



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)

P-241 Umbau der Lokomotive Am 841 zu einer hybriden Aeam 841

Ein Projekt der Müller Technologie AG

Schlussbericht

Stefan Basler, Projektleiter Eisenbahnfahrzeuge, Müller Technologie AG

Langfeldstrasse 94, 8500 Frauenfeld, s.basler@mueller-technologie.ch, www.mueller-frauenfeld.ch



Abbildung 1: Aeam 841 Lok 01 während Typentest in Landquart

Impressum

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

Programmleiter
Stany Rochat, BAV

Projektnummer: P241
Bezugsquelle
Kostenlos zu beziehen über das Internet
www.bav.admin.ch/energie2050

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich der Autorinnen und Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Frauenfeld, den 15.12.2025

Inhalt

Kurzfassung.....	3
Résumé exécutif	3
Executive Summary	4
Zusammenfassung.....	5
Résumé	8
1. Ausgangslage.....	12
2. Ziel der Arbeit	12
3. Vorgehen	12
3.1. 2021 Machbarkeitsstudie / Vorprojekt	13
3.2. 2022 Entwicklung	14
3.3. 2023 Prototyp – Bau und Montage	14
3.4. 2024 Inbetriebsetzung	15
3.5. 2025 Typentest	15
3.6. 2026 Zulassung durch BAV	15
4. Ergebnisse	16
4.1. Technische Daten	16
4.2. Komponentenanzordnung	17
4.3. Antriebskonzept	18
4.4. Elektrische Systeme.....	20
4.5. Überwachung und Sicherheit.....	22
4.6. Mechanik.....	22
4.7. Bremssystem	24
4.8. Durchführung Typentest.....	24
4.9. Zahlen.....	27
4.10. Was ist sonst noch wichtig am Umbau?.....	28
5. Diskussion.....	31
5.1. Technische Daten	31
5.2. Komponentenanzordnung	31
5.3. Antriebskonzept	32
5.4. Elektrische Systeme.....	34
5.5. Überwachung und Sicherheit.....	34
5.6. Mechanik.....	35
5.7. Bremssystem	36
5.8. Durchführung Typentest.....	36
5.9. Zahlen.....	36
5.10. Was ist sonst noch wichtig am Umbau?.....	37
6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen	38
Partner und Schlüssellieferanten.....	39
Symbol- und Abkürzungsverzeichnis.....	39

Literaturverzeichnis	40
Anhang	40

Liste der Abbildungen

Abbildung 1: Aeam 841 Lok 01 während Typentest in Landquart	1
Abbildung 2: Am 841 im Rückbau und Aeam 841 im Aufbau	5
Abbildung 3: Am 841 in Oberwinterthur vor Bauzug	13
Abbildung 4: Mögliche Platzverhältnisse für Traktionsausrüstung	13
Abbildung 5: Entwicklungsstufen Aeam 841	14
Abbildung 6: Produktion Aeam 841	14
Abbildung 7: Übersicht Einbauorte RECHTS und LINKS Aeam 841 (Lange Front ist vorne)	17
Abbildung 8: Auszug aus Gewichtsbilanzierung	18
Abbildung 9: Schematische Darstellung des Antriebskonzeptes (Quelle: ABB)	18
Abbildung 10: Einbauort des Stromrichters	19
Abbildung 11: Einblick in Prüfung der Fahrmotoren während der Machbarkeitsstudie	19
Abbildung 12: Zugkraftdiagramm Am 841 (Quelle: GEC Alstom) und Aeam 841 (Quelle: ABB)	20
Abbildung 13: Einblick in Prüfung der Wankdaten während Machbarkeitsstudie	21
Abbildung 14: Sender und Empfänger der Funkfernsteuerung von Schweizer Electronic [1]	21
Abbildung 15: Übersicht Aeam 841 - Führerstand	22
Abbildung 16: Bedienmöglichkeit Aeam 841 – sitzend / stehend	23
Abbildung 17: Aeam 841 mit Am 841 gekuppelt	23
Abbildung 18: Drehgestell Aeam 841	24
Abbildung 19: Führerstand und Ansicht Aeam 841	28
Abbildung 20: Zwergsignal [2]	28
Abbildung 21: Hybridkupplung – Stellung Zughaken / Stellung DAK	29
Abbildung 22: Firma "New Process" beim Betanken der Aeam 841	29
Abbildung 23: Batterieschublade auf Hilfsgerüst an Aeam 841	30
Abbildung 24: Konzept - Tausch Zuordnung Vorbauten von Am 841 zu Aeam 841	31
Abbildung 25: Einbaukonzept aus Machbarkeitsstudie Aeam 841	31
Abbildung 26: Mögliche Anordnung von Traktionsbatterien einer Aeam 841	32
Abbildung 27: Versuchsaufbau – exzentrische Montage Achsgeber	33
Abbildung 28: Sicherungsautomat S202TC (Quelle: ABB)	34
Abbildung 29: Aeam 841 beleuchtet	37
Abbildung 30: Titelbild – Video "aus alt wird neu" [4]	38

Kurzfassung

Das Projekt der Müller Technologie AG hatte zum Ziel, die bestehende Diesellokomotive Am 841 in eine moderne, umweltfreundliche und vielseitig einsetzbare Trybrid- Lokomotive (Aeam 841) umzubauen. Grund dafür war der Mangel an neuen, emissionsarmen Rangier- und Baustellenlokomotiven für den Schweizer Markt.

Im Rahmen einer Machbarkeit ab 2020 wurde untersucht, ob sich fossile Energie durch alternative Antriebe einsparen lässt. Das Ergebnis war ein hybrides Konzept mit drei Energiequellen: Fahrdraht, Batterie und Dieselmotor (Stufe 5, HVO-tauglich). Dadurch kann die Lok sowohl unter Fahrleitung als auch auf nicht elektrifizierten Baustellen eingesetzt werden. Eine Traktionsbatterie mit 112 kWh ermöglicht emissionsfreies Rangieren und spart Diesel im "Leerlauf" der Lok.

Der Umbau beinhaltet eine komplett neue Steuerung, eine klimatisierte Führerkabine, moderne Bremsysteme, ETCS L2 Baseline 3.6, Funkfernsteuerung und eine verbesserte Wartungsfreundlichkeit. Die Leistung wurde auf 1'000 kW am Rad gesteigert, die Höchstgeschwindigkeit auf 100 km/h erhöht, und die Anfahrzugkraft beträgt nun 215 kN. Das Fahrzeuggewicht liegt bei 78.5 t.

Trotz technischer und organisatorischer Herausforderungen – etwa Lieferengpässen, Anpassungen im ETCS-System und aufwändigen Typentests – wurde das Ziel erreicht, eine ökologisch und technisch zukunftsfähige Lokomotive zu schaffen. Das Projekt führte zur Gründung der LokPool AG, die fünf Loks beschaffen und vermieten wird.

Auch ergonomisch und sicherheitstechnisch wurde die Lok umfassend verbessert. Der klimatisierte Führerstand bietet dank neuem Kabinendesign eine deutlich bessere Sicht auf Zwergsignale, was im Schweizer Rangierbetrieb essenziell ist. Der neue Sitz lässt sich auf einer Längsschiene bewegen und bei Bedarf einklappen, sodass Sitzen oder Stehen möglich ist – ein wichtiger Beitrag zu Arbeitssicherheit und Komfort.

Die Aeam 841 zeigt, dass Upcycling bestehender Fahrzeuge wirtschaftlich und nachhaltig sein kann: 28 t Stahl werden weiterverwendet, der Dieselverbrauch sinkt um ca. 48'000 l pro Jahr und der CO₂ Ausstoss reduziert sich bei 100 % HVO um ca. 98 %. Das Projekt beweist, dass innovative Hybridkonzepte eine realistische Lösung für die Modernisierung von Bestandsflotten im Schweizer Schienengüter- und Baustellenverkehr darstellen.

Résumé exécutif

Le projet de Müller Technologie AG avait pour but de transformer les locomotives diesel Am 841 existantes en locomotives tri-mode (Aeam 841) modernes, écologiques et polyvalentes. La rareté de nouvelles locomotives de manœuvre et de chantier à faibles émissions sur le marché suisse a motivé ce projet.

Dans le cadre d'une étude de faisabilité débutée en 2020, nous avons examiné l'économie potentielle de combustibles fossiles qui pouvait être atteinte via des modes de propulsion alternatifs. Cela a conduit au concept hybride intégrant trois sources d'énergie : ligne de contact, batterie et moteur diesel (niveau 5, compatible HVO). Ainsi, cette locomotive fonctionne sous caténaire comme sur des chantiers non électrifiés. Une batterie de traction de 112 kWh permet des manœuvres sans émissions et évite la consommation de diesel en stationnaire.

La modernisation comprenait l'intégration d'un système de contrôle-commande entièrement nouveau, d'une nouvelle cabine de conduite avec climatisation, de systèmes de freinage modernes, de l'ETCS L2 Baseline 3.6, d'une télécommande radio et d'une maintenance simplifiée. La puissance atteint 1'000 kW à la roue, la vitesse maximale est passée à 100 km/h et l'effort de traction au démarrage s'élève désormais à 215 kN. Le véhicule pèse 78,5 tonnes.

Malgré les défis techniques et organisationnels, tels que les retards de livraison, les ajustements du système ETCS et de divers tests complexes, nous avons atteint l'objectif de créer une locomotive écologique et techniquement performante. Ce projet a mené à la création de l'entreprise LokPool AG, une entité qui possède cinq de ces locomotives qu'elle met en location.

Nous avons également amélioré significativement la locomotive sur les plans ergonomique et sécuritaire. Grâce à la nouvelle conception, la cabine de conduite est climatisée et offre une meilleure visibilité sur les signaux nains, un élément crucial pour les manœuvres en Suisse. Le nouveau siège glisse sur un rail longitudinal et se rabat au besoin, permettant de s'asseoir ou de se tenir debout. Cela représente une contribution majeure à la sécurité et au confort de la place de travail.

L'Aeam 841 démontre que le recyclage des véhicules existants est économique, possible et durable : 28 tonnes d'acier sont réutilisées. La réduction de la consommation annuelle de diesel est d'environ 48'000 litres et les émissions de CO2 peuvent même être réduites d'approximativement 98 % avec l'utilisation exclusive de HVO. Le projet prouve que les concepts hybrides innovants sont une solution réaliste pour moderniser la flotte existante dans le transport ferroviaire de marchandises et sur chantier en Suisse.

Executive Summary

The Müller Technologie AG project aimed to transform the existing Am 841 diesel-electric-locomotives into the modern, environmentally responsible, and versatile trimodal locomotive (Aeam 841). This initiative addresses the lack of new, low-emission shunting and railway construction site locomotives within the market of Switzerland.

A feasibility study, initiated in 2020, explored fuel savings through alternative drive systems. This resulted in a multilateral concept which incorporates three energy sources, the overhead catenary, battery power, and a Stage-V, HVO-compatible, diesel engine. This configuration enables locomotive operation under catenary and at non-electrified construction sites. A 112-kWh traction battery enables emission-free shunting and reduces diesel consumption during idle periods.

The rebuild process involved the implementation of an entirely new control system, an air-conditioned driver's cab, modern braking systems, ETCS L2 Baseline 3.6, a radio remote control and improved maintainability. With the tractive power at the wheels now reaching 1,000 kW, the maximum speed increased to 100 km/h, and the tractive effort on starting is now 215 kN. The overall weight of the locomotive is 78.5 metric tons.

Despite technical and organizational complexities – including supply chain delays, ETCS system adjustments, and very comprehensive type-testing – the objective of creating an environmentally friendly and technically viable, sustainable locomotive was met. This project led directly to the founding of LokPool, a company that will purchase five of the locomotives and lease them to third parties. The locomotive also features comprehensive improvements in ergonomics and safety. The new driver cab design incorporates air-conditioning and provides significantly enhanced visibility of dwarf signals, crucial for shunting operations in Switzerland. The new introduced driver seat could be moved along a longitudinal rail and can be folded away under the driver desk. This enables the footplate crew to switch between standing or sitting operation of the locomotive, which contributes significantly to safety and comfort.

The Aeam 841 demonstrates that upcycling of existing vehicles offers economic and sustainable advantages: At least 28 metric tons of steel will be reused, the annual diesel consumption of the locomotive will decrease by approximately 48'000l, additional if HVO fuel is in use, the carbon emission will decrease by 98% compared to the old locomotive. This project confirms that innovative hybrid concepts provide a viable strategy for modernizing current fleets in Swiss freight rail and railway construction site transport.

Zusammenfassung

Ausgangslage



Abbildung 3: Am 841 in Oberwinterthur vor Bauzug

In der Schweiz betreiben private Gleisbaufirmen oft ältere, dieselbetriebene Lokomotiven. Die benötigten Stückzahlen für neue, umweltfreundliche Lokomotiven sind meistens zu gering, um bei großen Herstellern in Produktion zu gehen. Die Am 841, eine bewährte Lokomotive mit elektrisch angetriebenen Fahrmotoren aus der Dieselzeit, ist mit 40 Stück die Einzige in nennenswerter Stückzahl verfügbaren Grundfahrzeug für eine umweltfreundliche Modernisierung. Die Modernisierung soll zuverlässige und umweltfreundliche Traktionsmittel bereitstellen, die sowohl für Baustellenlogistik als auch Rangierdienste im Schweizer Bahnmarkt benötigt werden.

Projektziel

Ziel war es, die Am 841 so zu modernisieren, dass sie heutigen Anforderungen gerecht wird. Dazu zählen die Klimaziele der SBB, verbesserte Ergonomie – wie klimatisierte Führerstände – sowie moderne Zugsicherung (ETCS). Ein zentrales Anliegen war, fossile Energien einzusparen, weshalb das Konzept drei mögliche Antriebsvarianten kombiniert: Fahrdrabetrieb, Batteriebetrieb und modernen Dieselbetrieb.

Vorgehen und Zeitplan



Abbildung 2: Am 841 im Rückbau und Aeam 841 im Aufbau

- 2020: Initiale Projektierung und Engineering, Grundsteine für Komponentenbeschaffung.
- 2021: Machbarkeitsstudie und Vorprojekt, in dem Einsatzkonzepte analysiert und die Traktionsbatteriekapazität bestimmt wurde. Da kein typisches Einsatzprofil besteht, wurde als Rückfallstufe ein Dieselmotor vorgesehen. Außerdem wurden Partner und Lieferanten ausgesucht und mit BAV/SBB die Zulassungsfähigkeit geprüft.
- 2022: Entwicklung des Prototyps, wobei umfangreiche mechanische Anpassungen am Führerstand (für Pantographen und Umlaufeinstieg) und an den Vorbauten nötig wurden. Zudem

Wechsel beim Zugsicherungssystem: Siemens zog „Swiss App“ zurück, Stadler ETCS wurde gewählt.

- 2023: Bau und Montage des Prototyps parallel zur weiteren Entwicklung. Erkenntnisse flossen ständig zurück in die Optimierung.
- 2024: Inbetriebsetzung und Systemintegration, intensive Tests einzelner Komponenten und Gesamtsysteme.
- 2025: Typentestphase mit Herausforderungen, etwa bei Achsgeber-Signalqualität, was zu Verzögerungen und Mehrkosten führte.
- 2026: Geplante endgültige Zulassung durch das BAV.

Technische Ergebnisse

- Leistung und Antrieb: Die Aeam 841 verfügt jetzt über eine Gesamtleistung von ca. 1'500 kW elektrisch (Stromabnehmer), 520 kW Diesel (Stufe 5 Abgasnorm) und eine Batterie mit 112 kWh Kapazität, die kurzfristiges rein elektrisches Fahren ermöglicht und den Dieselmotor im Betrieb entlastet. Die Leistung am Rad wurde auf ca. 1'000 kW gesteigert, die Höchstgeschwindigkeit auf 100 km/h angehoben.

