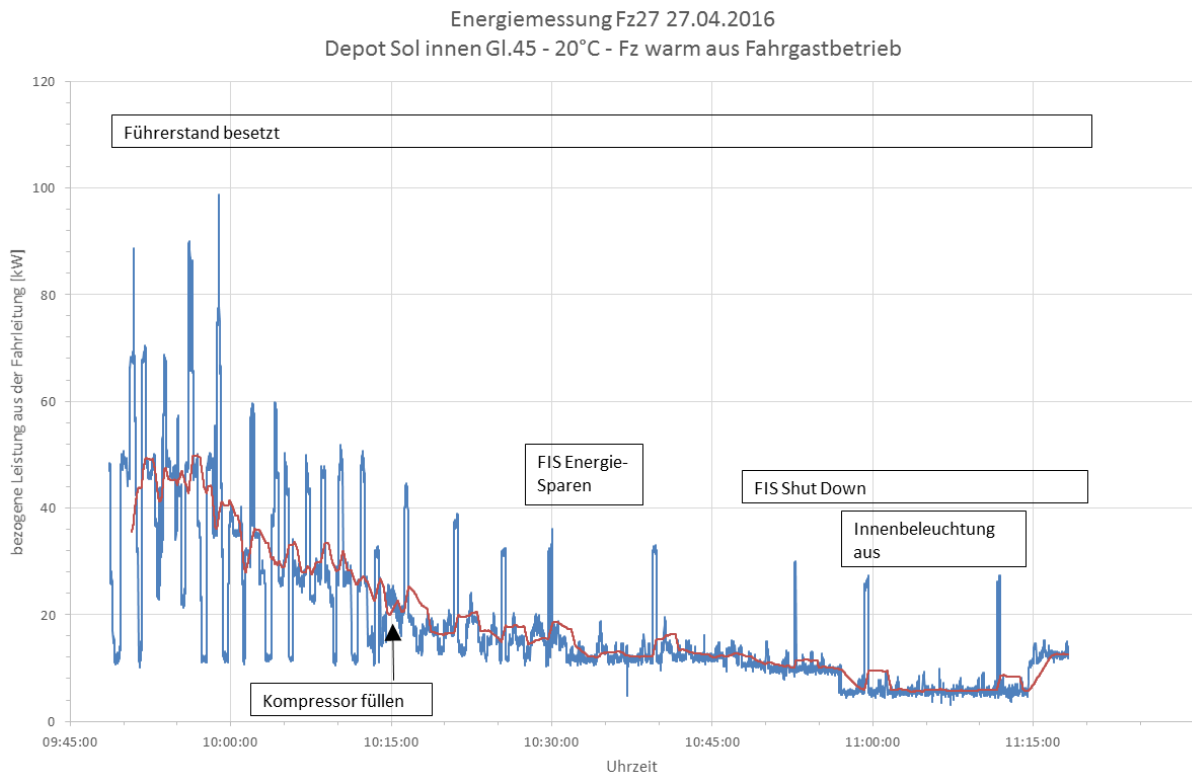


Abbildung 2: Energiemessung an einem NExT

Die Einschaltspitzen zeigen eingeschaltete Heizkreise, der Heizbedarf sinkt nach Einfahrt ins Depot erwartungsgemäss. Die Sprünge im Grundverbrauch beim Ausschalten des FIS sowie der Innenbeleuchtung sind ebenfalls deutlich erkennbar.

Aus mehreren solchen Zustandsmessungen konnte ein durchschnittlicher Energieverbrauch pro Fahrzeug-Zustand sowie ein Einsparpotential der geplanten Massnahmen ermittelt werden.

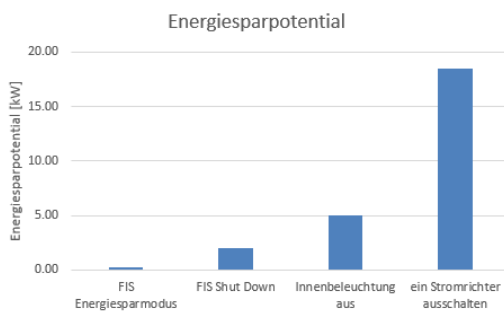


Abbildung 4: Energiesparpotential (Fz eingeschaltet)

