



Quelle: <https://www.zevrail.de/artikel/elektrisches-stopfen-oeko-retrofit-fuer-die-zukunft-des-stopfens>

---

2023 (Jahrgang 147) / Ausgabe 01/02 / Sprache: Deutsch

# Elektrisches Stopfen – Öko-Retrofit für die Zukunft des Stopfens

Autor: Ing. Roman Hauke

---

## Zusammenfassung

Geringere Energiekosten, reduzierte Lärmemissionen

Die neuesten Erfahrungen mit elektrischen Stopfaggregaten beweisen: Die Zukunft des Stopfens ist elektrisch! Sowohl die wirtschaftlichen als auch die ökologischen Vorteile zeichnen ein klares Bild. Damit auch bestehende Maschinen von den Benefits profitieren können, werden für das Upgrade von hydraulischen Aggregaten auf elektrische Aggregate jetzt ein Öko-Retrofit-Kit angeboten.

---

## 1 Einführung

Bedingt durch den Klimawandel und die daraus entstehenden Umweltveränderungen (Erhöhung der Durchschnittstemperatur über das Jahr gesehen, steigende Meeresspiegel etc.), ist die EU und jedes Land an sich um eine Reduktion der schädlichen Abgase bemüht. Auf der einen Seite durch die Reduktion von z.B. Kohlekraftwerken und Förderung der erneuerbaren Energien wie Photovoltaikanlagen, Windkraft, auf der anderen Seite auch durch Förderung von Elektroautos, E-Bussen und E-LKW. Ebenso sollen die Bevölkerungen zum Umstieg auf den öffentlichen Verkehr animiert werden. Und hier im Speziellen auf den Zugverkehr auf der Kurzstrecke sowie auf der Langstrecke, durch mehr Komfort, höhere Geschwindigkeiten und auch kürzere Zugfolgeintervalle.

Hier kommen die Gleisbau- und Instandhaltungstechnologien der Firma Plasser & Theurer ins Spiel, die bereits seit 1953 zur einwandfreien Gleislage und sicheren Fahrt von mehreren Hundert Millionen Passagieren auf allen Kontinenten beitragen. Viele dieser Gleisinstandhaltungsmaschinen sind mittlerweile 30 Jahre oder sogar länger im Einsatz. Insgesamt über 17.000 Maschinen wurden bisher von Plasser & Theurer produziert und mehr als 50% sind weiterhin aktiv und unermüdlich im Einsatz. Beinahe alle diese

Maschinen wurden bisher mit einem Dieselmotor als Hauptantriebsquelle ausgestattet, der die benötigte hydraulische Versorgung der Arbeitsaggregate sicherstellte.

