

Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Sicherheit des Universal Tamper 4.0

Praktische Einsatzerfahrungen der Deutschen Bahn Bau Gruppe

ERIC STUTE | BERNHARD LICHTBERGER

Die Eisenbahn ist das nachhaltigste und ökologischste Verkehrsmittel mit gleichzeitig hoher Leistungsfähigkeit. Das Vorhaben der EU, bis 2050 klimaneutral zu sein, lässt sich nur durch eine vehemente Verlagerung des Güter- und Personenverkehrs auf die Schiene realisieren. Mit dem Universal Tamper 4.0 wurde eine Maschine in Verkehr gebracht, die bereits für die künftigen gesteigerten Anforderungen an die Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Wartbarkeit und Sicherheit gerüstet ist. Zentral für die Konzeption der Maschine waren niedrige Lebensdauerkosten und die Erfüllung von ehrgeizigen RAMS-Anforderungen. Die praktischen Einsatzerfahrungen der Universalstopfmaschine bei der DB Bahn Bau Gruppe GmbH weisen die an sie gestellten Anforderungen nach.

Allgemeines

Der Klimawandel, daran ist nach der Meinung der Klimaforscher kein Zweifel, ist menschengemacht. Der Anteil des Verkehrssektors am weltweiten Ausstoß von Treibhausgasen beträgt 14 % [1]. Die Bahn emittiert den geringsten Anteil aller Verkehrssparten [2].

Die EU verankerte in ihren politischen Zielen das Vorhaben, bis 2050 klimaneutral zu sein. Das europäische Klimaschutzgesetz setzt das verbindliche Ziel, bis 2030 die Emissionen um mindestens 55 % im Vergleich zu 1990 zu senken. Der europäische Grüne Deal gibt das Konzept und den Fahrplan der EU vor, wie sie diese Klimaziele zu erreichen gedenkt [3]. Er sieht vor, die Emissionen des Verkehrssektors bis 2050 um 90 % zu senken. Im Jahr 2030 sollen 30 % der Güterbeförderung über eine Strecke von mehr als 300 km von der Straße auf die Schiene oder das Schiff verlagert werden.

Aus Sicht des Klimageschehens muss es zwangsläufig zu einem Anstieg der Verkehrsleistung des Güter- und Personenverkehrs auf der Schiene kommen. Der Bau von neuen Trassen ist Teil der Lösung, der aber Zeit benötigt. Diese drängt hinsichtlich der beschlossenen EU-Ziele. Deshalb müssen die vorhandenen Strecken effizienter genutzt werden. Dies bedeutet Erhöhung der Zugfrequenzen, der Verkehrsgeschwindigkeiten und Ausbau vorhandener Strecken. Für Instandhaltungsmaßnahmen mit Oberbaumaschinen wird in Zukunft noch weniger Zeit zur Verfügung ste-

hen. Das erfordert höhere Arbeitsgeschwindigkeiten, höhere Qualität und Haltbarkeit der Gleisgeometrie sowie Methoden, die die Gleiskomponenten schonend behandeln, damit deren Lebensdauer steigt. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an die Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit, Wartbarkeit und Sicherheit der Oberbaumaschinen.

Moderne Oberbaumaschinen werden längst entsprechend EN 50126 [10] hinsichtlich dieser Anforderungen, die mit RAMS abgekürzt werden (engl.: Reliability – Availability – Maintainability – Safety), gebaut und zugelassen (Abb. 1). Die Universalstopfmaschine von System7 [4] wurde unter der Prämisse hoher RAMS-Anforderungen und geringer Lebensdauerkosten konzipiert. Die Erfüllung der RAMS-Anforderungen sind eng verwickelt mit den Lebensdauerkosten, denn die über den gesamten Lebenszyklus anfallenden Kosten können mehr als doppelt so groß sein wie die Anschaffungskosten der Fahrzeuge selbst.