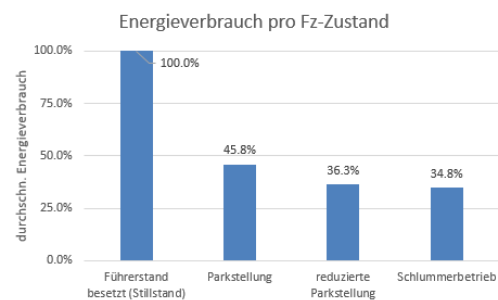


Abbildung 3: Energieverbrauch pro Fz-Zustand

Die Auswertung zeigt zwei Erkenntnisse, welche die weitere Ausgestaltung der Optimierungsmassnahmen erheblich beeinflusst haben:

1. Der Unterschied zwischen Parkstellung und reduzierter Parkstellung ist wesentlich grösser, als jener zwischen reduzierter Parkstellung und Schlumberbetrieb. Der Zeitfaktor, rasch aus der Parkstellung in einen energiesparenden Zustand zu kommen ist also viel entscheidender, als welcher Zustand genau das ist.
2. Das weitaus grösste Einsparpotential bietet das komplette Ausschalten eines der beiden Stromrichter. Der Energiesparmodus des FIS bringt kaum eine Verringerung des Stromverbrauchs und wird nicht weiterverfolgt, stattdessen wird das komplette Ausschalten des FIS angestrebt (ShutDown).

Zusätzlich hat die Messung gezeigt, dass durch das Ausschalten der Innenbeleuchtung ebenfalls eine relevante Energieeinsparung erzielt werden kann. Dies geschieht aber bereits heute in der reduzierten Parkstellung sowie im Schlumberbetrieb. Eine zusätzliche Einsparung kann nur durch ein schnelleres Einschalten eines der beiden Fahrzeugzustände erzielt werden.

4.3 Geändertes Fahrzeugverhalten

Durch die gewonnenen Erkenntnisse aus den Messungen konnten gemeinsam mit Stadler folgende Änderungen des Fahrzeugverhaltens abgeleitet werden:

- Das Fahrzeug schaltet nach 30min in Parkstellung direkt in den Schlumberbetrieb, statt wie bisher nach einer Stunde in die reduzierte Parkstellung. Das Fahrzeug bleibt im Schlumberbetrieb, bis wieder ein Führerstand eingeschaltet wird. Alternativ kann nach wie vor eine Bereitstellungszeit programmiert werden.
- Das Fahrzeug wird erst 30min vor der programmierten Bereitstellungszeit eingeschaltet anstelle von einer Stunde vor Betriebsaufnahme.
- Im Schlumberbetrieb werden zusätzlich einer der beiden Stromrichter sowie das FIS komplett ausgeschaltet.
- Alle Zeiten sind parametrierbar und können nach ersten Betriebserfahrungen angepasst werden.

4.4 Abschätzung Energiesparpotential

Mit den beschriebenen Anpassungen im Fahrzeugverhalten werden sich die Fahrzeugeinsatzzeiten wie folgt verändern:

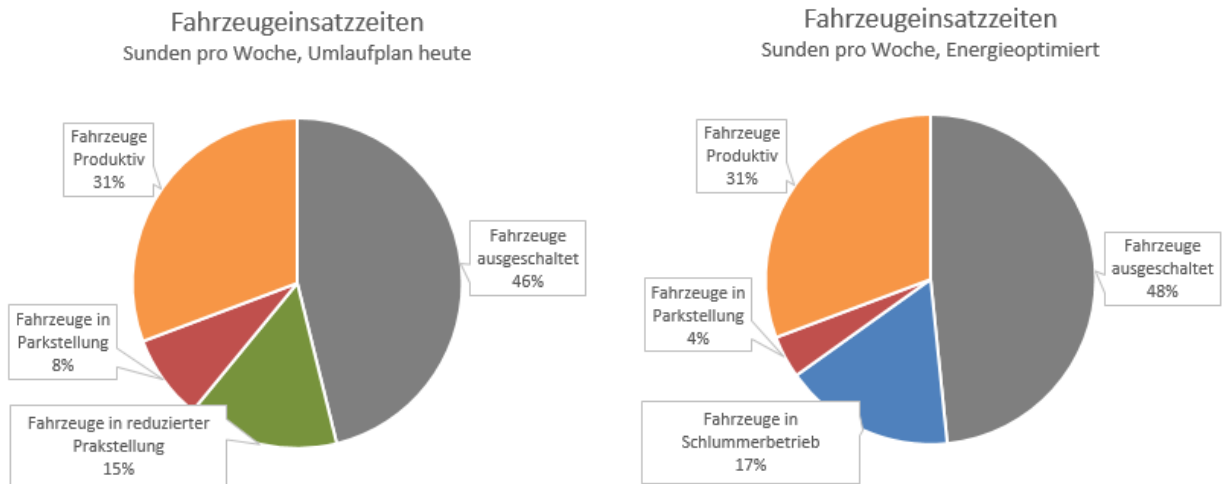


Abbildung 6: Fz-Einsatzzeiten heute

Abbildung 5: Fz-Einsatzzeiten Energieoptimiert

Mit diesen geänderten Einsatzzeiten und mithilfe des aus den Messresultaten ermittelten gesenkten Stromverbrauchs im Schlumberbetrieb lässt sich der Energiebedarf der gesamten NEX T Flotte im Stillstand (ohne Traktionsenergie) von gut 5.5MWh auf unter 4MWh pro Woche senken, was einer beachtlichen Reduktion um 30% entspricht! Die daraus errechnete eingesparte Energie von 89MWh pro Jahr entspricht dem Verbrauch von rund 30 typischen Haushalten (Quelle typischer Stromverbrauch von Haushalten [5]).

Bei einem Vergleich mit dem gesamten Energieverbrauch der Flotte von ca. 105.7MWh pro Woche (Quelle: [6]) kann der Anteil der im abgestellten Zustand verbrauchten Energie von 4.9% auf 3.6% gesenkt werden. Dies ist insofern erstaunlich, als dass andere Betreiber, z.B. die BLS in [2] von einem Nicht-Traktions-Anteil von über 25% aus optimiert haben. Die NEX T-Fahrzeuge werden also auf bereits sehr hohem Niveau noch energieeffizienter.

Anzumerken bleibt, dass für die Abschätzungen einige wesentliche Annahmen getroffen wurden. Beispielsweise wurden Heiz- und Kühlbedarf über die Jahreszeiten hinweg gemittelt und bestmöglich abgeschätzt.

4.5 Umsetzung

Stadler konnte das oben beschriebene neue Verhalten in die Steuerungssoftware des Fahrzeugs einpflegen. Der Freigabeprozess der neuen Fahrzeugsoftware ist aktuell in Arbeit und soll bis ca. Ende 2017 abgeschlossen werden. Anschliessen müssen die Betriebsabläufe im Depot auf das leicht geänderte Fahrzeugverhalten angepasst werden um eine reibungslose Einführung zu gewährleisten.

Durch eine erneute Messreihe könnte ein Nachweis für die Einsparung der Energie erbracht werden. Die Messung könnte relativ rasch und einfach erfolgen, die Auswertung jedoch ist mit grösserem Aufwand verbunden, als ursprünglich geplant wurde. Ob sich dieser Aufwand lohnt, bleibt zu diskutieren.

5. Diskussion

Grundsätzlich konnten die Ziele gemäss Kap. 2 dieser Arbeit erreicht werden:

	Ziel	Lösung
1	Identifizieren von Massnahmen, welche einen Beitrag an die Energieeffizienz der NExT-Fahrzeuge liefern	Massnahmen konnten in der vom BAV angeregten Zusammenarbeit mit SBB und SOB effizient identifiziert werden.
2	Quantifizieren von Aufwand und Nutzen der Massnahmen, Evaluieren der für die NExT geeigneten Massnahmen.	In der Zusammenarbeit mit SBB und SOB wurden die für den NExT geeigneten Massnahmen evaluiert, mittels Messungen am NExT konnte der Nutzen der Massnahmen abgeschätzt werden.
3	Umsetzen der geeigneten Massnahmen	Die Massnahmen sind in eine neue Fahrzeugsoftware eingeflossen, welche sich aktuell im Freigabeprozess befindet.

Tabelle 1: Zielerreichung

Um den Aufwand tief zu halten, wurde die Quantifizierung des Nutzens nur für die erfolgversprechendsten Massnahmen durchgeführt. Trotzdem konnten diese Massnahmen umgesetzt und die Menge eingesparter Energie beziffert werden.

Rückblickend lässt sich feststellen, dass sich die vom BAV geforderte Koordination als eine grosse Hilfe zur Fokussierung auf die vielversprechendsten Energiesparmassnahmen herausgestellt hat. Ohne diese Koordination hätte eine wesentlich breitere Palette an Massnahmen genauer untersucht werden müssen.