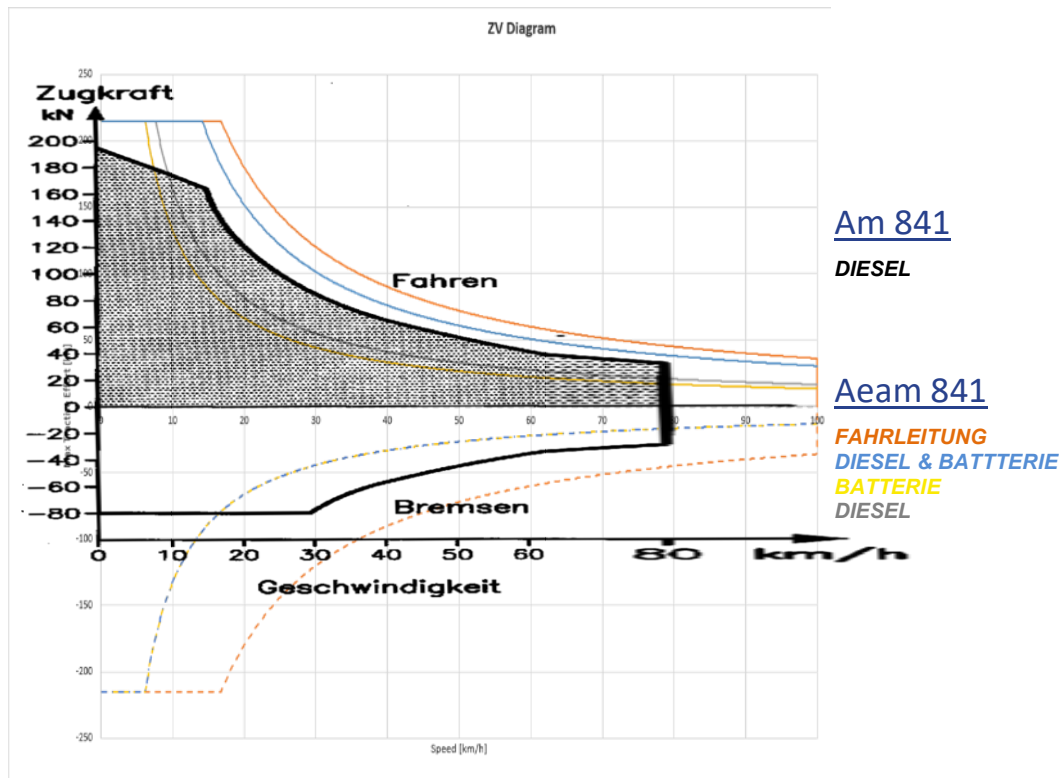


Abbildung 12: Zugkraftdiagramm Am 841 (Quelle: GEC Alstom) und Aeam 841 (Quelle: ABB)

- Komponentenanzordnung: Trotz der kompakten Fahrzeuglänge von 14,16 m konnten alle wichtigen Komponenten – inkl. Batterien, Stromrichter und Diesel – untergebracht werden. Die Aufteilung der Vorbauten wurde angepasst, um thermische und elektrische Anforderungen weiterhin trennen zu können.
- Elektrische Ausrüstung: Neuer IGBT-Stromrichter (Dachmontage), moderne Steuerung mit Selectron-Komponenten, batteriegestützte Klimatisierung für Führerstand und Traktionsbatterie. Eine Funkfernsteuerung für Rangierbetrieb wurde integriert.
- Bremsanlage: Moderne Bremsstapel von FACTO, überarbeitete Bremszylinder und Federspeicherzylinder führen zu besserer Schleppfähigkeit und höherem Bremsprozentsatz (116%).
- Mehrfachtraktion: Lokomotiven können bis zu dreifach gekuppelt werden, um Leistung flexibel zu skalieren.
- Zugsicherung: Statt dem ursprünglich geplanten Siemens „Swiss App“ wurde ETCS Level 2 Baseline 3.6 von Stadler verwendet, was Mehrkosten und Verzögerungen einbrachte.
- Ökologie: Upcycling ermöglicht die weitere Nutzung von 28 Tonnen Stahl, Dieselbetrieb ist auf HVO (biobasierter Kraftstoff) ausgelegt zur Emissionsreduktion.

- Führerstand und Mechanik: Neuer Führerstand mit verbessertem Lichtraumprofil und Sicht Richtung Zwergsignale. Neue Einstiege über Umlauf erhöht Sicherheit und Bedienkomfort. Drehgestelle wurden überholt, Achswellen mit Prüfbohrungen neu angefertigt.



Abbildung 15: Übersicht Aeam 841 - Führerstand

Herausforderungen und Erfahrungen

- Die Stückzahl von 5 Lokomotiven ist unter der gewünschten Zahl von 10 und führte zu höheren Entwicklungskosten pro Einheit.
- Komponentenverfügbarkeit sorgte für Probleme (z.B. Funkfernsteuerungen und Sicherungsautomaten).
- Der Achsgeber führte zu Softwareproblemen, die mittels Zusammenarbeit mit Lieferanten gelöst wurden, aber zu einem halben Jahr Verzögerung führten.
- Zulassungsprozesse wurden aufwändiger und länger als prognostiziert, insbesondere in Bezug auf ETCS und Bremsprüfung.
- Die Komplexität der Integration von drei Antriebsquellen erforderte komplexe Softwarelösungen für Steuerung und Energiefluss (Laden, Rekuperation, Umschaltung).
- Rudimentäres Pflichtenheft führte zu wiederholten Diskussionen und zusätzlichem Aufwand.

Ausblick und Empfehlungen

- Die Kombination Fahrdracht, Batterie und moderner Diesel mit HVO-Betrieb ist aktuell die flexibelste und wirtschaftlichste Lösung für Bau- und Rangierlokomotiven in der Schweiz.
- Vollständiger Verzicht auf Diesel ist nur realistisch, wenn Batteriepreise stark fallen und Einsatzprofile genau bekannt sind.
- Das Projekt zeigt, dass umfassende Modernisierungen sinnvoll und ökologisch vorteilhaft sind, wenn bestehende Lokomotiven mit vorhandener Zulassung weitergenutzt werden.
- Künftige Projekte sollten die Pflichtenhefte detaillierter definieren und mehr Zeit für Koordination und Lieferantenmanagement einplanen.
- Trotz der Herausforderungen ist geplant, die Weiterentwicklung und Serienproduktion der Aeam 841 fortzusetzen und das Konzept als Standard für kleine Baulokomotiven zu etablieren.



Abbildung 30: Titelbild – Video "aus alt wird neu" [4]

https://www.youtube.com/watch?v=oDyJhZix_0k

Résumé

Situation initiale



Figure 3 : Le 841 devant le train de travaux à Oberwinterthur.

En Suisse, les entreprises de construction ferroviaire privées utilisent souvent de vieilles locomotives diesel. Les grandes entreprises de construction ne se lancent généralement pas dans la production de nouvelles locomotives respectueuses de l'environnement, car les volumes nécessaires sont trop faibles. L'Am 841, une locomotive diesel-électrique éprouvée, représente le seul véhicule de base disponible en quantité suffisante (40 unités) pour une modernisation écologique. La modernisation vise à fournir les moyens de traction fiables et respectueux de l'environnement nécessaires à la logistique des chantiers et des services de manœuvre sur le marché ferroviaire suisse.

Objectifs du projet

L'objectif était de moderniser l'Am 841 pour qu'elle réponde aux exigences actuelles. Cela inclut les objectifs climatiques des CFF, mais aussi une ergonomie améliorée (par exemple cabines de conduite climatisées) ainsi qu'un système d'arrêt automatique des trains moderne (ETCS). Une préoccupation majeure était d'économiser les énergies fossiles, c'est pourquoi le concept combine trois variantes de propulsion possibles : l'exploitation sous caténaire, l'exploitation sur batterie et une exploitation diesel moderne.

Procédure et calendrier



Figure 2 : Am 841 en cours de démantèlement et Aeam 841 en cours de construction.

- 2020 : Conception initiale et ingénierie ; nous établissons les bases pour l'acquisition des composants.
- 2021 : Nous réalisons une étude de faisabilité et un avant-projet, dans lesquels nous avons analysé les concepts d'utilisation et déterminé la capacité requise de la batterie de traction. Comme il n'existe pas de profil d'utilisation typique, nous avons prévu un moteur diesel comme

solution de secours. De plus, nous avons sélectionné des partenaires et des fournisseurs et vérifié avec l'OFT/CFF la faisabilité de l'homologation.

- 2022 : Développement du prototype qui a nécessité d'importantes adaptations mécaniques de la cabine de conduite (pour l'implémentation des pantographes et l'accès circulaire) et des capots. Par ailleurs le système de sécurité devait être changé : Siemens retirait « Swiss App » et nous avons choisi Stadler ETCS.
- 2023 : Construction et montage du prototype en parallèle du développement continu. Nous avons constamment mis à jour les connaissances acquises lors de l'optimisation.
- 2024 : Mise en service : mise en service et intégration du système, tests intensifs des composants individuels et des systèmes complets.
- 2025 : Essais de types avec divers défis, notamment concernant la qualité du signal de l'encodeur, ayant entraîné des retards et des coûts supplémentaires.
- 2026 : Prévision d'homologation définitive par l'OFT.

Résultats techniques

- Puissance et propulsion : L'Aeam 841 atteint une puissance totale de 1'500 kW en mode électrique (pantographe), 520 kW en mode diesel (norme d'émissions niveau 5), et sa batterie de 112 kWh permet une courte conduite purement électrique et assiste le moteur diesel pendant l'opération. La puissance à la roue s'élève à env. 1'000 kW et la vitesse maximale de 100 km/h.

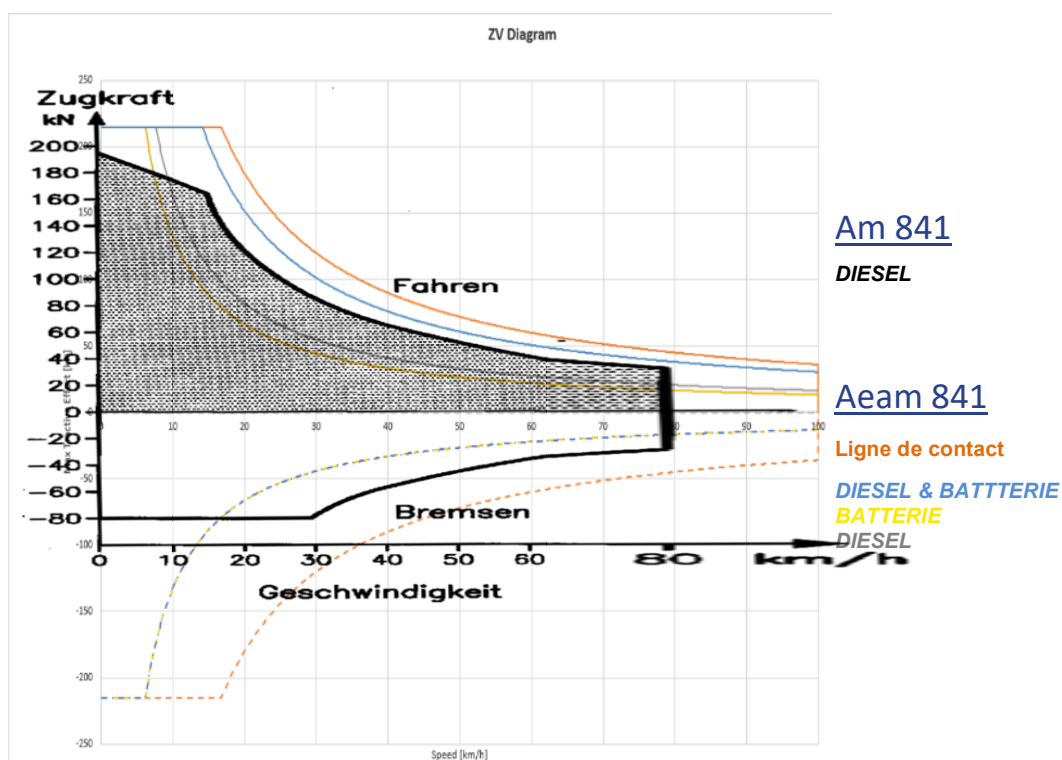


Figure 12 : Diagramme effort-vitesse de l'Am 841 (source : GEC Alstom) et de l'Aeam 841 (source : ABB)

- Disposition des composants : Malgré la longueur compacte de 14,16 m, l'intégration de tous les composants essentiels, y compris les batteries, le convertisseur de courant et le nouveau moteur diesel. La répartition des avant-corps a été adaptée afin de pouvoir continuer à séparer les exigences thermiques et électriques.
- Équipement électrique : Le véhicule utilise un nouveau convertisseur de courant à IGBT (monté sur le toit), une commande moderne avec des composants Selectron, et 2 systèmes de climatisations (une pour la cabine conduite et une pour les batteries de traction) alimentés par les batteries de traction. Une télécommande radio pour les manœuvres a également été intégrée.
- Système de freinage : L'Aeem 841 est équipée d'un tableau de freinage moderne FACTO et de cylindres de frein et de cylindres à ressort révisés, ce qui augmente la capacité de traction et le pourcentage de freinage (116 %).
- Traction multiple : Il est possible de coupler jusqu'à trois locomotives afin d'adapter la puissance aux besoins.

- Système d'arrêt automatique des trains : Au lieu de l'application « Swiss App » de Siemens initialement prévue, nous avons opté pour l'ETCS Level 2 Baseline 3.6 de Stadler. Ce changement en cours de projet a généré des coûts et des retards additionnels.
- Écologie : Le recyclage permet de réutiliser 28 tonnes d'acier, le moteur diesel est conçu pour fonctionner au HVO (carburant bio) afin de réduire encore les émissions.
- Cabine de conduite et mécanicien : La locomotive bénéficie d'une nouvelle cabine de conduite avec un profil d'espace libre amélioré et une meilleure visibilité des signaux nains. De nouvelles entrées par le pourtour améliorent la sécurité et le confort d'utilisation. Les bogies ont été révisés et les essieux ont été refaits avec des alésages de contrôlés.



Figure 15 : Vue d'ensemble du poste de conduite de l'Aeam 841.

Défis et expériences

- Le nombre de cinq locomotives transformées est inférieur aux dix unités souhaitées initialement. Cela a engendré des coûts de développement unitaires plus élevés. Nous avons rencontré des problèmes de disponibilité de composants (télécommandes radio et disjoncteurs automatiques, par exemple).
- Le fournisseur d'essieux a rencontré des problèmes logiciels qui ont été résolus grâce à la collaboration avec les fournisseurs, mais qui ont entraîné un retard de six mois.
- Les processus d'homologation ont été plus complexes et plus long que prévu, notamment en ce qui concerne l'ETCS et les essais de freinage.
- L'intégration complexe des trois sources d'entraînement a nécessité le développement de solutions logicielles sophistiquées pour la commande et la gestion des flux d'énergie (chargement, récupération, commutation).
- Le cahier des charges initial, jugé rudimentaire, a donné lieu à des discussions répétées et à des prestations supplémentaires.

Perspectives et recommandations

- La combinaison de la ligne de contact, de la batterie et du moteur diesel moderne fonctionnant au HVO constitue actuellement la solution la plus flexible et la plus économique pour les locomotives de chantier et de manœuvre en Suisse.
- L'abandon complet du diesel ne devrait être envisagé que si le prix des batteries diminue considérablement et si les besoins d'utilisation sont connus très précisément.
- Ce projet démontre qu'une modernisation complète est judicieuse et avantageuse sur le plan écologique si des locomotives existantes disposant déjà d'une homologation sont réutilisées.
- Nous recommandons de définir les cahiers des charges de futurs projets de manière plus détaillée et de prévoir plus de temps pour la coordination et la gestion des fournisseurs.

- Malgré les défis à relever, il est prévu de poursuivre le développement et la production en série de l'Aeam 841 et d'établir ce concept comme norme pour les petites locomotives de chantier.



Figure 30 : Image de couverture – vidéo "aus alt wird neu" (du neuf à partir de l'existant) [4]

https://www.youtube.com/watch?v=oDyJhZix_0k

1. Ausgangslage

Bei Baustellen- und Zubringerdiensten werden viele alte dieselbetriebene Lokomotiven durch private Gleisbauunternehmen betrieben. Diesen und weiteren Firmen ist es nicht möglich, neue umweltfreundliche Lokomotiven zu beschaffen, da für die grossen Hersteller die Stückzahlen im Schweizer Markt zu klein sind. Die einzige Möglichkeit Traktionsmittel zu beschaffen ist, alte Lokomotiven weiter zu betreiben. Zuverlässige und umweltfreundliche Traktionsmittel werden für die privaten Firmen in Zukunft immer wichtiger, da die Baustellenlogistik immer häufiger durch die eigenen oder partnerschaftlichen EVU sichergestellt werden muss.

Der Projektnehmer möchte die Am 841 zu einer baustellen- und rangiertauglichen Lokomotive modernisieren, welche anschliessend auf dem Schweizer Markt in kleinen Stückzahlen zu beschaffen ist. Die Am 841 hat sich als Umbaukandidat angeboten, da sie mit einer Serie von 40 Stück in der Schweiz verfügbar war. Die Fahrmotoren wurden bereits in der alten Version elektrisch angetrieben. Dadurch muss der Drehgestell- Bereich nicht im grossen Rahmen angepasst werden, was für die Zulassung im Bereich der Fahrtechnik förderlich war. Durch die erhöhte Stückzahl, welche die SBB verkauft, lassen sich anschliessend baugleiche Lokomotiven herstellen. Neben dem Vorteil, dass durch die schon vorhandene Lokomotive wesentliche Ressourcen geschont werden und dies den zukünftigen Umweltanforderungen gerecht wird, haben baugleiche Lokomotiven zudem den Vorteil, dass sich auch bei der Wartung, der Disposition, der Ausbildung der Lokführer, bei Ersatzlokomotive und andere Themen massive Vereinfachungen ergeben. Mit der Am 841 werden mehrere Problemstellungen im Schweizer Bahnmarkt gleichzeitig gelöst.

2. Ziel der Arbeit

Das Ziel des Projektes war, eine Lokomotive zu modernisieren, so dass sie danach wieder für heutige Anforderungen gerüstet ist. Dazu gehören auch Klimaziele, welche die SBB in ihrer gesamten Lieferkette umsetzen möchte, so zum Beispiel auch beim Gleisbau und im Gleisunterhalt. Das Projekt startete im Rahmen einer Machbarkeitsstudie mit der Frage, "Kann man die Am 841 modernisieren und dabei fossile Energie einsparen?" Dabei wurde ein Konzept erarbeitet, in welchem man auf drei Antriebsvarianten (Fahrdracht, Batterien und Diesel), je nach Einsatzszenario, gesetzt hat. Die Lokomotive sollte zudem für die kommenden Anforderungen im Bereich der Zugsicherung gerüstet werden. Ebenfalls müssen die Punkte im Bereich der Ergonomie und der Arbeitssicherheit (Klimatisierung am Arbeitsplatz etc.) erfüllt werden. Am Schluss soll mit der ersten Lokomotive eine Typenzulassung für alle Am 841 erreicht werden.

3. Vorgehen

2020, der Wunsch nach zuverlässigeren, moderneren und umweltfreundlicheren Lokomotiven bringt den Ball ins Rollen. Im Rahmen des Entwicklungsprozesses wurden die Grundlagen für die Lokomotive gelegt, dass anschliessend die Beschaffung der Bauteile und Komponenten in Angriff genommen werden konnte.

3.1. 2021 Machbarkeitsstudie / Vorprojekt

Ein wichtiger Punkt ist das Einsatzkonzept der Aeam 841. Dadurch kann man die benötigte Kapazität der Traktionsbatterie bestimmen. Dabei wurde festgestellt, dass es bei dieser Lokomotive nicht DAS typische Einsatzprofil ohne Fahrdracht gibt; mal stellt sie Material auf einer Baustelle zu, mal stellt sie Wagen in einer Gleisgruppe ohne Fahrleitung zusammen oder wird auf der Baustelle als Zugmaschine bei ausgeschalteter Fahrleitung genutzt. Zusätzlich ist nicht sicher, wieviel Strom die Aeam 841 via



Abbildung 3: Am 841 in Oberwinterthur vor Bauzug

Bauzugleitung (400V / 63A) an die anhängten Arbeitsmaschinen und Wagen liefern muss. Daher wurde früh im Projekt entschieden, als Rückfallebene dazu ebenfalls einen Dieselmotor zu verbauen und die Batterie auf ein Kosten/ Nutzen optimiertes Profil auszulegen.

Als nächstes wurde die Suche nach den wichtigsten 15 Partner und Schlüssellieferanten in Angriff genommen. Mit diesen Komponenten wurde eine mögliche Einbauplanung auf der 14.16 m kurzen Lokomotive zusammengestellt. Ziel war es herauszufinden, ob alle Komponenten auf dem Lokchassis untergebracht werden können.

Weiter wurde mit dem BAV und dem technischen Netzzugang der SBB das Projekt besprochen, ob es überhaupt, in diesem Rahmen zulassungsfähig ist.

Nachdem alle Zweifel auf der Seite der technischen Machbarkeit beseitigt waren und auch das BAV respektiv der TNZ SBB grünes Licht gab, musste noch die Finanzierung vom Projekt geklärt werden.

Mit dem Gedankengut aus der Landwirtschaft, nicht jede teure Maschine selbst besitzen zu müssen, haben sich mehrere Firmen im Bahnumfeld zu einer Art Maschinenring zusammengeschlossen und die LokPool AG gegründet. Dadurch konnte die Finanzierung für den Umbau von fünf Stück Aeam 841 gesichert werden.

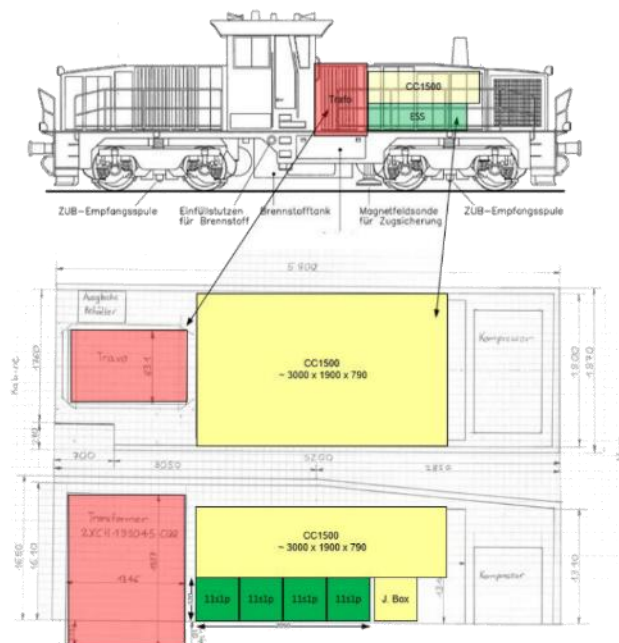


Abbildung 4: Mögliche Platzverhältnisse für Traktionsausrüstung

3.2. 2022 Entwicklung

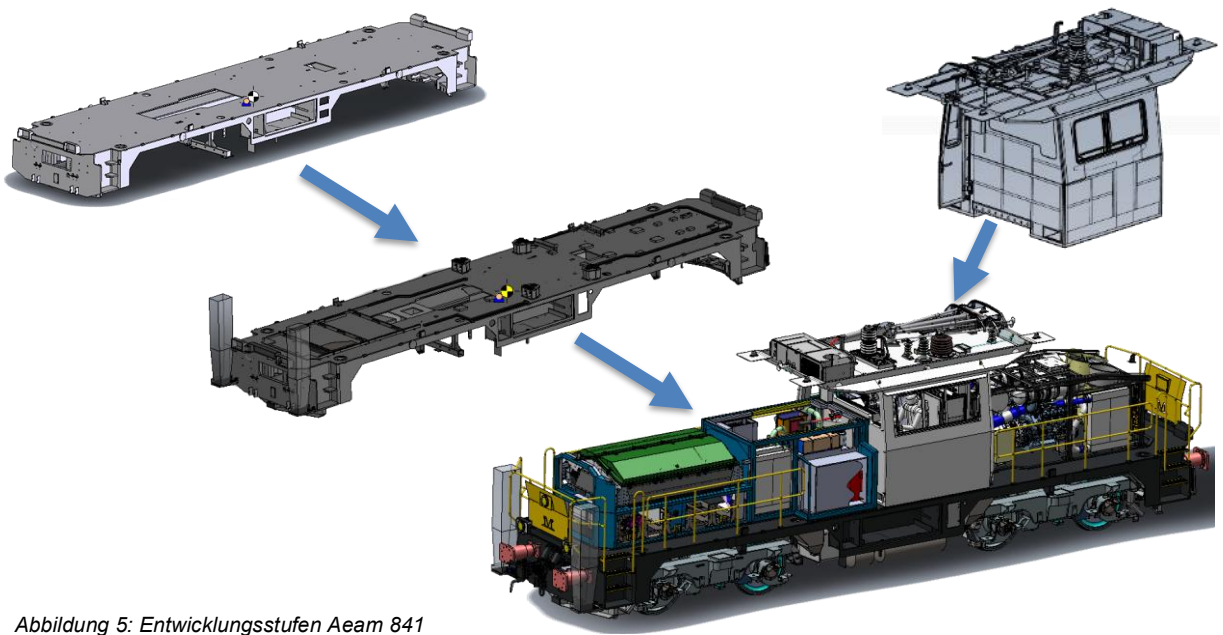


Abbildung 5: Entwicklungsstufen Aeam 841

Eigentlich sollte auf der mechanischen Seite so viel wie möglich von der Am 841 übernommen werden. Schnell zeigte sich aber, dass der Wunsch nach Einstieg in die Kabine via Umlauf und einem Stromabnehmer auf dem Dach der Kabine zu Lichttraumprofil-Verletzungen und zu grossem Eingriff in die Struktur der Kabine führen. Der Neubau wurde zusammen mit einem Partner umgesetzt, der bei der Entwicklung und der Produktion der Kabine unterstützte. Auch bei den Vorbauten wurde schnell festgestellt, dass der knappe Platzbedarf und die Grundformen der "Standardprodukte" der Zulieferer zu einer neuen Aussenhülle führt.

Gewisse Schlüssellieferanten mussten zwischen der Machbarkeitsstudie und der Entwicklung noch gewechselt werden. So zum Beispiel das Zugsicherungssystem ETCS, welches am Anfang mit Siemens "Swiss APP" geplant war. Dieses System wurde aber kurz vor Projektstart von Siemens zurückgezogen.

3.3. 2023 Prototyp – Bau und Montage



Abbildung 6: Produktion Aeam 841

Ab einem Entwicklungsstand von etwa 80% je Baugruppe wurde parallel die Produktion und Montage vom Prototyp (Erststück) hochgefahren. Das Wissen aus der Produktion und der Montage vom Erststück ist wieder in die Entwicklung zurückgeflossen.

3.4. 2024 Inbetriebsetzung

In der Inbetriebsetzung wurde der Aeam 841 das Leben wieder eingehaucht. Nach und nach wurden die einzelnen Systeme wieder hochgefahren und überprüft, wie sie zusammenarbeiten. Auch hier ist wieder das gewonnene Wissen in die Entwicklung und in die Umsetzung der Serienproduktion zurückgeflossen.

3.5. 2025 Typentest

Die Typentest-Koordination mit vielen beteiligten Stellen ist spannend und herausfordernd zugleich. Nicht nur, dass die Zeitfenster der einzelnen involvierten Stellen in der richtigen Abfolge übereinander geschoben werden mussten, sondern, dass auch der eine oder andere Rückschlag den Zeitplan durcheinandergewirbelt hatte. So zum Beispiel die Signalqualität des Achsgebers, welche für den Stromrichter auf einmal nicht mehr ausreichend war.

3.6. 2026 Zulassung durch BAV

Der Zulassungsprozess begleitet das Projekt seit Anfang an. Schon in der Machbarkeitsstudie wurden Gespräche mit dem BAV und dem TNZ SBB aufgenommen, um zu erfahren, wie und in welchem Umfang das Fahrzeug am Schluss zugelassen werden kann. Im Verlauf der Entwicklung wurde weiterhin regelmässig mit dem BAV-Kontakt gehalten, um das Hand Out vom BAV zu pflegen und weitere Dokumente nachzureichen. Je früher man den Zulassungsprozess sauber pflegt, desto weniger Zeit braucht das BAV am Schluss für Ihren Entscheid. Weiter kann das BAV, wenn notwendig lenkend eingreifen und man bekommt nicht erst ganz am Schluss den Entscheid, dass etwas so nicht funktioniert. Auf die Typentests hin hat sich der Austausch intensiviert. Die Zulassung der Aeam 841 durch das BAV wird im Jahr 2026 erfolgen.

Allgemein kann man sagen, dort wo am meisten Stellen involviert sind, hat man auch am meisten Zeitverlust. So z.B. beim ETCS-System. Dort ist auch beim BAV eine eigene Truppe im Hintergrund, welche für den Zulassungsprozess mit einbezogen werden müssen.

4. Ergebnisse

4.1. Technische Daten

Vergleich der Daten vorher (Am 841) zu nachher (Aeam 481).

	Am 841	Aeam 841
Hersteller / Refit-Stelle	GEC Alstom	Müller Technologie AG
Baujahr / Revision	1996 - 1997	2024 - 2026
Anzahl	40	5
Spurweite	1'435 mm	1'435 mm
Achsanordnung	Bo'Bo'	Bo'Bo'
Gewicht	74'000 kg	78'500 kg
Länge über Puffer	14'160 mm	14'160 mm
Fahrzeugbreite	2'900 mm	2'900 mm
Fahrzeughöhe	4'275 mm	4'503 mm
Lichtraumprofil	EBV O1 / U2	EBV O1 / U2
Höchstgeschwindigkeit	80 km/h	100 km/h
Max. Anfahrzugkraft	195 kN	215 kN
Leistungen:	920 kW Diesel	1'500 kW Elektrisch 300 kW Batterie 520 kW Diesel >700 kW Batterie und Diesel
Speisespannung	-	15 kV; 16.7 Hz
Batteriekapazität	-	112 kW/h
Leistung am Rad	724 kW	1'000 kW
Bremsprozent	82 %	116 %
Kompressor	2'300 l/min	2'916 l/min
Kleinster befahrbarer Kurvenradius	80 m	80 m
Zugsicherung	ETM und Integra	ETCS L2 Baseline 3.6

4.2. Komponentenanzordnung



Abbildung 7: Übersicht Einbauorte RECHTS und LINKS Aeam 841 (Lange Front ist vorne)

Die Am 841 ist mit ihren 14.16m eine sehr kompakte Lokomotive. Dementsprechend wichtig war das Konzept für die Komponentenanzordnung und deren Gewichtsveränderung. Bezüglich des Platzbedarfs wurde für alle Komponenten in der tatsächlichen Baugröße der geeignete Platz gefunden. Dabei wurde die Gewichtsbalanzierung miteinbezogen.