Praktische Einsatzerfahrungen bei der DB Bahn Bau Gruppe

Im Geschäftsjahr 2020 hat der bei der DB Bahn Bau Gruppe im Einsatz befindliche Universal Tamper 4.0 (Abb. 2) insgesamt 135 Einsätze absolviert. Es wurden 241 Weichen und 34 000 m Streckengleis gestopft. Die Maschine wies eine Verfügbarkeit von 100 % auf. Die Zuverlässigkeit erreichte den hohen Wert von deutlich über 99 %. Lediglich bei einem Einsatz kam es zu einer mehrstündigen Störung. Das Problem konnte durch den System7-Service umgehend behoben werden.

Für Rückfragen und Hilfestellungen standen die Servicetechniker der System7 rund um die Uhr per Fernwartung zur Verfügung. Die hohen Zuverlässigkeits- und Verfügbarkeitswerte setzten sich 2021 fort: Die Maschine erreichte die höchsten Zuverlässigkeitswerte innerhalb aller Stopfmaschinen der DB Bahn Bau Gruppe. Als besonders hilfreich erwies sich die einfache ergonomische und intuitive Bedienung der Maschine sowie deren Automatisierungsgrad. Insbesondere die automatische Hebe-Werkzeugwahl, das optische Messsystem und die vollhydraulisch arbeitenden Stopfaggregate zählen zu den wesentlichsten Bausteinen dieses Erfolgs. Die Stopfaggregate dienen als Messwerkzeuge, die objektiv den Schotterbettzustand durch Angabe der Schotterbetthärte und den erreichbaren Verdichtungsgrad ermitteln, analysieren und abspeichern. Dadurch kann die DB Bahn Bau Gruppe dem Auftraggeber einen auf der Maschine erstellten Schotterbettabnahmeschrieb zur Verfügung stellen. Neben Kenndaten über die Qualität und den Umfang der Arbeiten werden über ein Expertensystem Hinweise über lokale Störungen des Schottergleises und des Gesamtzustandes gegeben. Vorteilhaft im Betrieb erwiesen sich die reduzierten Lebensdauerkosten, gekennzeichnet durch niedrige Wartungskosten und Langlebigkeit der Komponenten. Geringe Feinstaubentwicklung, stark reduzierter Lärm und niedrige Vibrationen reduzieren die Umweltbelastung. Automatisch wird am Ende jeder Schicht der Gleisgeometrie-Abnahmereport erstellt. Das eingesetzte digitale Abnahmesystem (DAS) auf Basis eines inertialen Navigationsmesssystems

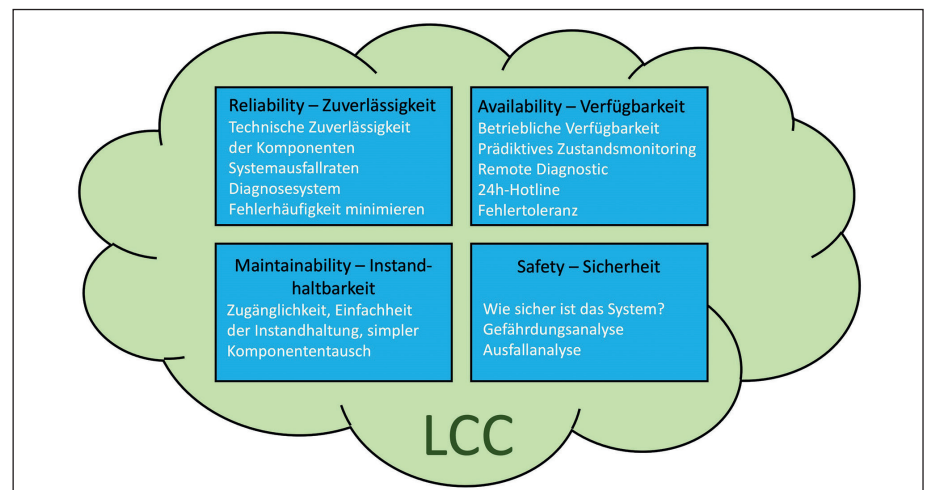


Abb. 1: Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit, Sicherheit und Lebensdauererhaltung