RBS- intern ist der Wissenstransfer insofern bereits erfolgt, als dass das aus der Arbeit gewonnene Wissen in die Anforderungen für eine laufende und für künftige Fahrzeugbeschaffungen eingeflossen ist bzw. einfließen wird. Hier werden nun auch Massnahmen umgesetzt, welche beim NExT aus wirtschaftlichen Überlegungen nicht nachgerüstet werden.

Zusätzlich lässt sich aber auch festhalten, dass andere Energieverbrauchs-treibende Einflüsse nicht mit technischen Optimierungen verbessert werden können. Erhöhte Crash-Anforderungen beispielsweise wirken sich in einem dermassen erhöhten Fahrzeuggewicht aus, so dass alle technischen Optimierungsmassnahmen dessen Mehrverbrauch nicht kompensieren können. Fazit: Optimierungen sind auch für bestehende Fahrzeuge machbar und bringen wirklich eine Verbesserung, aber bezogen auf den Gesamt-Energieverbrauch sind diese Massnahmen doch eher gering.

6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Massnahmen zur Reduktion des Stromverbrauchs bei Eisenbahnfahrzeugen sind heute weitgehend bekannt. Der Wissensaustausch in der Branche fördert das Verständnis, welche Massnahmen in welchen Situationen welchen Nutzen bringen können. Damit lassen sich mit wenig Aufwand auch bestehende Fahrzeuge auf Energieeffizienz nachrüsten. Bei Neufahrzeugen soll das Einfordern von solchen Massnahmen eine Selbstverständlichkeit sein.

Symbol- und Abkürzungsverzeichnis

BAV:	Bundesamt für Verkehr
BLS:	Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn
FIS:	Fahrgast-Informations-System
FLIRT:	Flinker, innovativer, Regional-Triebzug, Produkt von Stadler Rail
NExT:	Niederflur-Express-Triebzug, Produkt von Stadler Rail, ausschliesslich beim RBS im Einsatz
Nina:	Niederflur-Nahverkehrszug, Produkt von Vevey Technologies und Bombardier, bei BLS im Einsatz
RBS:	Regionalverkehr Bern-Solothurn AG
SBB:	Schweizerische Bundesbahnen
SOB:	Schweizerische Südostbahn

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fahrzeug RABe 4/12 "NExT" (Quelle: www.rbs.ch; 17.11.2017)	3
Abbildung 2: Energiemessung an einem NExT	6
Abbildung 4: Energieverbrauch pro Fz-Zustand	6
Abbildung 3: Energiesparpotential (Fz eingeschaltet).....	6
Abbildung 5: Fz-Einsatzzeiten Energieoptimiert	8
Abbildung 6: Fz-Einsatzzeiten heute.....	8
Tabelle 1: Zielerreichung	9

Literaturverzeichnis

- [1] Gmür, Andreas; Hofer, Felix; Schwarz, Dietmar; Songia, Luca: **Niederflur-Express-Triebzug (NExT) für den Regionalverkehr Bern – Solothurn**. Schweizer Eisenbahn-Revue 8/2009
- [2] Isenschmid, Christoph; Menth, Stefan; Oelhafen, Peter: **Energieverbrauch und Einsparpotential des S-Bahn-Gliederzugs RABe 525 „Nina“ der BLS AG**. Schweizer Eisenbahn-Revue 8-9/2013
- [3] Meyer Markus, Lerjen Markus: **Energiesparpaket SBB-FLIRT: Schlussbericht**. Internes Dokument von emkamatik GmbH für Stadler Bussnang und SBB erstellt. 12.01.2016
- [4] Siedler, Reto et al.: Präsentationen anlässlich des 4. „Forum Energieeffizienz“ des VöV am 24.01.2017 im Arte Konferenzzentrum in Olten.
- [5] Nipkow, Jürg: Typischer Haushalt-Stromverbrauch, Schlussbericht. Herausgeber: ARENA Arbeitsgemeinschaft Energie-Alternativen, Zürich 2013. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE Bern.
- [6] Nydegger, Stefan: RBS Bahnstromversorgung, Gesamtnetzstudie, Schlussbericht. Herausgeber: ENOTRAC AG, Thun 2011. Im Auftrag des Regionalverkehrs Bern-Solothurn RBS, Worblaufen.

Anhang

Keine Anhänge