## **2 Die E<sup>3</sup>-Technologie – die Elektrifizierung der Fahrweg-Instandhaltung**

2015 wurden die ersten Gleisinstandhaltungsmaschinen, ein Stopfexpress 09-4X Dynamic E<sup>3</sup> und ein System für Schottermanagement BDS 2000 E<sup>3</sup>, mit dem damals neu entwickelten E<sup>3</sup>-Antriebssystem ausgestattet und der Öffentlichkeit im Rahmen der ÖVG-Tagung in Salzburg präsentiert. Dieses Antriebssystem bestand aus einem Dieselmotor und einem Elektromotor, der die benötigte Energie über die Oberleitung bezog. Unabhängig voneinander konnten sie die hydraulisch angetriebenen Arbeitsaggregate mit der benötigten Energie versorgen. Dies war der erste Schritt in Richtung elektrisch betriebener Gleisinstandhaltung, dem 2017 bereits der nächste folgte: die vollelektrisch angetriebene Universalstopfmaschine Unimat 09-4x4/4S E<sup>3</sup>, präsentiert auf der Internationalen Fahrwegausstellung iaf in Münster 2017. Bei dieser Maschine waren bereits alle rotierenden Antriebe elektrisch ausgeführt, wobei die Energieversorgung durch einen Generator und die Stromversorgung über die Oberleitung erfolgt! Nachdem die neuen Strecken- und Universalstopfmaschinen mit einem elektrischen Antriebssystem für die Fahrt im Eigenantrieb und für die Arbeit ausgestattet werden konnten, hat Plasser & Theurer im Bereich Global Customer Services/Life Cycle Enhancement (LCE) 2021 begonnen, sich mit der Thematik Öko-Retrofits zu befassen. Bis 2022 wurden bereits 14 E<sup>3</sup>-Maschinen geliefert, aktuell sind mehr als 50 weitere in den Auftragsbüchern und auch schon teilweise in Produktion. Ein – im positiven Sinn – nicht unwesentlicher Treiber der Öko-Retrofits sind die ökologischen Vorgaben (Reduktion der CO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Emissionen) der Europäischen Union, verbunden mit den Anforderungen an immer dichtere Intervalle der Bahnen, um mehr Personen zum Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel zu bewegen! Selbst wenn ab sofort alle Fahrweg-Instandhaltungsmaschinen ausschließlich mit E<sup>3</sup>-Technologie und Ausstattung verkauft, produziert und in den Einsatz gebracht würden, wären wohl noch mindestens zwei bis drei Jahrzehnte notwendig, um hier eine ausreichende Menge an klimaneutralen Fahrzeugen zur Verfügung zu haben. Daraus ergibt sich auch die Notwendigkeit, die aktuellen Maschinenflotten zu behalten, um den Bedarf der Instandhaltung auf der einen Seite sowie den Wunsch nach Ausbau des Zugverkehrs (Erhöhung der Streckenkilometer) auf der anderen Seite decken zu können! Doch wie schaffen wir es, mit den aktuellen Maschinenflotten den Bedarf zu decken und gleichzeitig die Vorgaben an eine Reduktion der Emissionen zu erfüllen? Genau hier setzen die Öko-Retrofit-Entwicklungen von Plasser & Theurer den Hebel an.

## **3 Die E<sup>3</sup>-Technologie als Öko-Retrofit für die bestehenden Maschinenflotten**

Die Idee dahinter ist, die bestehende E<sup>3</sup>-Technologie der Neumaschinen in die existierenden Arbeitsmaschinen als Öko-Retrofit zu integrieren, den Maschinen ein klimafreundliches Upgrade zu verpassen und so die Ökobilanzen der zuverlässigen und bewährten Maschinen am Fahrweg zu verbessern. Der erste Schritt in diese Richtung war eine Betrachtung der aktuell bei den Bahnen eingesetzten Maschinenflotten, um hier den größten Hebel in Bezug auf Ökologisierung bei Öko-Retrofits von Beginn an eruieren zu können. Die Auswahl fiel dabei auf die Stopfmaschinen, genauer auf das Herzstück der Plasser & Theurer-Technologie: das hydraulisch angetriebene Stopfaggregat. Unter Beibehaltung des bewährten prozesssicheren Asynchron-Gleichdruck-Stopfsystems von Plasser & Theurer wird der Antrieb von hydraulisch auf elektrisch modernisiert. Basis des Öko-Retrofit-Stopfaggregates mit elektrisch betriebener Exzenterwelle war das im Unimat 09-4x4/4S E<sup>3</sup> verwendete Universalstopfaggregat (Bild 1), in dem bereits ein elektrischer Antrieb der Exzenterwelle integriert ist.

Auf dessen Fundament wurde ein Retrofit-Umbausatz – mit einem hydraulisch betriebenen und elektronisch geregelten Generator als Energiequelle (Bild 2) – für die bestehenden Universalstopfaggregate am Markt entwickelt und anschließend auf unseren hausinternen Prüfständen Testläufen unterzogen. Mit aufgezeichnet wurden Werte wie Temperaturentwicklung des Elektromotors als auch des Generators inklusive des Kühlsystems, Laufruhe des gesamten Systems, Lärmentwicklung etc. Im Zuge der Auswertungen der gesammelten Daten zeigte sich bereits, wo die Reise in Bezug auf Lärmemissionen, Spritverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Umrüstung hingeht: in Richtung Reduktion aller genannter Parameter.

Bereits während der Phase am Prüfstand wurde ein Prototyp einer Aufzeichnungseinheit konzipiert, der mit dem Umbausatz aufgebaut werden kann. Die Sammlung der Daten sowie die Übertragung zu P&T Data Services, einem Teil von LCE erfolgen dabei automatisch über eine Mobilfunkverbindung. An diese Messeinheit können die gleichen Sensoren angeschlossen werden, wie sie auch am Prüfstand eingesetzt wurden: Drucksensoren unterschiedlicher Messbereiche für die Erfassung der Hydraulikdrücke, Positions- und Winkelsensoren zur exakten Bestimmung der Stellung der Aggregate und Stopfpickel sowie Beschleunigungssensoren zum Nachweis der Vibrationssituation. Die Signale während des Arbeitsbetriebes werden mit einer Abtastrate von bis zu 1 kHz erfasst, um jeden einzelnen Oszillationszyklus eines Stopfpickels genau nachverfolgen zu können. Gepaart mit Informationen aus der Motorsteuerung sowie Daten zur Maschinenposition und Geschwindigkeit, ergibt sich dadurch die Möglichkeit, das reale Betriebsverhalten der Aggregate aufzuzeichnen und die Erkenntnisse daraus in die Weiterentwicklung einfließen zu lassen.

Nachdem die Testreihen auf den Prüfständen positiv absolviert waren, wurde die Abteilung LCE bei Plasser & Theurer Global Customer Services beauftragt, mit dem Öko-Retrofit in den Feldtest bzw. die Praxiserprobung zu gehen. Dieser Feldtest dient dazu, die auf den Prüfständen gesammelten Erfahrungen umzusetzen und die aufgezeichneten Werte im Praxiseinsatz unter realen Bedingungen zu verifizieren. Plasser & Theurer trat dafür an die Firma Strukton Rail heran, die ihre Universalstopfmaschine Type

Unimat 08-475/4S Baujahr 2004 in Opladen bei der Partnerfirma PRS (Plasser Robel Services) zur Reparatur hatte. Nach Gesprächen und der Garantie, dass die Maschine auch mit dem Umbau auf die elektrischen Stopfaggregate zum vereinbarten Termin fertiggestellt würde, erteilte Strukton Rail die Freigabe für unser Öko-Retrofit und den Einbau der elektrischen Stopfaggregate in die Maschine. Parallel dazu wurden auch Gespräche mit der Firma Swietelsky Railway Construction Int. über den Einbau in eine ihrer Maschinen, konkret Unimat 08-4x4/4S RT, in Großbritannien geführt. Auch hier erteilte der Kunde die Freigabe. Nachdem die Maschine noch im Einsatz war, konnte der Umbau erst Anfang Juli beginnen. Anstatt einer Maschine hatten wir nun die Möglichkeit, auf zwei Maschinen und bei unterschiedlichen Schotterbett- und Einsatzbedingungen das Öko-Retrofit auf Herz und Nieren zu testen.

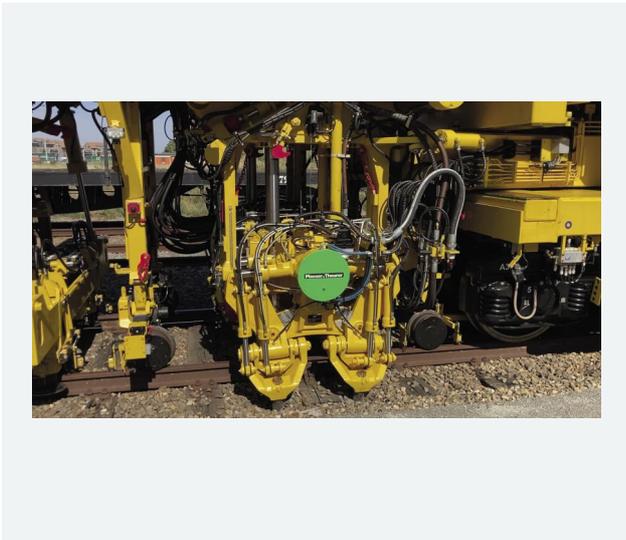


Bild 1: Elektrisches Stopfaggregat

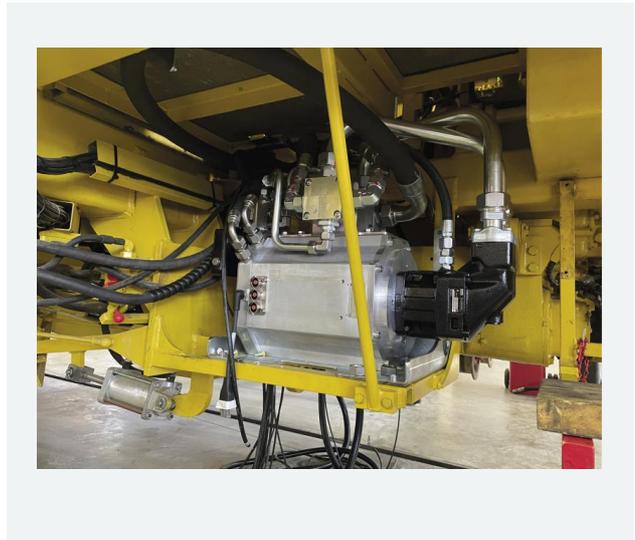


Bild 2: Generator

## 4 Öko-Retrofit: Elektrische Stopfaggregate – Einbau und Testphase

Der Umbau an der ersten Maschine der Firma Strukton Rail wurde im März 2022 gestartet. Alle benötigten Komponenten wie Generator, Steuerschränke, gesamte Kühlanlage etc. wurden auf der bestehenden Maschine so aufgebaut, dass einerseits die vorhandenen Aufbauten und Installationen nicht beeinflusst werden, andererseits die Wartungsfreundlichkeit der benötigten Komponenten sichergestellt ist. Die Umbauzeit an sich betrug ca. zehn Wochen, was ausreichend Zeit gab, die elektrischen Stopfaggregate in Betrieb zu nehmen, zu testen und einzustellen. Beim Umbau musste auch die P 600 Maschinensteuerung angepasst und eine Erweiterung über P-IC zur Kontrolle der Stopfaggregate mit eingebunden werden. Ebenso wurde ein Programm-Update eingespielt, das es ermöglicht hat, exakte Drehzahlwerte und die

Spritverbrauchskurve während des Einsatzes auszulesen und diese Daten mit den Daten der Plasser Datamatic übereinanderzulegen und zu vergleichen.

Die Maschine wurde das erste Mal auf dem Test- und Einstellgleis in Opladen Anfang Mai in Betrieb genommen und die Testphase gestartet. Gleich zu Beginn wurde die Drehzahl des Antriebsmotors, sukzessive verringert: von der Standard-Arbeitsdrehzahl von 1.900 U/min in Richtung des optimalen Betriebspunktes bei höchster Effizienz und Drehmoment des Antriebsmotors bei ca. 1.300 U/min (Bild 3). Der eingeplante Testzeitraum konnte nicht zur Gänze genutzt werden und der Dieselmotor wurde vorläufig auf eine Drehzahl von 1.600 U/min eingestellt. Nach einem kurzen Zwischenstopp bei der iaf in Münster im Mai 2022 kann sich der Öko-Retrofit nun unter den realen und rauen Baustellenbedingungen beweisen. Allein durch diese Absenkung der Drehzahl auf 1.600 U/min waren im Stopfbetrieb bereits Dieseltreibstoff-Einsparungen von ca. 25% zu erzielen (Bild 4). Ebenso war durch das Absenken der Arbeitsdrehzahl eine deutliche Reduktion der Lärmemissionen des Motors zu bemerken. In Kombination mit der verringerten Drehzahl des Elektrostopfaggregates und der Reduktion des abgestrahlten Lärms durch den Elektro- statt Hydraulik-Antrieb der Exzenterwelle ließen sich von Anfang an Reduktionen von ca. 7 dB feststellen. Ein weiterer Effekt war, dass die sogenannte Dieseldrückung beim Eintauchen und Beistellen der Stopfaggregate nicht mehr vorhanden war. Dies rührt daher, dass die Hydraulikpumpen für die Versorgung der Antriebsmotoren der Exzenterwelle mit Öl nicht mehr benötigt werden, also dieses Nachführen der Ölmengen durch kurzzeitige Erhöhung der Dieselmotordrehzahl entfällt. Alles in allem wird der Antriebsmotor durchgehend in einem gleichmäßigen Drehzahlband belastet, was sich sowohl auf die Lebensdauer des Motors als auch auf den reduzierten Abgasausstoß positiv auswirkt.

Während der Umbau der Aggregate voranschritt, wurden auch die Themen der Arbeitszulassung für elektrische Stopfaggregate und die EMV (elektromagnetische Verträglichkeit) des Gesamtsystems mit aufgenommen. Da die Antriebsart der Stopfaggregate von hydraulisch auf elektrisch umgestellt wurde, musste hier eine Zulassung auf Basis des Antrages auf bauliche Änderung bei der Deutschen Bahn durchgeführt werden. Dabei erfolgte auch eine EMV-Verträglichkeitsmessung einer akkreditierten Stelle sowie eine komplette Sicherheitsbetrachtung der elektrischen Anlage. Da die bauliche Änderung als eine signifikante eingestuft wurde, musste die allgemeine Arbeitsberechtigung für die Maschine erneut erwirkt werden. Nach Durchführung aller geforderten Prüfungen und positiver Bewertung der zuständigen Prüfingenieure wurde die allgemeine Arbeitsberechtigung vonseiten der DB Netz AG wieder erteilt (Bild 5).

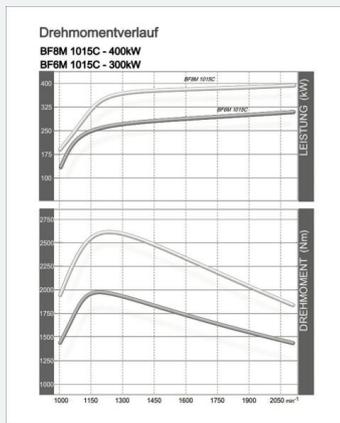


Bild 3: Drehmomentkurve des DEUTZ-Motors

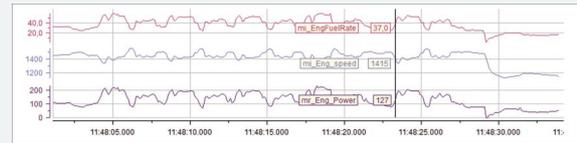


Bild 4: Darstellung Leistung in kW, Drehzahl in U/min, Dieselverbrauchsrate in l/h während der Versuche



Bild 5: Strukton stopft elektrisch, hier mit dem Öko-Retrofit am Testgelände in Holland

## 5 Ausblick – Validierungen und weiteres Potenzial Öko-Retrofit

Im Zuge der Maschineneinsätze auf den Baustellen und der Winterpause werden wir die Drehzahlreduktion in Richtung der optimalen 1.300 U/min weiterführen. Ebenso werden auf der Baustelle Lärmmessungen einer akkreditierten Stelle gemäß EN und TSI durchgeführt, um die Reduktion der Lärmemissionen zu verifizieren.

Aufgrund der Tatsache, dass der Generator mehr elektrische Energie erzeugt, als benötigt wird, sollen andere hydraulische Verbraucher wie z.B. die Vorkopfverdichter und Klimaanlage auf elektrisch betriebene Varianten umgebaut werden. Durch die weitere Reduktion der Hydraulik und der sich daraus ergebenden geringeren Menge an Hydrauliköl im Systemkreislauf wird sich erwartungsgemäß ein Einsparungspotenzial bei den Ölkühlern ergeben. Darauf basierend, wird hier auch eine weitere Reduktion der Lärmemissionen erwartet. Ebenso wird ein Akku als Speicher und Puffer (ähnlich einer Autobatterie beim KFZ) aufgebaut, der den Betrieb des SmartALC und DRP, der Beleuchtung bei Stillstand der Maschine oder Wartungsarbeiten übernehmen wird.

## 6 Fazit

Die bereits für Neumaschinen vielfach eingesetzte Technologie und die damit verbundenen Möglichkeiten in Bezug auf Reduktion von Schadstoffen ist nun auch als Upgrade für die bestehende Maschinenflotte erhältlich. Damit ergibt sich eine Vielzahl von Öko-Retrofits für Bestandsmaschinen, um eine zweite Einsatzperiode zu gewährleisten. Dadurch können Infrastrukturbetreiber, Maschinenbetreiber wie auch wir an einem Strang ziehen, um den aktuellen Maschinenpools ein klimafreundliches Upgrade zu ermöglichen. So kann im Hinblick auf Technologie, Verfügbarkeit und Prozessqualität ein neues Level an Nachhaltigkeit in der Branche der Bahnbaumaschinen erreicht werden.