Abb. 2: Die Mannschaft der Deutschen Bahnbaugruppe vor ihrem Universal Tamper 4.0

Quelle: DB Bahnbau Gruppe

ermittelt sowohl Pfeilhöhen- als auch Längshöhendaten oder aber unverzerrte langwellige Geometrieabnahmedaten (D1- und D2-Band). Die erzielten Gleislageverbesserungen befinden sich aufgrund der implementierten Automaten und der innovativen integrierten Restfehlerbehebung auf sehr hohem Niveau.

Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit einer Oberbaumaschine ist dadurch gekennzeichnet, dass sie die an sie gestellten Forderungen über einen möglichst langen Zeitraum einwandfrei erfüllt.

Für die Zuverlässigkeit sind die Versorgung der Maschine, ein betriebsfähiger stabiler Dieselmotor mit Fahrtrieb, eine einwandfreie Druckversorgung und Funktionsfähigkeit der Arbeitsaggregate bzw. Messsysteme sowie ein funktionierendes Computer- und Kommunikationssystem von entscheidender Bedeutung. Entsprechend hoch sind die Anforderungen an die Ausfallsicherheit dieser Komponenten. Beim Universal Tamper 4.0 werden während des Betriebs die Zustände wichtiger Komponenten der Maschine gemessen. Der Verlauf der Zustände und Betriebsparameter wird analysiert. Daraus gebildete Trendkurven erlauben die Extrapolation auf die künftige Entwicklung. Damit kann die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Fehlern vorhergesagt und durch gezielte rechtzeitige Maßnahmen verhindert werden. Aus dem Verlauf der Betriebsparameter werden Erfahrungswerte für das Verschleißverhalten der Komponenten der Maschine gezogen und, falls notwendig, Verbesserungsmaßnahmen getroffen.

Die Abb. 3 zeigt ein Modell des Zusammenwirkens erfasster Daten der Stopfmaschine bis zur prädiktiven Instandhaltung [5].

Erhöhung der Zuverlässigkeit

Beim Universal Tamper 4.0 wurden besonders zuverlässige Komponenten und Systeme eingesetzt. Beispiele dafür sind Scheibenbremsen sowie der Einsatz des UIC-Verschleißprofils S1002, die den Radverschleiß deutlich reduzieren. Das vermeidet häufiges Abdrehen und erhöht die Lebensdauer der Räder.

Ein Hydraulikölreinigungs- und Entfeuchtungsnebenfilter läuft ständig mit, wodurch

sich die Nutzungsdauer der Hydraulikkreise erhöht.

Hydraulik und Pneumatik sind weitgehend verrohrt. Im Gegensatz zu Hydraulikschläuchen weisen Rohre eine wesentlich längere Lebensdauer und vernachlässigbaren Verschleiß auf. Sie sind daher erheblich betriebssicherer.

Für den Batteriesatz der 24 V DC-Bordversorgung werden eisenbahntaugliche Gelbatterien in verschlossener Batterietechnologie eingesetzt. Diese sind durch robustes Design, kein Ausgasen und Langlebigkeit gekennzeichnet. Dieselmotor, Antriebskomponenten, Drehgestelle, Elektronik und Automatisierungsmodule werden bei renommierten europäischen Zulieferern beschafft. Die hohen Ansprüche an die Stopfaggregate, die Messwagen und das Hebe-Richt-Aggregat werden durch eigene Ingenieure und hochwertige Fertigung im Haus sichergestellt.

Verfügbarkeit

Für eine hohe Verfügbarkeit der Maschine ist es wichtig, den Verschleiß- und Wartungszustand der für den Betrieb kritischen Komponenten zu verfolgen. Durch die Messung und Auswertung der Zustände kündigen sich Fehler frühzeitig an, wodurch die entsprechenden Komponenten rechtzeitig gewartet oder getauscht werden.