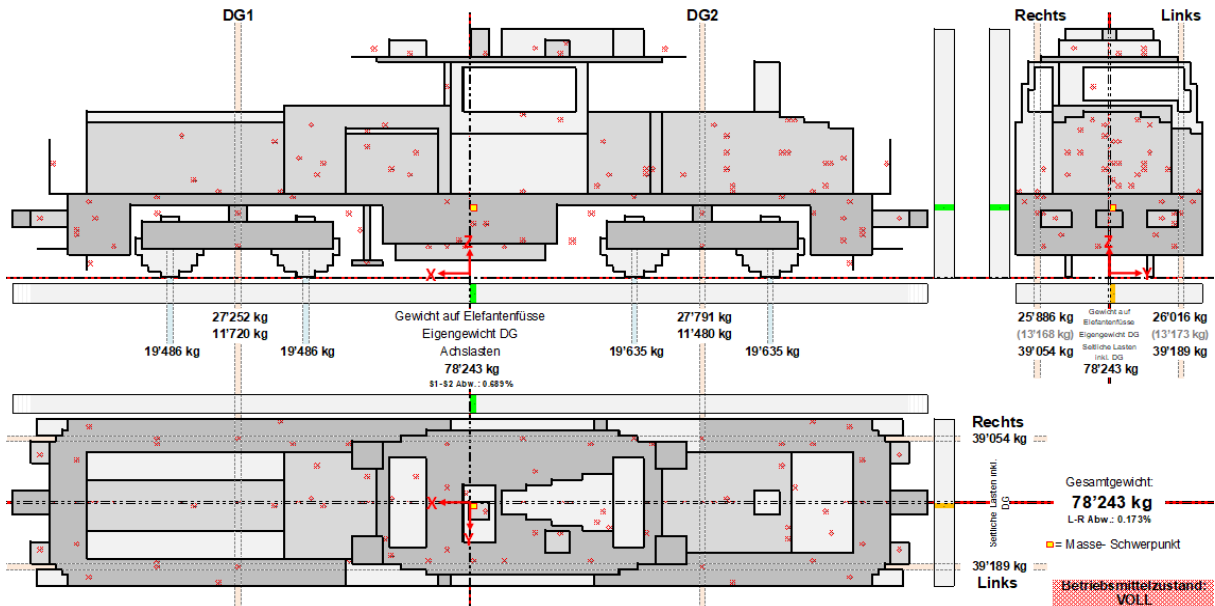


Abbildung 8: Auszug aus Gewichtsbalanzierung

4.3. Antriebskonzept

Durch ein sehr modernes und zugleich auch innovatives Antriebskonzept erhalten die Kunden eine vielseitig einsetzbare und zukunftsweisende Lokomotive.

15kV, 16.7Hz

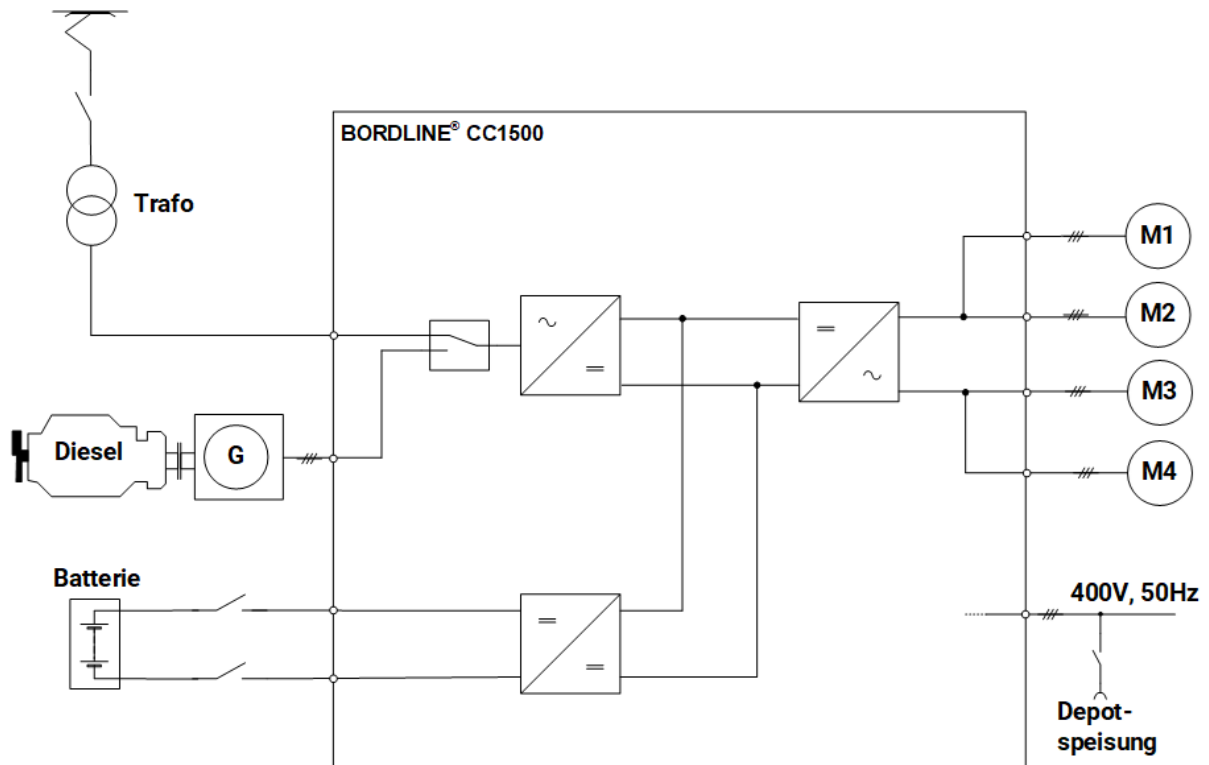


Abbildung 9: Schematische Darstellung des Antriebskonzeptes (Quelle: ABB)

4.3.1. Traktionsausrüstung

Die modernisierte Lokomotive hat einen neuen Stromrichter modernster IGBT-Technologie erhalten. Dieser ermöglicht es, die verschiedenen Antriebskonzepte zu vereinen. Auch eine Leistungssteigerung kann durch das neu eingesetzte Produkt ermöglicht werden. Die Verlustleistung wird auf ein Minimum

reduziert. Der neue Traktionsstromrichter ist ein "Standardprodukt" mit Anpassungen, welcher in einer Vorgängervariante auf dem FLIRT von BLS verbaut ist. Dies garantiert maximale Einsatzbereitschaft des Fahrzeuges und erleichtert die Wartung.



Abbildung 10: Einbauort des Stromrichters

Die vorgegebene Form des Dachstromrichters von ABB beeinflusste auch die Grundform vom Vorbau 1, auf welchem der Stromrichter verbaut wurde. Durch den Einbau auf Bauchhöhe von einem "Dachstromrichter" waren weitere Herausforderungen zu meistern. Weiter waren auch tiefgreifendere Diskussionen notwendig, so musste der Stromrichter mit einem Schliesskonzept nachgerüstet werden, welches auf dem Dach eines Fahrzeuges nicht notwendig ist, da man dort nur mit ausgeschalteter Fahrleitung hinkommt.

4.3.2. Fahrmotoren

Die bestehenden Fahrmotoren wurden überholt. Die Motoren haben in den letzten 25 Jahren zu keinen Problemen geführt. Abklärungen haben aber auch ergeben, dass diese eher am unteren Bereich der Leistungsgrenze betrieben wurden. Darum kann hier, auch nach Rücksprache mit dem Hersteller, mehr Leistung realisiert werden. Auch die höhere Drehzahl durch die grössere Geschwindigkeit ist möglich.

Hierzu hat Müller Technologie gemeinsam mit Birr Machines einen Prüfstand aufgebaut, welcher durch eine Am 841 gespiesen wurde und mittels eines mobilen Leistungsprüfstandes der Elektromotor in der Leistungskurve abgefahren wurde.

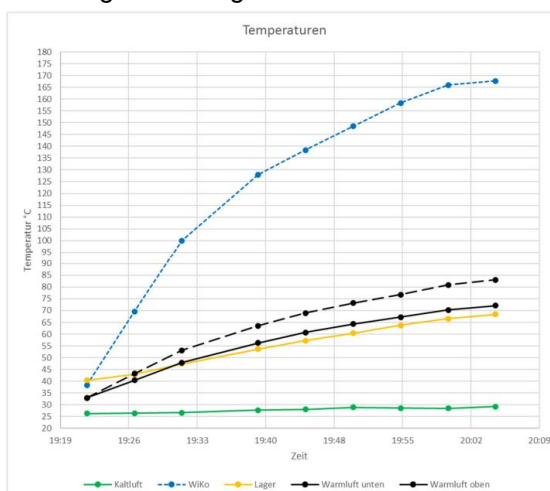


Abbildung 11: Einblick in Prüfung der Fahrmotoren während der Machbarkeitsstudie



4.3.3. Powerpaket Funktion

Mit dem verbauten Stromrichter können angehängte Wagen und Arbeitsmaschinen mit 400V / 63A versorgt werden. Dadurch können zusätzliche Energieerzeuger (Generatoren) auf diesen Fahrzeugen eingespart werden. z.B. Materialförder- und Silo Wagen.

Durch die Ausrüstung des Fahrzeuges mit einem Stromabnehmer und einem Transformator kann das Fahrzeug unter der Fahrleitung betrieben werden. Wenn man in Betracht zieht, dass Lokomotiven bis zu 80% unter eingeschalteter Fahrleitung betrieben werden, macht es durchaus Sinn, die Energie aus der Fahrleitung zu nutzen. Durch die Nutzung der Fahrleitung konnte auch eine Leistungssteigerung

der Lokomotive erreicht werden. Die elektrische Bremsenergie kann zudem umweltfreundlich ins Netz zurückgeführt werden. Somit sind auch Einsparungen im Trassenpreis möglich.

4.3.4. Batteriebetrieb

Die Aeam 841 ist mit einer Traktionsbatterie ausgerüstet. Diese Batterie hat mehrere Vorteile in verschiedenen Einsatzbereichen zur Folge. Die eingesetzte LTO – Batterietechnik erfüllt höchste Sicherheitsanforderungen. Auch in Bezug auf die Lebensdauer ist die LTO – Technik sehr fortschrittlich. Daher kann bei der Batterie von einer Lebensdauer von 10 bis 12 Jahren ausgegangen werden.

Durch die eingebaute Batterie ist es möglich, das Fahrzeug für kurze Distanzen rein elektrisch zu verschieben. Die Batterie hat auch den Vorteil, dass der Dieselmotor im Arbeitsbetrieb ausgeschaltet werden kann, alle Funktionen des Fahrzeuges aber weiterhin betrieben werden können. Dadurch kann sehr viel Diesel und Unterhaltskosten eingespart werden. Vielfach laufen bei der alten Am 841 die Dieselmotoren die ganze Nacht hindurch im Leerlauf, damit der Lokführer eine warme Kabine hat und keine Angst haben muss, dass die Lokomotive nicht mehr anspringt. Die Einsatzstunden des Dieselmotors werden somit minimiert.

4.3.5. Mischbetrieb - Diesel und Batterie

Durch das Zusammenspiel des Dieselmotors mit aktueller Abgastechnologie der Stufe 5, einer Leistung von 520 kW und der Batterie mit einer Spitzenleistung von 400 kW, kann die Maximalleistung trotz kleinerem Motor auch im Baustellenbetrieb erreicht werden. Dadurch kann viel Kraftstoff eingespart werden.

4.3.6. Zugkraft und Maximalgeschwindigkeit

Durch den neuen Traktionsstromrichter und das "go" nach Rücksprache mit dem Fahrmotorenhersteller, konnte das Zugkraftdiagramm verbessert werden. Auch die grössere Geschwindigkeit ist mit den bestehenden Motoren möglich. Die Zugkraft konnte auf 215 kN und die Geschwindigkeit in Eigenfahrt auf 100 km/h angehoben werden.

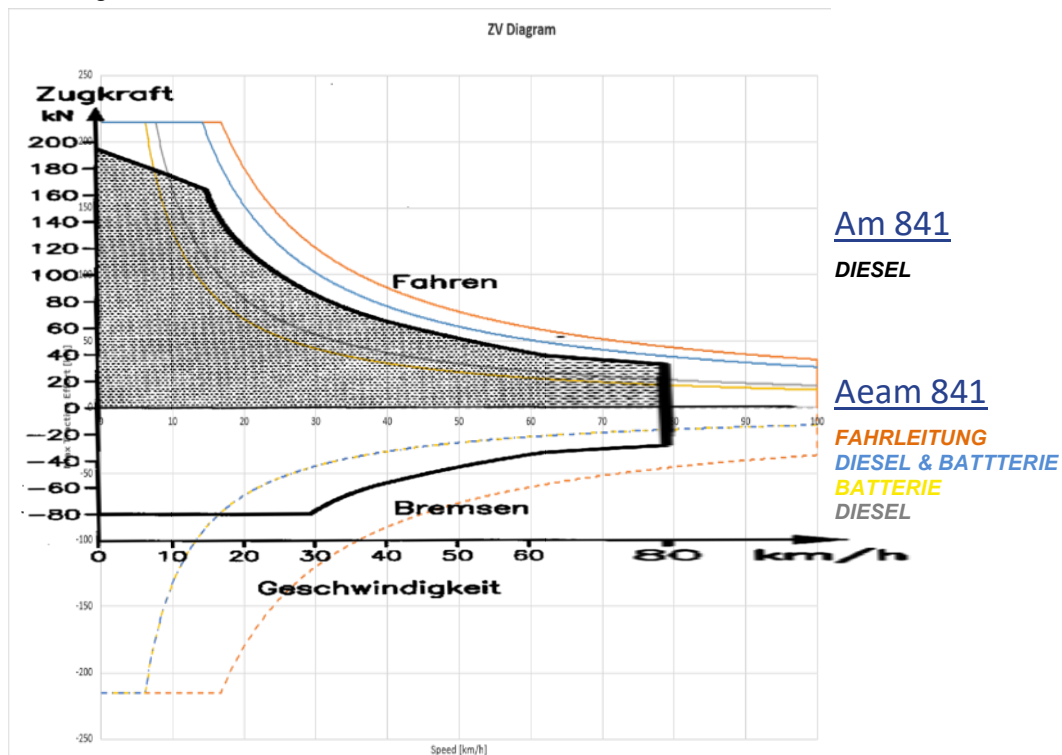


Abbildung 12: Zugkraftdiagramm Am 841 (Quelle: GEC Alstom) und Aeam 841 (Quelle: ABB)

4.4. Elektrische Systeme

Die Fahrzeugsteuerung der Am 841 ist inzwischen obsolet und deren Ersatzteile sind somit sehr rar. Weiter kommen neue Bauteile dazu, welche auch gesteuert werden wollen. Daher wurde die komplette Fahrzeugsteuerung erneuert und auf den neusten Stand der Technik gebracht. Die komplette Verkabelung, Beleuchtung und Steuerung wurden durch moderne Komponenten ersetzt, die in den nächsten Jahren wieder problemlos betrieben und auch gewartet werden können. Die Loksteuerung wurde mit

bahnzugelassenen Komponenten ausgeführt. Als Lokrechner werden Selectron Komponenten eingesetzt.

Das Steuerungs- und Bedienkonzept wurde mit der Firma Ortics erarbeitet. Die Firma Ortics hat grosse Erfahrung in der Modernisierung von Lokomotiven und ist daher auch ein wertvoller Partner im Projekt. Weiter hat die Firma Ortics die Elektroplanung, die Software und diverse Systemintegrationen ausgeführt.

4.4.1. Klimatisierung

Der neue Führerstand ist klimatisiert. Dies verbessert die Arbeitsqualität für den Fahrzeugführer. Durch die verbaute Traktionsbatterie ist der Betrieb der Klimaanlage im Führerstand auch bei nichtlaufendem Motor und unter ausgeschalteter Fahrleitung möglich.

Weiter wurde eine Klimaanlage für die Konditionierung der Traktionsbatterien verbaut. Diese kühlt oder heizt die Traktionsbatterie, damit sie jederzeit in einem optimalen thermischen Bereich arbeiten kann.

4.4.2. Stromabnehmer

Es ist bei diesem Konzept nicht möglich, den Stromabnehmer direkt über dem Drehpunkt vom Drehgestell anzuordnen. Die AB – EBV schreibt dies aber genau vor. Toleranzen sind aber nach Rücksprache mit dem Netzbetreiber möglich. Das TNZ SBB hat die Anordnung berechnet und ist zum Schluss gekommen, dass dies so möglich ist und hat es so bewilligt.

Für die Prüfung der Machbarkeit mussten die Wankdaten der Lokomotive ermittelt werden. Die bestehende Lok wurde entsprechend aufgelastet, sodass die Versuche mit dem neuen Gesamtgewicht durchgeführt werden konnten. Dies, um das mögliche Mehrgewicht durch den Dachgarten und die



Abbildung 13: Einblick in Prüfung der Wankdaten während Machbarkeitsstudie

Klimaanlage zu simulieren.

Die Einbausituation wurde mit dem Lieferanten für den Pantographen der Firma Richard erarbeitet. Viele Komponenten sind bewährte Bauteile bei der SBB. Dies vereinfacht die Zulassung dieser Komponenten.

4.4.3. Funkfernsteuerung

Das Fahrzeug wurde mit einer Funkfernsteuerung ausgerüstet. Dies vereinfacht die Arbeit im Rangierbetrieb und auf Baustellen. Dadurch können gewisse Tätigkeiten einfacher und nur durch eine Person ausgeführt werden. Hier werden die Komponenten von der Firma Schweizer Electronic verbaut.



Abbildung 14: Sender und Empfänger der Funkfernsteuerung von Schweizer Electronic [1]

4.4.4. Mehrfachtraktion

Mit der modernisierten Lokomotive ist es möglich, bis zu drei Lokomotiven zusammenzuhängen und somit die Leistung zu verdreifachen. Auf Baustellen ist man dadurch viel flexibler, da für Bauabschnitte, bei denen mehr Leistung erforderlich ist, zwei starke Maschinen zusammengehängt werden können. Die Firma Ortics kann auf mehrjährige Erfahrung bei Loksteuerungen zurückgreifen und eine Mehrfachtraktion ist Stand der Technik.

4.5. Überwachung und Sicherheit

Diverse Sicherheits- und Überwachungssysteme mussten wieder neu aufgebaut werden.

4.5.1. Zugsicherungssystem

Beim Zugsicherungssystem war das ETCS «Swissapp» von Siemens geplant. Dieses System wurde für Fahrzeuge entwickelt, die im Bereich Rangier- und Baudienst eingesetzt werden. Der grosse Vorteil dieses Systems wäre die vereinfachte Zulassung gewesen. Viele Zulassungspunkte hätten direkt mit dem System mitgeliefert werden sollen.

In Zusammenarbeit mit Siemens wurden hier eine Machbarkeit und ein Angebot ausgearbeitet.

Kurz vor der Umsetzung hatte Siemens dieses Produkt aus dem Markt gezogen. Dadurch musste umentschieden werden. Der Entscheid ist am Schluss auf das ETCS L2 Baseline 3.6 von Stadler Signalling gefallen.

4.5.2. GSMR-Funk

Die alte Zugfunkanlage ist bei Funkwerk abgekündet und der Umbau für den Netzwechsel auf 4G steht auch noch an. Daher war schnell klar, dass die alte Funkanlage abgelöst werden muss. Der Entscheid ist auf MESA 26 von Funkwerk gefallen.

4.5.3. Fahrdatenschreiber

Beim Fahrdatenschreiber war das Ziel, das System TELOC 4000 von Haslerrail einzusetzen. Da es aber nicht rechtzeitig verfügbar war, musste auf das System TELOC 3000 zurückgegriffen werden.

4.6. Mechanik

4.6.1. Führerstand



Abbildung 15: Übersicht Aeam 841 - Führerstand

Da der bestehende Führerstand für das Lichtraumprofil zu hoch war, um einen Pantografen aufzubauen, war es notwendig, dass die Maschine einen neuen Führerstand bekommt. Im Zuge dieser Änderung wurde auch der Einstieg in den Führerstand auf den Umlauf umgebaut. Diese Änderung verbessert die Zugänglichkeit in das Fahrzeug sowie die Übersichtlichkeit und die Sicherheit. Vorwärts sieht man durch das runtergezogene Fenster besser nach vorne, durch das Fenster in der Türe wird ebenfalls die Sicht nach hinten verbessert. Beim Führerstand unterstützte Özbir Vagon bei der Entwicklung wie auch bei der Umsetzung.

Durch den Einbau eines Sitzes mit Längsschiene kann das Fahrzeug entweder sitzend oder stehend betrieben werden. Der Sitz kann bei Nichtgebrauch unter dem Führerstand verstaut werden.



Abbildung 16: Bedienmöglichkeit Aeam 841 – sitzend / stehend

Die vorderen Scheiben und diejenigen in der Türe sind beheizbar, um perfekte Sichtverhältnisse zu gewährleisten.

4.6.2. Aufbauten

Durch die neu verbauten Komponenten wurden auch die Vorbauten bezüglich Komponentenanzordnung grossen Änderungen unterzogen. Ein Umbau der bestehenden Hauben war nicht wirtschaftlich, daher wurden die Vorbauten komplett neu erstellt und wartungsfreundlicher ausgelegt. Die Abmessungen der Vorbauten haben die Abmessungen der bestehende Am 841 nicht überschritten, was die Übersichtlichkeit bestätigt und durch die beschriebenen Massnahmen nur verbesserte.



Abbildung 17: Aeam 841 mit Am 841 gekuppelt

4.6.3. Fahrzeugrahmen

Der Fahrzeugrahmen der Am 841 ist sehr robust und hat sich in den Betriebsjahren bewährt; es sind keine Schwachstellen bekannt. Da das komplette Fahrzeug zerlegt wurde, bestand die Möglichkeit, den Rahmen zu sandstrahlen und ihn dann in seiner blanken Form auf Fehler und Risse zu kontrollieren. Es wurden keine Abweichungen festgestellt.

4.6.4. Drehgestelle/Achsen



Abbildung 18: Drehgestell Aeam 841

Die vorhandenen Drehgestelle wurden komplett überarbeitet. Grundsätzlich wurden hier keine Modernisierungen vorgenommen. Lediglich die Aufnahmen für die Klotzbremseinheiten wurden am Rahmen angepasst. Die Achsen werden durch neue mit Prüfbohrung ersetzt. Durch diese Bohrung kann nun in Zukunft die Ultraschall- Prüfung der Achsen in eingebautem Zustand gemacht werden. Die Radscheiben wurden ebenfalls durch neue ersetzt. Alle Gummielemente, Federn und Stossdämpfer wurden geprüft oder ersetzt. Mit dieser Überholung sind die Drehgestelle wieder neuwertig, und sie können in Zukunft optimal geprüft werden.

4.7. Bremssystem

Auch das Bremssystem wurde überarbeitet und auf den neusten Stand der Technik gebracht.

4.7.1. Luftkompressor

Der bestehende, hydraulisch betriebene Kompressor wurde durch einen neuen, leistungsstarken, elektrisch betriebenen Kompressor ersetzt. Damit konnte eine Verbesserung in der Förderleistung und bei den Lärmemissionen erreichen werden. Angehängte Wagen können im Batteriebetrieb oder auch beim laufenden Motor in tiefen Drehzahlen befüllt werden.

4.7.2. Bremstafel

Durch die neue Bremstafel von FACTO wird eine wesentliche Verbesserung in der Schleppfähigkeit der Lokomotive erreicht. Um sie zu schleppen, muss bei der neuen Lokomotive nichts mehr umgeschaltet werden, die Federspeicherzylinder werden nun automatisch gelöst. Dadurch werden Heissläufer und verschliffene Achsen durch falsches Abschleppen verhindert. Beim Parken der Lokomotive muss die Federspeicherbremse mittels Druckluft- Knopf auf der Seite der Lokomotive aktiviert werden.

4.7.3. Bremszylinder / Bremsbeläge

Abklärungen im Laufe der Entwicklung haben gezeigt, dass die Am 841 eine sehr schlechte Feststellbremse hat. Auch die dynamischen Bremswerte sind nicht überragend. Aus diesem Grund und wegen der schlechten Verfügbarkeit von Ersatzteilen für die alte Klotzbremseinheit, wurde entschieden, diese ebenfalls zu ersetzen. Neu werden acht anstatt vier Federspeicher Zylinder verbaut. Zudem haben die neuen Bremszylinder eine höhere Kraft. Die neue Krafteinleitung in das Drehgestell und die Gleisradachse wurde über eine Machbarkeit geprüft.

In Zusammenarbeit mit der Martin Brunner GmbH wurde die Machbarkeit hinsichtlich der neuen Bremseinheiten geprüft. In der gleichen Analyse wurde das Drehgestell aufgrund der Erhöhung der Zugkraft untersucht. Beide Änderungen (Bremse, Zugkrafterhöhung) konnten wie angedacht umsetzen werden.

4.8. Durchführung Typentest

Als Mindeststückzahl wurden 10 Lokomotiven gesetzt, damit sich die Kosten für die Entwicklung und vor allem das Zulassungsverfahren auf mehrere Fahrzeuge umlegen lassen.

⇒ Es wurden nun 5 Stück modernisiert.

4.8.1. Grundkonzept (Hauptverwendungsgebiet)

Das primäre Ziel der Müller Technologie war es, eine vielseitig einsetzbare Lokomotive für den Schweizer Gleisbau zu entwickeln. Auch im reinen Rangierdienst und der Zustellung von Gütern auf dem elektrischen Bahnnetz soll die Lokomotive anforderungs- und leistungsgerecht für vielseitige Traktionsleistungen eingesetzt werden können. Diese modernisierte Lokomotive sollte traktionstechnisch zukunftsweisend sein und mit den heutigen Umweltvorschriften im Einklang stehen.

⇒ Dieses Ziel wurde vollumfänglich erreicht.

4.8.2. Antriebskonzept

Das Konzept sah vor, die Am 841 in eine Aeam 841 umzubauen. Diese Massnahme soll die Lokomotive fit für die zukünftigen Bedürfnisse der Güterbeförderung und die Ansprüche im Gleisbaubereich machen. Die Umsetzung sollte nachfolgend Vorteilen bringen:

Für die Zustellung von Gütern unter eingeschalteter Fahrleitung kann sauberer und ökologischer Bahnstrom verwendet werden. Das Triebfahrzeug kann aber auch auf Baustellen mit ausgeschalteter Fahrleitung eingesetzt werden. Der eingebaute Dieselmotor mit einer Stufe 5 Homologation und einer Leistung von 520kW, soll durch eine Traktionsbatterie mit 112kW/h Leistung unterstützt werden. Maximal soll die Batterie mit 400kW geladen und entladen werden. Somit steht ein Leistungspotential von 920kW bei ausgeschalteter Fahrleitung zur Verfügung. Dies entspricht der jetzigen Fahrzeugleistung. Im Fahrleitungsbetrieb kann durch die vorhandene Leistungssteigerung der Elektromotoren ein deutlicher Zusatz an Beförderungskapazität realisiert werden.

⇒ Hier wurde bei der Aufnahme der alten Daten etwas durcheinandergebracht. Die 920kW sind die installierte Leistung der alten Am 841 am Abgang des Dieselmotors. Die Leistung am Rad war früher 724kW. Heute hat die Lok eine Leistung von >700kW am Rad. Die restlichen Daten stimmen und konnten eingehalten werden. Somit kann man sagen, dass dieses Ziel auch erreicht wurde.

Ein weiterer grosser Vorteil der Traktionsbatterie sollte sein, dass der Dieselmotor nicht während der gesamten Einsatzzeit laufen muss, um das komplette Triebfahrzeug mit Energie zu versorgen. Für das Heizen und Kühlen der Führerkabine soll durch die Batterie genügend Energie vorrätig sein. Kurze Strecken sollen auch mit reinem Batteriebetrieb zurückgelegt werden können. Bei Tunnelbaustellen sollen die Emissionen durch das Triebfahrzeug so deutlich reduziert werden.

⇒ Dieses Ziel wurde erreicht.

Gespräche mit Verschiedenen Akteuren der Schweizer Eisenbahnindustrie haben ergeben, dass ein solches Konzept zielführend sei und einen nachweislich vorhandenen Bedarf abdecken könnte.

⇒ Die Resonanz auf das Projekt ist riesig. Es sieht so aus, dass hier der Puls der Zeit aufgenommen werden konnten.

4.8.3. Leit- und Steuerungstechnik

Die bestehende Steuerungstechnik der Lokomotive ist veraltet und genügt den heutigen Standards und dem Stand der Technik nicht mehr. Darum sollte diese durch eine moderne und dem neusten Stand der Technik entsprechend ersetzt werden. Damit kann das Triebfahrzeug wieder für die nächsten 20 Jahre betrieben werden. Weiter sollte die Lokomotive mit einer Funkfernsteuerung ausgerüstet werden und doppeltraktionsfähig sein.

⇒ Die Aeam 841 ist nun sogar dreifachtraktionsfähig. Ob alle Schlüssel-Bauteile die nächsten 20 Jahre wirklich verfügbar sind und alle Lieferanten in diesem Thema Wort halten (können), wird sich in den nächsten Jahren zeigen.

Auch das Zugsicherungssystem sollte dem modernsten Standard gerecht werden. Ziel war ein ETCS L2 Baseline 3 System.

⇒ Dieses Ziel ist erfüllt. Wenn auch nicht mit dem vorgängig angedachten Lieferanten.

4.8.4. Lichtraumprofil

Wegen dem zusätzlich verbauten Pantografen muss der Führerstand neu angefertigt werden. Hierdurch werden die Sichtverhältnisse teilweise sogar verbessert. Die Aussenform der Kabine wird die bisherige Fahrzeugbegrenzungslinie nicht überschreiten. Somit sollten auch hier keine weiteren Nachweise erbracht werden müssen.

- ⇒ Ja, die Übersichtlichkeit konnte verbessert werden. Dies ist ein grosser Gewinn für die Lokomotive und das Fahrpersonal. Hier mussten trotzdem Nachweise erbracht werden, jedoch war der Aufwand nicht sehr gross, da diese Punkte bei der Entwicklung sowieso immer im Auge behalten werden musste.

4.8.5. Fahrzeuggewicht

Das Fahrzeuggewicht wird nicht verändert. Eine erste Zusammenstellung der Komponentengewichte hatte ergeben, dass die Gewichtsverteilung in den beiden Vorbauten nahezu identisch war. Dazumal lag das Konzept sogar unter dem alten Fahrzeuggewicht der Am 841.

- ⇒ Hier wurde früh im Projekt der Wunsch nach mehr Gewicht laut. Ziel war in der Zwischenzeit sogar, die 80t, welche bei 20t Achslast möglich sind, auszureizen. Grund dafür ist, dass mehr Gewicht bei Stahlrädern auf Stahlschiene auch das Schleuder- und Gleitverhalten beim Beschleunigen und Bremsen positiv beeinflusst. In der Diskussion mit dem Netzzugang der SBB einigte man sich auf 78.5t. Dies war der Kompromiss zwischen möglichst schwer und wenig Aufwand in der Zulassung. Im Verlaufe des Projektes sind auch immer mehr Bauteile dazu gekommen. Dadurch war es gut, dass am Schluss mehr Gewicht zur Verfügung stand. Wobei man sagen kann, dass Gewichtseinsparungen sicher noch drin gelegen hätten.

4.8.6. Bremsausrüstung

Die bestehende Knorr Tafel müsste revidiert werden. Es wurde geprüft, diese Tafel durch eine Brems-tafel der Firma Facto zu ersetzen. Man hätte somit wieder eine Brems-tafel, die dem heutigen Technik-stand entspricht. Die Schleppfähigkeit des Fahrzeuges würde zusätzlich verbessert werden, da nur eine Manipulation ausserhalb des Fahrzeuges notwendig wäre. Auf die Bremsrechnung und die Auslegung des Bremssystems hat dies keine Auswirkungen. Die Bremsdrücke bleiben bestehen, die Lösezeiten sind gemäss UIC- Richtlinien normiert. Darum sollte es ausreichend sein, nur eine statische Prüfung des Bremssystems durchzuführen. Zum Vergleich werden Bremsversuche vor und nach dem Umbau durchgeführt. Dadurch kann belegt werden, dass sich in der Bremsleistung der Lokomotive nichts verändert hat.

- ⇒ Hier wurde die Variante "Ersetzen" durch neue Tafel von FACTO umgesetzt. Die Schleppfähigkeit wurde verbessert. Dadurch werden viel weniger Schäden bei den Überführungen als noch mit der Am 841 erwartet. Die Aussage, dass eine "statische Prüfung" mit "Vergleichsmessungen" ausreichend sein könnte, war etwas zu blauäugig. Hier mussten mehrere Testtage auf dem Schweizer Streckennetz verbracht werden.

4.8.7. Geschwindigkeitserhöhung

Um das Triebfahrzeug den heutigen Anforderungen anzupassen, sollte die Eigenfahrgeschwindigkeit auf die Schleppgeschwindigkeit von 100km/h angeglichen werden. Abklärungen mit dem Hersteller der Traktionsmotoren hatten ergeben, dass die Traktionsmotoren auch mit der höheren Drehzahl betrieben werden können. Die Getriebe und Fahrwerksteile waren bei der alten Am 841 schon auf 100km/h ausgelegt. Die Beanspruchung für diese Komponenten sollten folglich nicht höher werden. Somit wurden in diesem Thema keine weiteren Prüfungen erwartet.

- ⇒ Diese Aussage war richtig. Hier mussten keine weiteren Nachweise erbringen.

4.8.8. Leistungssteigerung

Durch den neuen Traktionsstromrichter kann die Leistungskurve des Fahrzeuges angepasst werden. Die Anfahrzugkraft von 195kN wird dabei nicht überschritten. Sie werden aber im Gegensatz zu früher bis 18km/h konstant gehalten. Da die maximale Zugkraft nicht erhöht wird, werden auch die Kräfte auf den Rahmen und das Drehgestell nicht höher. Das Zugkraftdiagramm wird angepasst. Daher wurden hier keine weiteren Prüfungen erwartet.

- ⇒ Diese Aussage stimmt.

4.8.9. Ersetzen der bestehenden Achswellen

Um die Prüfung der Radsätze in der Zukunft einfacher zu gestalten, wurden neue Achswellen eingekauft. Diese sollten nach dem alten Design neu berechnet und mit einer Prüfbohrung versehen werden. Mit dieser Massnahme sollte auch das Risiko minimiert werden, dass beim Ersetzen der Radscheiben Beschädigungen an den Achsen auftreten. Das Ersetzen der Achswellen hatte gemäss vorliegenden Informationen keinen Einfluss auf die Laufeigenschaften der Lokomotive. Darum sind keine lauftechnischen Untersuchungen vorgesehen.

- ⇒ Diese Aussage war richtig. Hier mussten keine weiteren Tests gemacht werden.

4.8.10. Teilschritte der Zulassung

In einem ersten Schritt sollte mit den Verantwortlichen des BAV ein Treffen stattfinden und das Konzept mit ihnen besprechen werden. Da es hier nicht um ein komplettes Neufahrzeug geht, sollte gemeinsam festgelegt werden, welche Nachweise erbracht werden müssen und welche nicht. Wenn diese Details geklärt sind, sollte das Zulassungskonzept weiter verfeinert werden. Das Ziel war es, im Jahr 2022/23 ein erstes Prototypenfahrzeug herzustellen und dieses Anfangs 2024 zu erproben und zuzulassen. Es war geplant 10-15 Fahrzeuge zu modernisieren.

- ⇒ Der Zeitplan war sehr optimistisch gefasst. Am 01.07.2022 wurde erst der Vertrag mit dem Käufer, der Firma LokPool unterzeichnet. Bis zu diesem Zeitpunkt waren bereits über 2'600 Stunden auf dem Projekt für Machbarkeit und Vorprojekt aufgelaufen. Erst nach der Vertragsunterzeichnung konnte das Projekt richtig hochgefahren und die Entwicklung gestartet werden. Dadurch verschob sich schon der Prototypenbau ins Jahr 2023/24. Mit der befristeten Betriebsbewilligung vom 25.04.2025 konnte dann die Erprobung starten. Entgegen dem Plan, 10-15 Fahrzeuge zu modernisieren, wurden nur 5 Lokomotiven bestellt.

Teilschritt aus der Machbarkeitsstudie	Datum	Datum
	[Machbarkeitsstudie]	[Stand 11/2025]
Bestätigung Zulassungskonzept	offen	Jan 23
Betriebsbewilligung für Versuchs- und Probefahrten mit Sicherheitsverantwortung ETCS	Nach 6Mt	25.02.2025
Betriebsbewilligung für den kommerziellen Versuchsbetrieb (Ertüchtigung)	Nach 18Mt	2026
Typenzulassung	Nach 24Mt	2026
Betriebsbewilligung für den kommerziellen Betrieb	Nach 25Mt	2026

- ⇒ Die Zeit zwischen den einzelnen Bewilligungsschritten der Zulassung stimmt nicht schlecht. Jedoch wurde die Zeit zwischen der Bestätigung des Zwischenkonzeptes bis zur Betriebsbewilligung für "Versuchs- und Probefahrten" stark unterschätzt. Hier wurde mit dem Wissen aus dem Zweiwegfahrzeugbau gerechnet. Bei Zweiwegfahrzeugen kann man eine entsprechende Bewilligung früh im Projekt bewirken, ohne dass das fertige Fahrzeug bereits vorhanden ist.

4.9. Zahlen

Bei den Zahlen werden die Anteile gegenüber dem Gesamten (100%) angeschaut und wie sich die Anteile untereinander von der Gewichtung her verschoben haben.

4.9.1. Stunden in der Entwicklung

Teilschritt	IST	Annahme bei Projektstart
Vorabklärungen & Allgemeines	18%	19%
Entwicklung Aufbauten und Rahmen	63%	11%
Entwicklung Fahrtrieb/Bremsen	1%	29%
Betreuung Elektrik / SW	13%	9%
Zulassung/ Dokumentation	5%	32%
total	100%	100%

Beim Teilschritt "Entwicklung Aufbauten und Rahmen" ist die grösste Differenz zwischen der Machbarkeitsstudie und dem IST. Weiter wurden in betreuenden Tätigkeiten mehr Zeit benötigt als in der Machbarkeitsstudie angenommen. Die Anpassungen im Bereich "Aufbauten und Rahmen" mit allen Komponenten und ihren Abhängigkeiten, welche verbaut werden mussten, wurde im Vorfeld stark unterschätzt.

4.9.2. Stunden in Produktion und Montage (Prototyp)

Teilschritt	IST	Annahme bei Projektstart
Am841 ausschachten	4%	2%
Anpassung Rahmen (Bestehend)	28%	5%
Aufbau Lokomotive	22%	55%
Aufbau Fahrwerk	6%	9%
Unterstützende Tätigkeiten	15%	16%
Inbetriebsetzung	23%	3%
Diverse Arbeitsstunden	2%	10%
Total	100%	100%

Fairerweise muss man zur "Annahme" in der Tabelle sagen, dass sie gemittelt über eine Serie von 10 Lokomotiven angedacht war. Hier wird sie zum Vergleich mit dem Prototyp oder anders gesagt, dem Erststück herangezogen. Die Gewichtung hat sich stark von Montagearbeiten zu Produktions- und Inbetriebsetzungsarbeiten verschoben. Die Verschiebung der Gewichtung aus der "Entwicklung Aufbauten und Rahmen" ist auch bei der Produktion der Komponenten ersichtlich.

4.10. Was ist sonst noch wichtig am Umbau?

4.10.1. Rangieren



Abbildung 19: Führerstand und Ansicht Aeam 841



Neben all den technischen Raffinessen, welche in die Aeam 841 eingebaut wurden, ist besonders hervorzuheben, dass die Lokomotive mit "Schweizer Führerstand" gebaut wurde. Was bedeutet dies? In der Schweiz sitzt der Lokführer in einem Mittelführerstand, wie bei der Aeam 841, auf der linken Seite. Grund ist die Anordnung der Zwergsignale im Gleisbereich. Diese stehen in der Schweiz auf der linken Seite knapp über Boden. Das Zwergsignal ist im Rangierbetrieb "das" Signal, welches zu beachten gilt. Viele Hersteller legen ihre Standardlokomotiven für den europäischen Raum aus und bauen daher den Führersitz auf der rechten Seite ein.



Abbildung 20: Zwergsignal [2]

Weiter kann der Führersitz zusammengeklappt und unter dem Bedienpult verstaut werden. Dadurch ist beim Hin- und Hergehen im Führerstand während Rangierbewegungen nichts im Weg und es bestehen keine Stolpergefahren. Weiter kann das Bedienpult, während Rangierbewegungen schnell gewechselt werden, was die Effizienz beim Rangieren aus dem Führerstand steigert.



Abbildung 21: Hybridkupplung – Stellung Zughaken / Stellung DAK

Während der Entwicklungsphase wurde das Thema "Digital automatische Kupplung" (DAK) ebenfalls angeschaut. Ziel war es, das Fahrzeug für die DAK vorzubereiten, welche sich im gleichen Zeitraum in der Entwicklungsphase befand wie die Aeam 841. Mit dem Kunden zusammen wurde entschieden, einen Satz hybride Kupplungen zu beschaffen, um den Einbauraum zu überprüfen und damit der Kunde erste Erfahrungen damit sammeln kann. Der aktuell gekaufte Satz hat noch kleinen Digital-Teil, da dieser in den Normen noch nicht fertig definiert ist.

4.10.2. Ökologie

Durch das klimafreundliche Upcycling, können 28 Tonnen Stahl weitere 25 Jahre genutzt werden.

Es wird damit gerechnet, dass die Lokomotive 80% mit Fahrdrabt, 5% reiner Akkubetrieb und 15% im Mischbetrieb (Akku und Diesel) unterwegs sein wird. So sollte sich der Dieserverbrauch um 92% oder um ca. 48'000l pro Jahr bei gleichbleibendem Betrieb, verringern.

Damit der Dieselmotor auch ökologischer wird, wurde entschieden, das System auf 100% HVO auszulegen. Wenn das Fahrzeug mit 100% HVO betrieben wird, reduziert sich der CO₂ Ausstoss gegenüber dem alten Fahrzeug um ca. 98%.



Abbildung 22: Firma "New Process" beim Betanken der Aeam 841

Durch den kontrollierten Rückbau der alten Am 841 wurden dringend benötigte Ersatzteile für die andern Am 841 frei.

4.10.3. Wartungsfreundlichkeit

Die Entwickler bei der Firma Müller Technologie haben in ihrer Vergangenheit alle selbst mal an Fahrzeugen gearbeitet und wissen, wie wichtig die Wartungsfreundlichkeit ist. Daher wurde ein grosses Augenmerk daraufgelegt.

Es war nicht immer ganz einfach, die Wartungsfreundlichkeit mit dem beschränkten Einbauraum zu vereinen. So ist zum Beispiel die Box mit dem Batteriemanagementsystem unter dem Stromrichter verbaut. Damit es zugänglich gemacht werden konnte, wurde dafür ein Schubladensystem entwickelt.



Abbildung 23: Batterieschublade auf Hilfsgerüst an Aeam 841

5. Diskussion

5.1. Technische Daten

Im Zulassungskonzept wurde das Ziel gesetzt, die Lokomotive auf 80t aufzulasten. Während der Ausarbeitung und in Diskussionen mit dem Netzzugang der SBB mussten die 80t wieder begraben werden. Dies wären zu grosse Anpassungen für den Netzzugang der SBB gewesen, was mehr Arbeit in der Zulassung bedeutet hätte. Man konnte sich auf 78.5t einigen. Auch die Gewichtsverteilung je Drehgestell wurde beachtet. Während der gesamten Entwicklung wurde eine Gewichtstabelle geführt, um zu verhindern, dass am Schluss ein Gewichtsproblem entsteht.

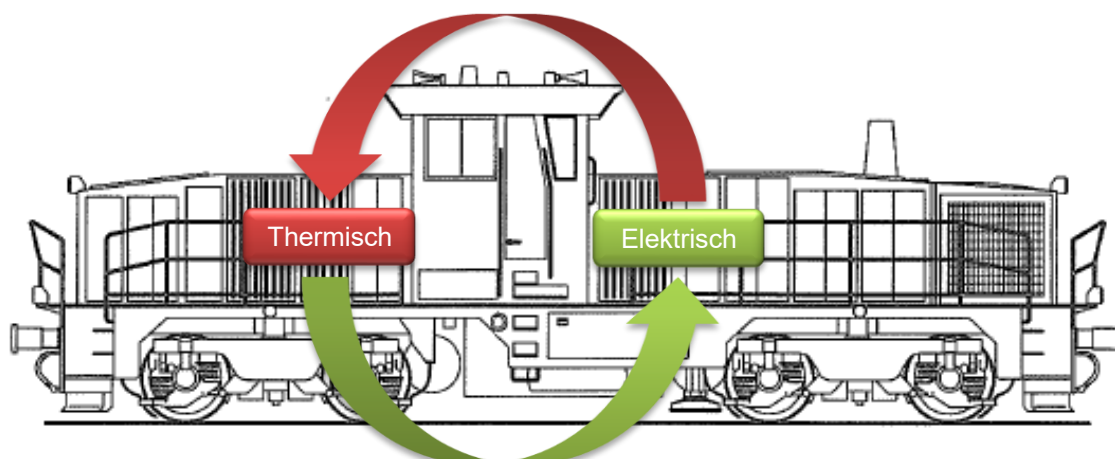


Abbildung 24: Konzept - Tausch Zuordnung Vorbauten von Am 841 zu Aeam 841

5.2. Komponentenanzordnung

Schnell wurde klar, dass die Komponenten nicht mehr gleich auf dem Lokrahmen stehen können, wie bei der alten Lokomotive. Dafür war der Platz falsch verteilt. Der thermische Teil wurde weniger, dafür wurde im elektrischen Teil mit Batterien und Transformator stark aufgerüstet. Weiter wollte man die Vorbauten nicht vermischen, da die elektronischen Bauteile nicht gerne heiss haben und Wärme im Bereich des Dieselmotors nicht verhindert werden kann. Daher wurde früh in der Konzeptphase entschieden, die Zuordnung der Vorbauten zu vertauschen. Dadurch bekam der elektrische Teil den längeren Vorbau.

In der Entwicklungsphase wurde mit dem Konzept aus der Machbarkeitsstudie gestartet. Es sah so aus, als wäre viel Platz, um die Bauteile grosszügig und wartungsfreundlich einzubauen. Jedoch stellte sich mit fortschreitendem Projektstand immer mehr heraus, dass die 14.16m Fahrzeuglänge eine Heraus-

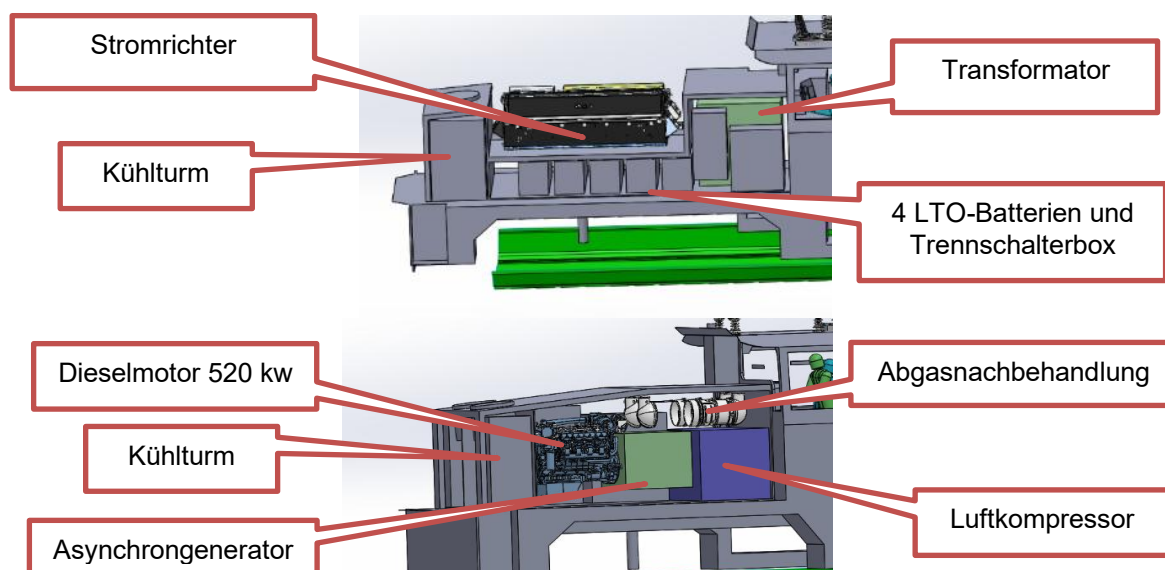


Abbildung 25: Einbaukonzept aus Machbarkeitsstudie Aeam 841

forderung ist. Das Grundkonzept wurde nicht mehr auf den Kopf gestellt. Jedoch sind einzelne Baugruppen untereinander verschoben worden, damit weitere Bauteile Platz fanden. So sind z.B. beide Kühlgruppen nicht mehr an den Spitzen, sondern weiter hinten. Auf der Stromrichterseite ist nun der Stromrichter an der Fahrzeugfront. Dadurch kommt man besser an die Anschlüsse vom Stromrichter. Weiter hinten kann man den Bereich um den Lüfter für zusätzliche Bauteile nutzen. So z.B. der Erdungstrenner, der am Anfang noch gar nicht im Konzept drin war. Auf der Dieselseite wurde die Kühlerbaugruppe leicht gegen die Kabine verschoben. Dadurch entstand Platz für die Pneumatiktafel, welche auch gut zugänglich sein sollte. Allgemein kann man sagen, dass mit einer Serie von fünf Fahrzeugen bei den Lieferanten nicht allzu viel Wünsche an die Bauformen gestellt werden können. Die Standardbauteile sind somit nicht veränderbar.

5.3. Antriebskonzept

Schon in der Machbarkeitsstudie wurde das Antriebskonzept auf drei Energiequellen (Fahrdradt, Batterie und Diesel) ausgelegt. Wieso hat man sich dazu entschieden, weiterhin auf einen Dieselmotor zu setzen? Man wusste dazumal und auch heute noch nicht, welches Einsatzkonzept diese Lokomotive morgen erwartet. Die Aeam 841 geht bei der Firma LokPool in die Vermietung und je nach dem, was die Bahnwelt für Baustellen ausschreibt oder die Firma, welche sie mietet, genau mit ihr vorhat, ist das Einsatzkonzept wieder anders. Weiter ist die Batterie einer der Kostentreiber. Bei einer Batterie muss mit Kosten zwischen 2'000 und 2'500 CHF / kWh gerechnet werden, was bei einer Batterie von 100 kWh einem Betrag von bis zu 250'000 CHF entspricht. Wenn man die Kosten von einem Dieselmotor auf 100 kWh runterrechnet, muss man mit etwa 15'000 CHF rechnen.

Verschiedene Ideen waren schon im Raum, den Dieselmotor in Zukunft zu ersetzen. Schon in der Machbarkeitsstudie vom 30.10.2021 wurde folgendes geschrieben:

"Zukünftig könnte man sich auch vorstellen, dass Wasserstoffmotoren anstatt der Dieselmotoren eingesetzt werden können. Diese werden jedoch in Bezug auf ihre Baugrösse eine kleinere Leistung haben und auch die Thematik der Wasserstoffbetankung auf der Bahn ist in den nächsten 5 Jahren nicht gelöst. Die Dieselmotorhersteller (Deutz und Liebherr) sind an der Entwicklung solcher Wasserstoffmotoren und beabsichtigen diese in 4 bis 5 Jahren auf dem Markt anzubieten. Die Wasserstofftechnologie ist für die aktuelle Umsetzung der Aeam 841 nicht einzubeziehen und benötigt noch Zeit für ein serienreifes Produkt, um auch die geforderte Zuverlässigkeit zu erfüllen."

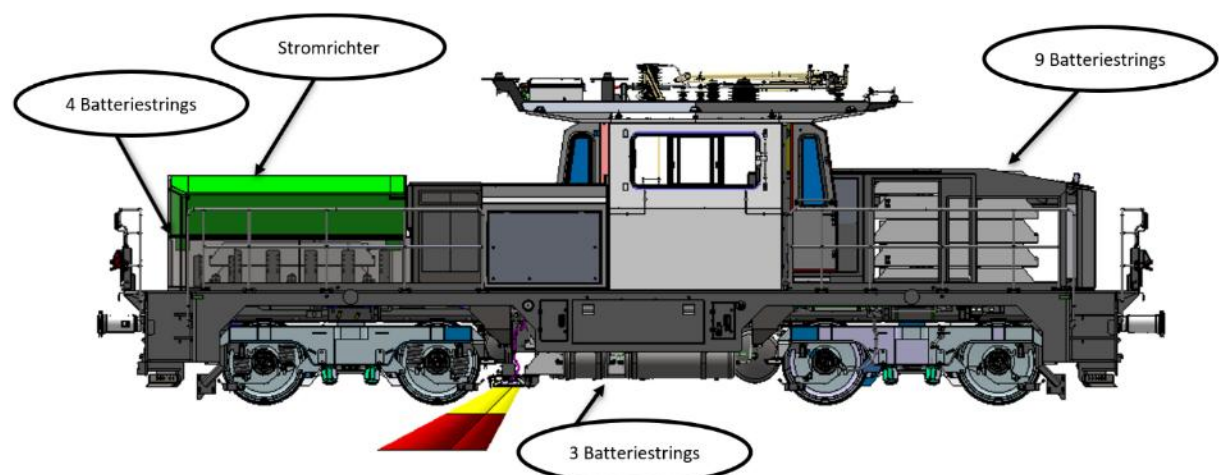


Abbildung 26: Mögliche Anordnung von Traktionsbatterien einer Aeam 841

Auch die Idee, den Dieselmotor für künftige Projekte durch Batterien zu ersetzen, wurde mal angedacht. Dafür hat man überlegt, den Einbau von Dieselmotor und Dieseltank mit Batterien zu füllen. In der Theorie wäre es möglich, etwa 500 kWh mehr Batterieleistung einzubauen. Was die Kosten einer Lokomotive um einiges über 1 Mio CHF verteuern würde. Weiter kommt dazu, dass heute mit einer Lebensdauer der Batterien von 10 bis 12 Jahren gerechnet wird, was der Hälfte der Lebensdauer der Lokomotive entspricht. Somit müsste man bei dieser Variante nach 12 Jahren weitere 1.5 Mio. CHF an neuen Batterien einsetzen.

5.3.1. Würden wir wieder einen Dieselmotor einbauen oder die Batteriekapazität erhöhen?

Wenn man genau weiss, auf was man die Batteriekapazität auslegen muss, kann man den Dieselmotor weglassen. Wenn man das Einsatzszenario vom Fahrzeug nicht genau kennt, macht es zumindest aus

heutiger Sicht keinen Sinn, Batterien auf Vorrat mitzuführen. Dafür sind die Anschaffungs- und die Wartungskosten zu hoch. Aktuell würden wir auf einer Mietflotte wieder einen Dieselmotor als "Rückfallebene" einbauen, welcher mit 100% HVO betrieben werden kann.

5.3.2. Was müsste sich ändern, damit wir ganz auf den Dieselmotor verzichten?

Der Preis der Batterien müsste stark sinken. Dies ist aktuell der Haupttreiber. Wenn der Kunde genau weiss, welche Kapazität er genau braucht, um am Schluss seiner Arbeit wieder unter den Fahrdrat zu kommen, könnte man die Batterien auch besser auf das Einsatzszenario auslegen. So könnte man mit der Kapazität und dem Preis noch etwas spielen.

5.3.3. Was war die Herausforderung mit 3 Antriebsvarianten?

Da alle drei Quellen auf dem Stromrichter zusammengefasst werden und es nur mit einer Variante auf die Fahrmotoren weitergehen, ist die Ansteuerung der Fahrmotoren nicht besonders schwierig. Auch der Aufbau der gesamten Technik war, ausser bei den Platzverhältnissen, keine besondere Herausforderung. Die Herausforderung liegt bei den Softwareentwicklern von Ortics und ABB. Diese müssen neben dem Ansteuern der Fahrmotoren über die drei Quellen noch weitere Punkte beachten und umsetzen:

- Batterie laden ab Fahrleitung, Dieselmotor oder Depotspeisung
- Rekuperation in Richtung Fahrleitung oder Batterie
- Umschalten der Quellen während der Fahrt

5.3.4. Problematik Achsgeber und Traktionsregelung



Abbildung 27: Versuchsaufbau – exzentrische Montage Achsgeber

Im November 2024 gab es einen Rückschlag bei der Traktionsregelung. Entgegen allen Meinungen beim Kauf der Achsgeber, war nun der Geber mit Mitnehmerstift für die Traktionsregelung nicht ausreichend. Bei der eingeleiteten Taskforce, mit ABB, Ortics und Baumer wurde festgestellt, dass ein Achsgeber mit 0.2mm exzentrischer Montage ein viel zu grosses Rauschen produziert, welches der Stromrichter nicht vom Schleudern oder Gleiten unterscheiden kann. ABB konnte das Problem zwar mit einem entsprechenden Zugkraftverlust unterdrücken. Der Zugkraftverlust konnte so aber nicht akzeptiert werden und es musste eine Lösung her. Baumer ist dann mit der Idee gekommen, das "Ei" in der Software rund zu rechnen, um dem Stromrichter ein verbessertes Signal zur Verfügung zu stellen. Nachdem Baumer diese Idee im Labor mit einfachen Mitteln nachgestellt hatte, kam man gemeinsam zum Entschluss, dass diese Lösung funktionieren sollte. Damit die Idee aber auch in die Realität umgesetzt werden konnte, bauchte Baumer etwa ½ Jahr Entwicklungszeit, vom Laborversuch, bis das Produkt auf dem Fahrzeug getestet werden konnte. Dies war für das Projekt ein Rückschlag. Ohne dass die Traktionsregelung fertig war, konnten man auch diverse Testfahrten nicht durchführen. Das Testprogramm musste zerlegt und neu zusammengestellt werden, damit nicht ¾ Jahre Stillstand entstand. Baumer konnte die Durchlaufzeit nicht kürzen, da die Ressourcen bei ihnen bereits gut ausgebucht waren. Die

Entwicklungskosten wurden untereinander aufgeteilt. Grund ist, dass Baumer diesen Softwareblock auch für andere Produkte und Abnehmer anbieten kann. So konnte im September 2025 die neue Software mit allen beteiligten getestet werden. Es waren alle begeistert. Insbesondere auch die Testlokföhrer, welche das Projekt schon länger begleiteten.

5.3.5. Was sind die Auswirkungen und Lehren aus diesem Punkt?

Mehrkosten belasten das Projekt und einen Verzug in der Zulassung von etwa ½ Jahre sind die Auswirkungen. Aber es zeigt auch auf, was gute Lieferanten und Partner Wert sind.

5.4. Elektrische Systeme

Ein zentrales System ist die Loksteuerung. Diese wurde mit Leittechnikprodukten von der Firma Selectron aufgebaut. Überraschend waren die Wiederbeschaffungszeiten der Produkte, welche zwischen 6 und 12 Monaten liegen. Hier muss mit dem Kunden geschaut werden, dass die Ersatzteilbewirtschaftung gut gemacht wird. Daher wurden bereits in der Projektphase Ersatzteile mit beschafft.

5.4.1. Würden wir Selectron wieder einsetzen?

Ja. Dies ist Stand der Technik und wird in der Schweiz vom mehreren Bahnbauern so gemacht. Diese Bauteile sollten auch jahrelang verfügbar sein, was bei einer langen Lebenszeit wichtig ist. Weiter kommt hinzu, dass diverse grössere Bahnprojekte auch damit ausgerüstet sind. So kann man einander auch einmal aushelfen, wenn das notwendig wird.

5.4.2. Gibt es andere Bauteile, welche Sorgen bereiten?

Ja. So zum Beispiel ABB-Sicherungsautomaten der Baureihe S202TC. Diese haben eine Bahnzulassung und sind platzsparend, da sie auf einer Einheit den Hin- und Rückleiter vereinen. Wenn man nun auf einmal die "Normalen" einsetzen wollte, braucht man den doppelten Platz, welcher nicht vorhanden ist. Im November 2024 sollte das Material für die restlichen Lokomotiven bei ABB bestellt werden. Rückmeldung: "Nicht mehr alles lieferbar". ABB versicherte dazumal, dass sie nur die Produktion der Produkte von einem ins andere Land zügelnd und nach 3 Monaten wieder geliefert werden kann. Unterdessen hat sich herausgestellt, dass das Ersatzprodukt nicht mehr gleich gebaut ist, was eine Austauschbarkeit mit den Alten verunmöglicht und im Projekt grossen Aufwand und Kosten mit sich bringt, da auch die Kupferschienen getauscht werden müssen, welche bereits für alle Lokomotiven geliefert sind. Weiter kommt dazu, dass voraussichtlich Mitte Dezember 2025 die Ersatzprodukte eintreffen werden. Dies hat auch Einfluss auf die Lok 03, welche aktuell noch ohne Sicherungen dasteht.



Abbildung 28: Sicherungsautomat S202TC (Quelle: ABB)

Weiter hat die Firma Schweizer Electronic im November 2025 mitgeteilt, dass sie die Produktion von Funkfernsteuerungen per sofort einstellen und das Wissen runterfahren. Es wurden im Projekt 5+1 System gekauft. Was dies auf die Lebenszeit des Fahrzeuges heisst und wie es mit Ersatzteilen und verpflichteten Wartungen nach Bedienerhandbuch durch den Hersteller aussieht, weiss man aktuell noch nicht. Für Folgeaufträge steht dieses System nicht mehr zur Verfügung.

5.5. Überwachung und Sicherheit

In der Machbarkeitsstudie wurde mit einem ETCS-System von Siemens gerechnet. Ziel war das Produkt "Swiss App". Folgende Versprechen wurden dazumal durch Siemens gemacht: [3]

- Die Lösung namens «Swiss App» ist ideal für Kleinserien und Einzelfahrzeuge.
- ETCS-Baseline-3-Fahrzeugausrüstung mit Plug-and-Play-Ansatz
- 1. Vorgegebene Projektierungsparameter

Auf eine fahrzeugspezifische Projektierung der rund 2000 Projektierungsparameter wird verzichtet. ... Lediglich eine Handvoll Projektierungsgrössen (wie zum Beispiel Antennenabstand zur Fahrzeugspitze) müssen fahrzeugspezifisch projektiert werden. Diese sehr rudimentäre Anpassung muss nicht mehr fahrzeugspezifisch zugelassen werden.

2. Definierte Schnittstellen zum Fahrzeug

... Auch der Umfang der Schnittstellen ist auf das notwendige Minimum reduziert ...

3. Keine Schnittstelle zur Fahrzeug-Leittechnik

... Ist eine Rückmeldung dennoch gewünscht, ... erfolgt die Rückmeldung drahtgebunden.

5. Definierter und zugelassener Swiss App-Abwicklungsprozess

... Auch hier setzt die Swiss App auf ein möglichst schlankes Projekt-Setup ...

Vor dem Entscheid zugunsten von Siemens kam Stadler auf das Projekt zu und bewarb ihr System. Sie wollten unbedingt dieses Projekt unterstützen. Ihr Ziel war es auch, mit Ihrem Produkt in der Schweiz in die Nachrüstung von Rangierlokomotiven zu kommen. Dies war eine gute Gelegenheit, über den Preis zu verhandeln. Kurz vor dem Entscheid im Sommer 2022, hat Siemens ihr Produkt "Swiss App" aus dem Markt gezogen. Somit blieb nur noch die Offerte von Stadler übrig.

5.5.1. Wie waren die Erwartungen und wie ist es gekommen?

Die Erwartungen kann man oben im "Versprechen durch Siemens" nachlesen. Mit diesen Erwartungen und dem Versprechen, dass Stadler dies auch kann, wurde das Rennen gestartet. Der Preis war gut und die Offerten von Siemens und Stadler lagen am Schluss nahe beieinander. Das stimmte positiv, dass auch der Kostenrahmen einhalten wird. Im Verlauf der Projektierung wurde festgestellt, dass bei Stadler eine gemeinsame Projektierung und kein "Plug and Play"- System eingekauft wurde. Auch die benötigten Unterlagen von Stadler, welche für den Bau der Lokomotive benötigt wurden, mussten gemeinsam erarbeitet werden. Bei Siemens waren die meisten Unterlagen bereits in der Offert Phase auf einem hohen Niveau verfügbar.

Durch viel mehr Entwicklungsaufwand auf Fahrzeugseite und durch gemeinsames Erarbeiten, hat dieses System mindestens ½ Jahr Projektverzug und Mehrkosten auf Fahrzeugseite von 700'000CHF eingebracht. Wobei man die Mehrkosten auch in Relation mit dem Mehrwert setzen muss.

5.5.2. Würden wir den Weg wieder mit dem Stadler- ETCS gehen?

Ja und Nein. Wenn es zu einem Folgeauftrag kommt, JA. Das System funktioniert, die Materialkosten sind tiefer als bei anderen Herstellern. Mit einem komplett neuen Fahrzeug müsste es nochmals gut angeschaut werden. Man munkelt, dass Siemens das "Swiss App" wieder auf den Markt gebracht hat. Bei Kleinstserien und Einzelstücken sind die Einmalkosten bei Stadler und der Aufwand auf Fahrzeugherstellerseite viel zu hoch. Aber wer weiss, ob Stadler irgendwann auch eine einfache "Plug and Play"- Lösung für Kleinstserien und Einzelstücke bereitstellt, bei welcher Ihre Durchlaufzeit und der Aufwand auf Herstellerseite stark reduziert wird.

5.6. Mechanik

Die alte Am 841 hat eine Puffertellerbreite von 450mm. Diese sind bewährt und es war kein Ereignis bekannt, welches auf zu kleine Pufferteller zurückzuführen war. Trotzdem ist der TNZ SBB zum Schluss gekommen, dass dies für die neue Aeam 841 nicht mehr reicht. Neu wurde eine Puffertellerbreite von 560mm gefordert. Die Überraschung war gross. Daher wurde mit dem TNZ SBB das Gespräch gesucht, in welchem sie das Problem erklärten.

5.6.1. Was war das Problem?

Im seltenen Fall, mit der dümmsten "Lok / Wagen"-Kombination und dem schlechtesten Fall von Kuppe / Wanne / Ablenkung, könnte die Lok im Push/Pull-Betrieb überpuffern, was zu einem Unfall führen könnte. Also wurde die Suche nach geeigneten Puffern gestartet. Die Puffer mussten folgende Kriterien erfüllen: Gleiche Aufnahme, welche an der Lokomotive bereit vorhanden war, die Pufferlänge, welche auch schon die alte Lok hatte und dem Wunsch vom TNZ SBB, 560mm Puffertellerbreite. Alle Pufferhersteller in Europa wurden abgefragt. Leider konnte keiner einen solchen Puffer aus dem Standard heraus liefern.

Was war die Lösung?

Gemeinsam mit dem TNZ SBB konnte ein Kompromiss gefunden werden, bei dem alle zufrieden waren. Dieser beinhaltete Standardpuffer mit 550mm breiten Pufferteller mit Kunststoffeinfügung. In die Diskussion sind folgende Argumente mit eingeflossen:

- Die geforderte Puffertellergrösse hat es so für die Am 841 im Markt nicht gegeben.
- Fast 30 Jahre ohne bekannten Unfall in diesem Bereich auf diesem Loktyp, bei allen Beteiligten.

- Die Reduktion der Pufferbreite um lediglich 5mm pro Seite und der verbesserten Gleiteigenschaften durch Kunststoffeinlagen.

5.7. Bremssystem

Zum Ziel wurde gesetzt, dass die Lokomotive 125 Bremsprozent erreichen sollte. Dies wäre ein super Wert gewesen, wenn man es mit den alten Daten der Am 841 mit 82 Bremsprozent vergleicht. Bei den Typentests hat sich aber herausgestellt, dass nur 116 Bremsprozent erreicht werden. Wobei die 116% nur die halbe Wahrheit ist. In der Ausgangslage waren von 125% bei einem Lokgewicht von 74t (100%) die Rede. Wenn man es so ansieht, wurde der Wert um 1.5t nicht erreicht. In Absprache mit dem Kunden, wurde der Wert nun auf 116% festgelegt. Ein weiterer Grund, wieso man es auf 116% belies, ist dass die Lokomotive Aeam 841 in der Zugreihe A eingeteilt ist und daher maximal in der Bremsreihe 115% fahren darf. Diesen Wert erreicht die Lokomotive auch in Eigenfahrt.

5.8. Durchführung Typentest

Durch die bestehende Zulassung der Am 841 in der Schweiz konnte mit dem BAV abgesprochen werden, welche Teile der Zulassung weiter Bestand haben und welche neu nachgewiesen werden müssen. So z.B. die Fahrdynamik. Hier konnte sehr viel übernommen werden, da der Bereich Lokrahmen / Drehgestell und das Gewicht nicht gross angepasst wurden. Hier konnte mit Hilfe der Spezialisten des Netzzugangs von SBB viel auf dem Rechnerischen / Papierweg und nicht mit aufwändigen und teuren Testkampagnen nachweisen werden. Dadurch fiel auch der Aufbau eines Testradsatzes weg.

Trotzdem ist der Weg der Zulassung aufwendiger geworden, als erhofft. Nicht in einem bestimmten Thema, sondern global überall ein wenig, was in der Summe doch aufwändiger war.

5.9. Zahlen

Das Ziel war es zehn Lokomotiven zu bauen und die Entwicklungskosten darauf zu verteilen. Der Kunde war in einem ersten Los nur bereit, fünf Lokomotiven zu beschaffen. Trotz der Reduktion der minimalen Stückzahl auf die Hälfte wurde entschieden, dass das Projekt umgesetzt wird. Mit dem aktuellen Wissen ist nun ersichtlich, dass die Entwicklungskosten sehr hoch sind und nicht auf fünf Stück abgewälzt werden können. Die Annahme, es braucht mindestens zehn Lokomotiven, um die Entwicklungskosten decken zu können, war richtig.

5.9.1. Wieso stellt sich die Entwicklung der Aufbauten und Rahmen so viel aufwändiger heraus?

In der Machbarkeitsstudie wurde noch damit gerechnet, dass viel mehr der Aufbauten z.B. die Verschaltungen und Kabine, vom alten Fahrzeug übernommen werden. Je weiter das Projekt fortgeschritten war, desto mehr stellte sich heraus, dass diese Bauteile in der Anpassung nahe an einen Neubau herankommen. Deswegen wurde im Verlaufe des Projektes die Strategie vom Umbau zum Neubau der Komponenten geändert. So mussten auch am Wagenrahmen die Schnittstellen angepasst werden. Dies alles führte zu einer stärkeren Gewichtung in diesem Bereich.

Durch die stark angepassten Unterlagen aus der Entwicklung, zog sich die Verschiebung auch weiter in die Produktion. Am Wagenrahmen mussten viel mehr Schnittstellen angepasst werden, was zu mehr Arbeit führte.

5.9.2. Wieso ist die Inbetriebsetzung so viel stärker ins Gewicht gefallen als angenommen?

Das hängt zum einen damit zusammen, dass die Annahmen aus der Machbarkeitsstudie gemittelt über die Serie angeschaut wurden, bei "IST" aber nur das Erststück. Mit diesem Wissen ist die Diskrepanz bei der Inbetriebsetzung nicht mehr so gross. Trotzdem ist er höher und könnte auch in Folgefahrzeugen noch höher ausfallen.

5.9.3. Wann kann man die Aeam 841 auf den Schienen sehen?

Die erste Lok sieht man heute schon auf dem Schweizer Streckennetz. Ziel ist es, die definitive Betriebsbewilligung in der zweiten Jahreshälfte 2026 zu erlangen.

5.10. Was ist sonst noch wichtig am Umbau?

In diesem Umfang war dies das erste Projekt für Müller Technologie in Bereich der Vollbahn. Rückblicken muss man sagen, dass wir grundsätzlich sehr optimistisch waren, was die Durchlaufzeiten und Kosten mit all den Abhängigkeiten, welche wir nicht selbst in der Hand haben, mit sich bringen. Auch die Teuerung über den Projektzeitraum wurde beim Projektstart vernachlässigt.



Abbildung 29: Aeam 841 beleuchtet

Weiter war das Pflichtenheft eher schwammig ausgelegt. Als Pflichtenheft wurde das "Portfolio der Aeam 841" hergezogen, welches auf der Machbarkeitsstudie basierte. Dies hat immer wieder zu Diskussionen im Team geführt, ob etwas wirklich zum Lieferumfang gehört oder ob es "nur" dazu beiträgt, dass wir die "beste und bedienerfreundlichste Lok" in der Schweiz produzieren. Hier ist noch anzumerken, dass im Team der Müller Technologie fast ausnahmslos alle selbst mal an Fahrzeugen oder sogar Lokomotiven gearbeitet haben, sei es im Unterhalt, in der Produktion, Inbetriebsetzung, Betriebsbetreuung oder im Betrieb. Dieses Wissen ist Fluch und Segen zu gleich. Für den Anwender der Lok ein riesiges PLUS, für den Projektcontroller immer mal wieder schwierig. Führen solche Diskussionen manchmal auch zu Mehrkosten und verlängerten Durchlaufzeiten.

Die freien Zeitfenster der Unterlieferanten übereinander zu schieben war auch immer wieder eine Herausforderung. Dafür wurde der Aufwand bei Projektstart unterschätzt. Dies braucht exponentiell mehr Ressourcen, je mehr Lieferanten man hat und je weiter weg sie sind.

5.10.1. Was könnte man beim nächsten Mal anders machen?

Das Pflichtenheft mit allen Beteiligten genauer definieren und bei der Kalkulation genauer hinterlegen, für was das Geld gerechnet ist. Mehr Zeit für koordinative Tätigkeiten einplanen und auch mit dem Kunden abstimmen, was in welchen Zeitabständen verlangt wird (Papier, Sitzungen, Austausch, etc.). Auch diese Tätigkeiten binden Ressourcen.

6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Ja, wir würden es wieder tun. Mit allen Hochs und ein paar weniger Tiefs. Wir denken, dass der Umbau alter Lokomotiven durchaus Sinn ergibt. Können wir damit nicht nur Ressourcen wie z.B. 28t Stahl, welche man nicht einschmelzen musste, sparen, sondern auch mit der alten Zulassung Geld und Zeit einsparen, welche dem Kunden zugutekommt.

Stand heute würden wir wieder eine Lokomotive mit drei Antriebsvarianten verbauen (Fahrdraht, Batterie, HVO-Diesel). Den Diesel kann man nur weglassen, wenn man sich die Batterien für alle erdenklichen Einsatzszenarien leisten oder das Einsatzszenario genau kennt und die Lokomotive darauf auslegen kann.

Es ist einfacher, eine Lokomotive umzurüsten, bei welcher die Fahrmotoren in der alten Variante bereits elektrisch angetrieben waren.

Um zu sehen, was möglich ist, möchten wir sie ermutigen, den Video (QR-Code) von "Eisenbahn in ÖD CH" über unser Projekt anzuschauen und danken dem BAV, dass sie das Projekt im Rahmen des "ESöV 2050"-Programmes unterstützte. Es ist unklar, ob das Projekt mit einer reduzierten Stückzahl von 10 auf 5 Lokomotiven ohne die Unterstützung noch umgesetzt hätte werden können.



Abbildung 30: Titelbild – Video "aus alt wird neu" [4]

https://www.youtube.com/watch?v=oDyJhZix_0k

Partner und Schlüssellieferanten



ABB Schweiz, 5300 Turgi
Traktionsausrüstung



Cay Management, 6343 Rotkreuz
DeBo für ETCS



FACTO, 4601 Olten
TUBO-Apparatetafel / Bremssteuerung



Martin Brunner, 3822 Lauterbrunnen
Festigkeitsnachweise Altmateriale



PEKO, 5330 Bad Zurzach
Verdrahtung / Inbetriebsetzung



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

BAV, 3003 Bern
Förderung (ESöV 2050)



Stäheli RailTech, 8374 Dussnang
Unterstützung Zulassung



Baumer, 8500 Frauenfeld
Achsgeber und Drucksensoren



Demtech, 5647 Oberrüti
Dieselmotor



9533 Kirchberg
Teilelieferant



Ortics, 5453 Remetschwil
Loksteuerung (Elektro & Software)
vom Papier bis zur Zulassung



Prose, 8400 Winterthur
Bremsberechnungen



Spring, 5430 Wettingen
Bedieneinheiten / Schalter



TR Trans Rail, 8500 Frauenfeld
Zulassungsfahrten / Testlokföhrer



Birr Machines, 5035 Unterentfelden
Machbarkeit & Revision Fahrmotor



Emch + Berger, 3001 Bern
Sachverständigen Berichte



LokPool AG
Unterstützung Typentest, Kunde



Özbir Vagon, Sakarya (Tr)
Lokkabine gesamt, weitere Blechteile



SBB TNZ, 3000 Bern
Unbedenklichkeitserklärung / ETCS



Stadler Signalling, 8304 Wallisellen
ETCS-Ausrüstung



Voith, Salzgitter (D)
Automatische Kupplung (DAK)

Symbol- und Abkürzungsverzeichnis

Am	Typenbezeichnung: "A" v_{\max} über 80 km/h/ Traktionsart: "m" = "Thermisch"
Aeam	Typenbezeichnung: "A" / Traktionsart: "e" = "elektrisch"; "a" = "Akku"; "m" = "thermisch"
BAV	"Bundesamt für Verkehr"
DAK	"Digital Automatische Kupplung" (Soll das Kuppeln der Wagen in Europa vereinfachen)
ETCS	"European Train Control System" (Zugssicherungssystem in der Schweiz und Europa)
GSMR	Mit „GSM -R“ wird das bahneigene Funksystem der europäischen Eisenbahnen bezeichnet.
HVO	"Hydrotreated Vegetable Oil" (Hydriertes Pflanzenöl; z.B. gebrauchtes Speiseöl)
IGBT	"Insulated-Gate Bipolar Transistor" (Bipolartransistor mit isolierter Gate-Elektrode)
TNZ SBB	"Technischer Netzzugang der SBB"

Literaturverzeichnis

- [1] schweizer-electronic.com: Bild - "Funkfernsteuerung für Schienenfahrzeuge LocControl100 RS", <https://schweizer-electronic.com/de/funksysteme/produkte/loccontrol100-rs>, Stand:09.11.2025
- [2] Wikimedia.org: "Photographs by Kecko - rail transport", [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SBB_-_Zweig_Signal_\(25212597424\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SBB_-_Zweig_Signal_(25212597424).jpg), Stand: 02.11.2025
- [3] Bahnonline.ch: "Siemens Mobility lanciert «Swiss App» für ETCS", <https://www.bahnonline.ch/15698/siemens-mobility-lanciert-swiss-app-fuer-etcs/>, Stand: 05.11.2025
- [4] Youtube.com: Eisenbahn in Ö D CH - "Aus Diesel wird Elektro-Hybrid: Wie ein Schweizer Unternehmen alte Dieselloks komplett neu aufbaut", https://www.youtube.com/watch?v=oDyJhZix_0k, Stand: 05.11.2025

Anhang

Weiterführende Dokumente können auf Verlange eingesehen werden.