Mit der Webplattform RaVeM (Railway Vehicle Monitoring) steht ein diagnose- und trendbasiertes prädiktives Zustandsmonitoringsystem zur Verfügung. Durch das prädiktive Monitoring werden die Instandhaltungsintervalle des Universal Tamper 4.0 optimiert und verlängert. RaVeM berechnet aus dem aktuellen Verlauf den Trend und daraus den optimalen Zeitpunkt für einen Serviceeingriff. Automatisch informiert das System den Instandhaltungsverantwortlichen über SMS oder E-Mail [5].

Derzeit werden Dieselmotor, Achsgetriebe, Verteilgetriebe, Hydraulikölfilter, Stopfaggregate, Hilfsgenerator, Bordnetz, optisches Messsystem, Hebe-Richt-Anlage, Antriebsmotoren, Ölqualität, GPS, GSM, WLAN, Computernetzwerk, Automatisierungsanlage und inertiales Navigationsmesssystem überwacht.

Achsgetriebe und Stopfaggregate werden über Beschleunigungsmessungen und elek-

tronische Zustandsmodule monitort [6]. Die elektronischen Zustandsmodule geben automatisch wichtige Zustandsgrößen, wie RMS-Hüllkurven der Beschleunigungen, Crest-Faktor, Kurtosis etc., aus. Damit sind Unwuchten, ausgeschlagene Buchsen, Gleit- und Wälzlager- oder Getriebeverschleiß in ihrer Entwicklung verfolg- und voraussagbar.

Redundante Systeme erhöhen die Verfügbarkeit. Beim Universal Tamper 4.0 gibt es drei unabhängige geschlossene und geregelte hydrostatische Antriebskreise. Die drei Antriebe werden ständig über Druck- und Drehsensoren überwacht. Fällt ein Antriebskreis aus, wird dieser abgeschaltet. Die Maschine kann jedoch weiterarbeiten bzw. mit verminderter Fahrleistung von der Baustelle heimkehren.

Das Bordstromsystem ist ebenfalls redundant ausgelegt. Neben einem elektrischen Hilfsstromaggregat, das über einen AC/DC-Wandler 24 V DC Gleichstrom erzeugt, sind auch redundante Lichtstrommaschinen installiert.

Über die Photovoltaikanlage auf dem Dach werden die Batterien der Maschine automatisch aufgeladen. Damit ist die Maschine auch bei längeren Stehzeiten im Freien immer einsatzbereit, weil die Batterien nicht entladen sind.

Das implementierte bedienerfreundliche Diagnosesystem der Maschine dient der schnellen und einfachen Fehlersuche. Ergänzt wird es durch die Ferndiagnose über ein GSM-Modem.

Fehler- und Störmeldungen des Systems werden dem Bediener angezeigt. Das implementierte Diagnosetool führt den Bediener hin zur Identifizierung des Problems und zu den zu treffenden Maßnahmen. Die Fehler- und Störmeldungen werden an die Web-Plattform RaVeM übertragen und dort gespeichert. Die gesammelten Informationen erlauben den Serviceingenieuren von System7 die Analyse aufgetretener Fehler, die sich vielleicht bereits seit einiger Zeit ankündigten. Mit diesen Informationen und der Analyse von Fehlerstatistiken wird die Maschine hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit ständig verbessert. Nicht bewährte Komponenten werden durch solche höheren Standzeiten ausgetauscht oder verbessert.

Eine 24-Stunden-Hotline sichert die ständige Erreichbarkeit der Serviceingenieure. Spezialisten (Softwareingenieure, Automatisierungstechniker) sind turnusmäßig rund um die Uhr in Bereitschaft.

Falls der Maschinenführer während des Einsatzes eine Störmeldung bekommt und diese trotz der Diagnosemeldungen und automatischen Hinweise der Maschinensoftware nicht zu beheben weiß, so ruft er die Hotline an und beschreibt den Fehler. Der System7-Spezialist loggt sich über Fernzugriff auf der Maschine ein. Der Inhalt der Computerbildschirme, die der Maschinenführer sieht, sieht synchron der Spezialist. Auch die Videobilder werden gestreamt [7]. Der Fernzugriff ist nur autorisierten Personen zugänglich und erlaubt. Er wird

durch einen Schlüsselschalter auf der Maschine durch das Maschinenpersonal freigegeben. Abb. 4 zeigt einen der Spezialisten bei einem Fernzugriff auf eine arbeitende Maschine. Auf dem rechten Schirm ist der Arbeitsbildschirm inklusive Videostreams zu sehen, wie sich diese dem Stopfer darbieten. Der mittlere Schirm zeigt die Steuerungsmodule und der Laptop links den Programmcode. Der Spezialist hat Zugriff auf alle Sensoren und auf das Automatisierungsprogramm.

Wartbarkeit

Das Grundkonzept der Maschine sieht einfache Zugänglichkeit und Wartbarkeit vor. Der auf Schienen ausziehbare Hilfsgenerator ist ein Beispiel – andere sind Wartungsklappen im Bereich Dieselmotor und Verteilgetriebe sowie Tragrahmen, über die der Dieselmotor oder der Pumpenteil einfach nach unten im Ganzen demontiert, gewartet oder getauscht werden kann. Der Batteriekasten ist aus Gründen der einfacheren Wartbarkeit ebenfalls über eine Linearführung herausziehbar.

Die Hydraulikfilter sind zugänglich angeordnet. Ihr Verschmutzungszustand wird sowohl elektronisch als auch durch eine optische Anzeige der Filtereinheiten überwacht. Bei Wartungsarbeiten an der Hydraulik wird mittels einer standardmäßig aufgebauten Vakuumpumpe im Hydrauliktank ein Unterdruck erzeugt, der das Auslaufen von Öl verhindert. Damit können Servicearbeiten an der Hydraulik ohne Kontamination des Gleisbereichs und ohne Entleerung des Öls durchgeführt werden. Der vollhydraulische Stopfantrieb misst während der Stopfarbeiten die Schotterbetteigenschaften wie Bettungshärte und Verdichtung [8]. Die Komponenten des Stopfantriebes können auf der Baustelle innerhalb weniger Minuten getauscht werden. Zahlreiche ausgeführte Messstellen an der Hydraulik erlauben die schnelle und einfache Überprüfung der ordnungsgemäßen Funktion.

Sicherheit

Die Europäische Kommission hat auf Basis des Artikels 6 der Richtlinie 2004/49/EG gemeinsame Sicherheitsmethoden verfügt. Für den Universal Tamper 4.0 wurde auf der Grundlage der Durchführungsverordnung EU 402/2013 und der nachfolgenden Änderung EU 1136/2015 eine Sicherheitsbewertung durchgeführt. Die Risikoanalyse wurde anhand des R19-Dokuments [9] hinsichtlich des Arbeitnehmerschutzes erstellt. Die funktionale Sicherheit der Maschine wurde auf der Basis der Sicherheitsrichtlinie für Eisenbahnfahrzeuge (SIRF) des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA) erfolgreich geprüft.

QUELLEN

- [1] Lichtberger, B.: Unser Planet im Klimawandel – Ein Handbuch über physikalische und gesellschaftliche Zusammenhänge, Oekom Verlag, München 2021
- [2] Europäischer Rat: Saubere und nachhaltige Mobilität für eine klimaneutrale EU, <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/clean-and-sustainable-mobility/>, abgefragt am 19.8.2021

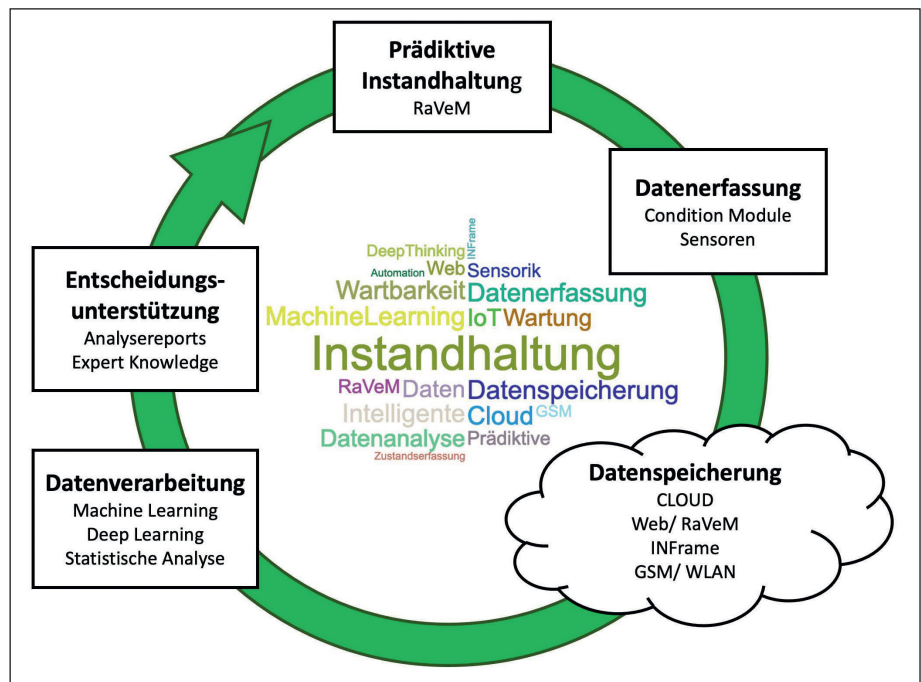


Abb. 3: Intelligente Instandhaltung – Modell des Zusammenwirkens



Abb. 4: Automatisierungsspezialist im System7-Büro während eines Fernzugriffs auf eine arbeitende Maschine

- [3] Europäische Kommission: Europäischer Grüner Deal – Erster klimaneutraler Kontinent werden, https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de, abgerufen am 2.9.2021
- [4] Lichtberger, B.: Der neu entwickelte Universal Tamper 4.0 – Design und Konstruktion einer Universalstopfmaschine mit den Schwerpunkten auf reduzierten Lebenszykluskosten und vereinfachter intuitiver Bedienung, EI – DER EISENBAHNINGENIEUR, 8/2018
- [5] Lichtberger, B.: Bahnindustrie 4.0: Innovative Railway Vehicle Monitoring RaVeM in der Anwendung, ZEVrail 140, Mai 2016
- [6] Beutler, A.; Simroth, A.: Prädiktive Instandhaltungsplanung, EI – DER EISENBAHNINGENIEUR, 9/2018

- [7] Lichtberger, B.: Auf dem Weg zum autonomen Arbeiten – Der Universal Tamper 4.0, EIK - EISENBAHN INGENIEUR KOMPENDIUM 2022
- [8] Lichtberger, B.: Das neue System7 – Automatikstopfen erhöht die Haltbarkeit der Gleislage: Einsatzergebnisse, ETR - Eisenbahntechnische Rundschau, 9/2020, S. 58-63
- [9] Schwerpunkt-konzept aus Sicht des ArbeitnehmerInnenschutzes R19-Gleisbaumaschinen; Versicherungsanstalt für Eisenbahnen und Bergbau, Stand 1.1.2014, https://www.arbeitsinspektion.gv.at/Service/Publikationen/Merkblaetter_-_Broschueren_und_Studien.html#heading_Arbeitsschutz, abgerufen am 2.9.2021
- [10] EN 50126: Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS), 2018



Eric Stute
Leiter Maschinentchnik
DB Bahnbaugruppe GmbH, Königsborn
eric.stute@bahnbaugruppe.com



Univ.-Doz. Dr. Bernhard Lichtberger
Geschäftsführender Gesellschafter
System7-railsupport GmbH,
AT-Laakirchen
bernhard.lichtberger@s7-rail.com

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für DB Bahnbaugruppe GmbH; System7-railsupport GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH