

Flexibler, resilienter Güterverkehr mit ASINO-Drehgestellen: Eine vollintegrierte Lösung für selbstfahrende Güterwagen

David Krüger, Mathilde Laporte

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Fahrzeugkonzepte

1 Ausgangslage des Schienengüterverkehrs

Der Verkehrssektor steht aktuell vor einer Reihe verschiedener Herausforderungen. Steigendes Verkehrsaufkommen steht dabei in Konflikt mit dem Fachkräftemangel und einer vielerorts maroden Infrastruktur. Dabei herrscht auch eine starke Konkurrenz zwischen den Verkehrsträgern für Aufträge und Zugang zur Verkehrsinfrastruktur. Währenddessen steigt die Erwartung der Kunden nach kurzen Laufzeiten und größerer Flexibilität in Bereichen wie Spontanität und Variabilität. All dies steht vor dem Hintergrund der verfehlten Emissionsziele im Verkehrssektor in den vergangenen Jahren (Abbildung 1). Die benötigten Einsparungen zum Erreichen des bindenden Ziels 2030 müssen somit in den kommenden 5 Jahren jährlich umso größer ausfallen.

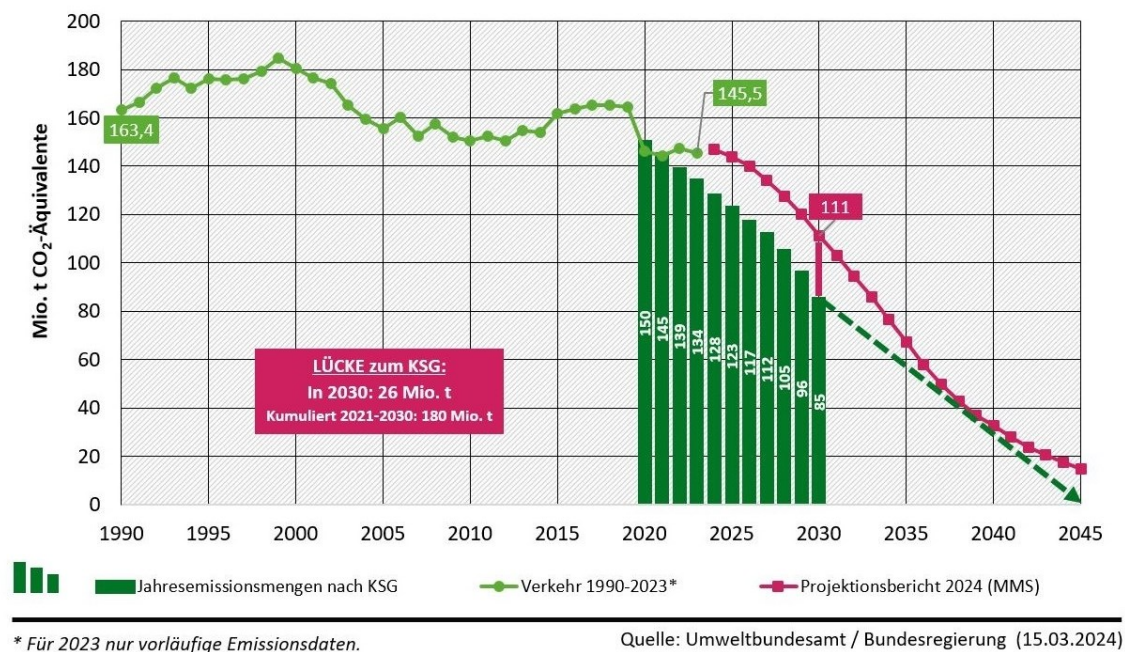


Abbildung 1 – Entwicklung und Zielerreichung der Treibhausgasemissionen in Deutschland im Sektor Verkehr des Klimaschutzgesetzes (KSG) (1)

Der Schienengüterverkehr (SGV) kann bei diesen notwendigen Emissionseinsparungen eine wichtige Rolle spielen, vor allem bei einer fortschreitenden Elektrifizierung der heute noch dieselbetriebenen Verkehre. Trotz politischer Ziele stagniert aber der Marktanteil der Schiene im Güterverkehr seit Jahren, u.a. aufgrund der genannten Herausforderungen. 2023 lag der Anteil mit 19,9% auf demselben Niveau wie fünf Jahren zuvor in 2018 (2).

Um einen Verkehrswandel zu forcieren bedarf es mehr als nur Preissenkungen im bestehenden Geschäftsmodell; der SGV muss neue Märkte erschließen und Güter von der Straße (zurück)holen. Dabei müssen jedoch die

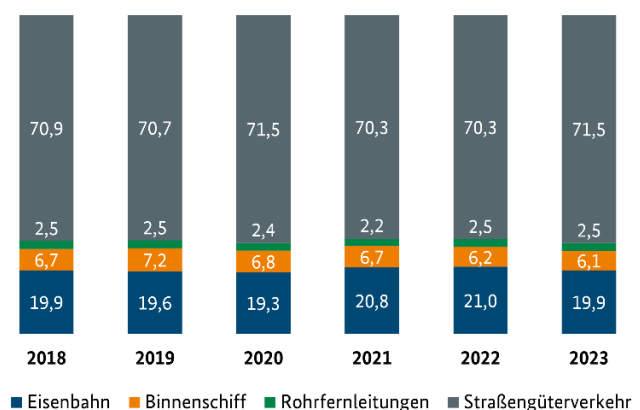


Abbildung 2 - Marktuntersuchung Eisenbahnen 2024 (2)

oben genannten Herausforderungen angegangen und gelöst werden. Neue Technologien könnten dazu dienen den Einzelwagenverkehr (EWV) zu beleben und zu erweitern und dabei eine bessere Auslastung bestehender und aktuell wenig genutzter Infrastruktur ermöglichen. Neue, flexible und hochautomatisierte Betriebsformen vor allem im EWV könnten mit selbstfahrenden Güterwagen ermöglicht werden. Diese würden vor allem Rangier- und Letzte-Meile-Fahrten und der Bedienung vieler Gleisanschlüsse wieder wirtschaftlich machen und dies nahezu unabhängig von der Anzahl der Wagen oder der Größe des Rangierbahnhofs. Vor allem in Kombination mit der kommenden digitalen automatischen Kupplung (DAK oder auf Englisch DAC) wäre der EWV durch den Einsatz selbstfahrender Güterwagen potenziell konkurrenzfähig mit dem Straßengüterverkehr, auch bei kleineren Ladungsmengen. Durch eine verbesserte Konkurrenzfähigkeit und Leistungsfähigkeit könnte die Schiene mehr Volumen von der Straße abziehen und dadurch ein Beitrag zum Erreichen der Klimaschutzziele im Verkehrsbereich leisten.

2 Stand der Technik

In den letzten Jahrzehnten gab es sporadische Entwicklungen Richtung selbstfahrender Güterwagen, diese nehmen aber vor allem aufgrund der Preis- und Technologieentwicklung bei Akkumulatoren in den letzten 10 Jahren Fahrt auf. Einfache selbstfahrende Waggon gibt es seit etwa 100 Jahren, das moderne Beispiel mit der höchsten Marktreife liefert aber das amerikanische Unternehmen Intramotiv mit seinen selbstfahrenden batterieelektrischen Güterwagen und Antriebssystemen unter den Namen „ReVolt“ und „TugVolt“ (3). Diese Systeme, die aktuell teilweise im Einsatz sind, sind mit Akkus von mehreren hundert kWh ausgestattet und für mehrmals tägliche Fahrten in werksinternen Verkehren ausgelegt. Die Wagen können rekuperativ bremsen, werden jedoch extern über mehrere Typ-1 SAE J1772 Elektroautoladestecker aufgeladen (3).

Parallel Systems, ein Start-up-Unternehmen aus Kalifornien, entwickelt ein unkonventionelles Konzept eines selbstfahrenden Güterwagens. Dieses Konzept verzichtet fast komplett auf den traditionellen Güterwagen und setzt stattdessen auf Transporteinheiten bestehend aus Paaren von Drehgestellgroßen Antriebseinheiten bzw. Trägern mit einer Reichweite von ca. 800 km, auf welche normale intermodale Container direkt aufgesetzt werden können (Abbildung 4). Die Transporteinheiten können Gruppen bilden, sind dabei aber nicht mechanisch miteinander gekoppelt, sondern fahren, wie das Unternehmen mit seinen bestehenden Prototypen demonstriert hat, in Kontakt über ihre Mittelpuffer miteinander. Die entwickelten Prototypen zeigen die grundsätzliche Machbarkeit des Systems, jedoch ist das System nicht mit dem bisherigen SGV kompatibel und die Spezifikationen lassen einen hohen Preis für die Einheiten erwarten.



Abbildung 3 – Selbstfahrender Güterwagen der Fa. Intramotiv, ausgerüstet mit dem TugVolt System (4)



Abbildung 4 - Parallel Systems Demonstrator mit einem Container (5)

3 Entwicklung am DLR

Am DLR wird im Rahmen des Projekts *Propulsion and Coupling* und als Beitrag zum Europe's Rail Projekt *TRANS4M-R* ein Konzept für einen selbstfahrenden Güterwagen entwickelt. Alleinstellungsmerkmal des DLR Konzepts ist, dass alle notwendigen Komponenten in dem Drehgestell integriert werden. Dazu gehören der gesamte Antriebsstrang mit Batterie, Wechselrichter, Motor und

Getriebe sowie Zusatzkomponenten wie das Kühlsystem, verschiedene Steuerungen, Kommunikationsgeräte und GPS-Empfänger und andere Positions- und Entfernungssensoren. Dabei wird der restliche Wagen nicht verändert und die vollständige Kompatibilität mit der vorhandenen Eisenbahninfrastruktur und den vorhandenen Lokomotiven und anderen Wagen bleibt erhalten. Das daraus resultierende Drehgestell-Konzept wird vom DLR unter dem Namen „ASINO“ entwickelt (6).

Angesichts der weitgehenden Standardisierung der Drehgestell-Schnittstellen in den meisten großen Eisenbahnmärkten der Welt (z.B. durch die UIC 510-1 in Europa), bietet die Konzentration der erforderlichen Komponenten im Drehgestell die Möglichkeit, neue und bestehende Güterwagen ohne Änderungen ihrer Struktur aus- bzw. nachzurüsten. Dieser Ansatz ermöglicht vor allem eine möglichst breite Anwendbarkeit des Systems auf möglichst viele verschiedene Wagentypen, wodurch die Skaleneffekte erhöht und die Kosten des Systems und seiner Zulassung gesenkt werden. Da das System durch die klar definierten Schnittstellen zwischen Drehgestell und Fahrzeug vom Fahrzeug selbst getrennt ist, können auch die Arbeitskosten und die Ausfallzeiten für die Nachrüstung eines bestehenden Fahrzeugs minimiert werden.

Das ASINO-Drehgestell soll vor allem im Rangier- und Letzte-Meile-Betrieb autark fahren können und dadurch Vorteile bringen, je nach Entwicklungsstufe und Einsatzzweck autonom, automatisch oder rein ferngesteuert. Im Hauptlauf bzw. auf Langstrecken sollen die Wagen wie üblich im EWV im Zugverband eingereiht von einer Lokomotive gezogen werden. Durch regeneratives Bremsen auf der Langstrecke soll die für die spätere autarke Fahrt notwendige Energie gespeichert werden, wodurch Bremsenverschleiß, Abrieb, Lärm und Energieverluste alle reduziert werden. An kritischen Stellen während der Fahrt im Zugverband können die Wagen die Antriebsleistung der Lokomotive auch unterstützen und somit die Fahrt mit höheren Geschwindigkeiten, längeren Zügen und/oder einer geringeren Anzahl an Lokomotiven ermöglichen.

4 Konzeptkonstruktion des ASINO Drehgestells

Die Integration aller Komponenten im Drehgestell stellt aufgrund des begrenzten Platzes und der Masse der Komponenten eine große Herausforderung dar (Abbildung 5). Darüber hinaus sind die Kosten der Komponenten in der sehr preissensiblen SGV-Branche ein Schlüsselaspekt, weswegen soweit wie möglich auf konventionelle Werkstoffe, Bauweisen und Komponenten gesetzt wird, sofern diese mit den Anforderungen am Drehgestell kompatibel sind. Aus diesem Grund sind viele in der Bahnbranche bekannte Komponenten verbaut: Radsätze, Radsatzlager, Federung, Dämpfung, Drehpfanne und Gleitstücke entsprechen alle dem Stand der Technik im Schienengüterverkehr. Einzig bei der Bremse wird aktuell ein unkonventioneller Ansatz verfolgt: Um eine autarke Fahrfähigkeit ohne Druckluftversorgung durch eine Lokomotive zu ermöglichen, setzt die aktuelle Entwicklung auf elektrisch betriebene Bremsen, die allerdings den Standarddimensionen einer konventionellen Kompakt-Scheibenbremszange entsprechen. Hierdurch entfallen Druckluftanschlüsse sowie die Notwendigkeit eines Kompressors und ggf. eines Druckspeichers im Drehgestell.

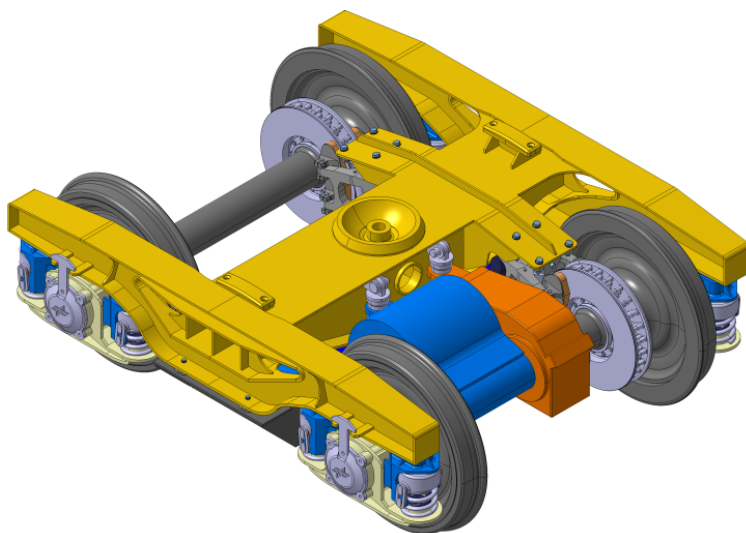


Abbildung 5 - Vollständiger Zusammenbau des ASINO Drehgestells (8)

Der Antriebsstrang besteht aus einem einzigen Elektromotor der über ein Getriebe einen der beiden Radsätze des Drehgestells antreibt. Die Entscheidung für nur eine angetriebene Achse ist Effizienz getrieben: Sowohl energetisch als auch masse- und kostentechnisch ist eine bessere Effizienz durch eine geringere Anzahl größerer Komponenten zu erwarten. Die Ironie dieser Aussage, bei einem Konzept welches so sehr auf eine kleinteilige Verteilung des Antriebs über einzelne Güterwagen setzt, ist den Entwicklern bewusst, allerdings repräsentiert der Ansatz mit einem Motor pro Wagen die geringste Anzahl an Antrieben, die trotzdem alle betrieblichen Vorteile des

verteilten Antriebs realisieren kann. Die genaue Ausprägung und Detaillierung des Antriebsstrangs sind aktuell in Entwicklung. Aktuell werden die genaue Getriebeuntersetzung und somit Motorauswahl wissenschaftlich untersucht. Außerdem wird die Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit einer Kupplung zum Auskuppeln des Motors oder Teile des Getriebes mit Experten abgestimmt.

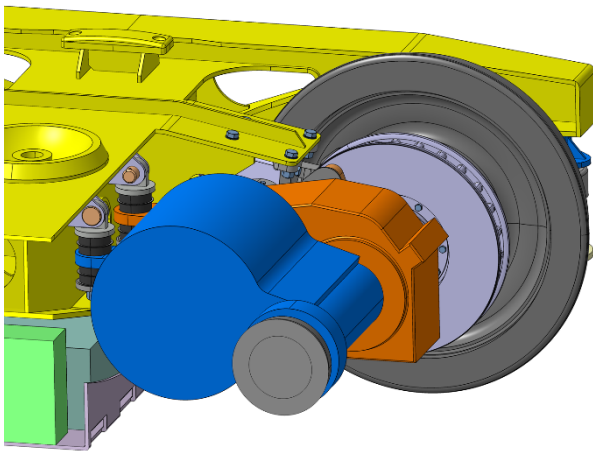


Abbildung 6 – Teilabgefederte „Tatzlager“-Aufhängung des ASINO-Antriebs, Schnittansicht. Motor (blau) und Getriebe (orange) stützen sich auf der Radsatzwelle (dunkelgrau) ab und sind gefedert am Rahmen (gelb) aufgehängt. (8)

Grundsätzlich wird der Elektromotor und das Getriebe einerseits über ein Federbein am Drehgestellrahmen abgestützt und andererseits über sogenannte Tatzlager auf der Radsatzwelle. Der Antrieb gilt daher als teilabgefedert, was für den Geschwindigkeitsbereich des ASINO Drehgestells (100 bis 120 km/h) in der Bahnbranche eine übliche Anordnung ist. Durch das Federbein werden Schläge, die über den Antriebsstrang übertragen werden, abgefedert, wodurch der Rahmen vom Antrieb entkoppelt wird und die ungefederte Masse und die Gleisbeanspruchung gesenkt werden. Darüber hinaus ermöglicht diese Konstruktion eine Relativbewegung zwischen dem Antriebsstrang und dem Drehgestellrahmen, was für die oben bereits erwähnte radiale Einstellbarkeit der Radsätze wichtig ist.

Neben den mechanischen Teilen des Antriebs werden auch diverse elektrische Komponenten

benötigt, z.B. die Antriebs- und Bremssteuerung, der Umrichter und der Akkumulator. Die genannten Komponenten wurden zur Darstellung der Machbarkeit des Konzepts im Bauraum des Drehgestells angeordnet und der Drehgestellrahmen als Konzeptkonstruktion ausgearbeitet (Abbildung 8). Dieser orientiert sich aktuell an dem Rahmen eines Drehgestells der weit-verbreiteten Y25-Familie (Abbildung 7), mit entsprechenden Modifikationen für die Anbindung der Antriebskomponenten, der Bremsen, des Speichers und der Elektronik. Die Bauweise ist folglich wie die meisten Y25-Drehgestelle eine Stahlblech-Schweißkonstruktion mit Gusselementen für die Aufnahme der Federn und der Drehpfanne. Um die Kosten gering zu halten soll der Rahmen aus einem Baustahl wie S355 J2 gefertigt werden.

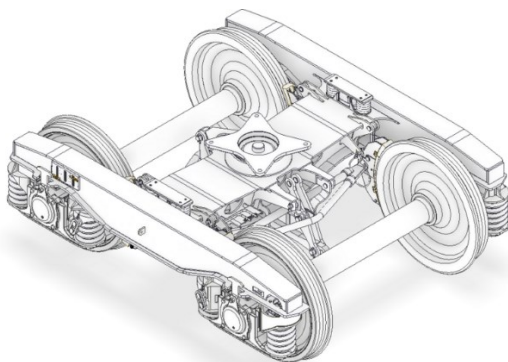


Abbildung 7 - Typisches Exemplar eines modernen Y 25 Drehgestells von der Firma Eisenbahnlauferwerke Halle (7)

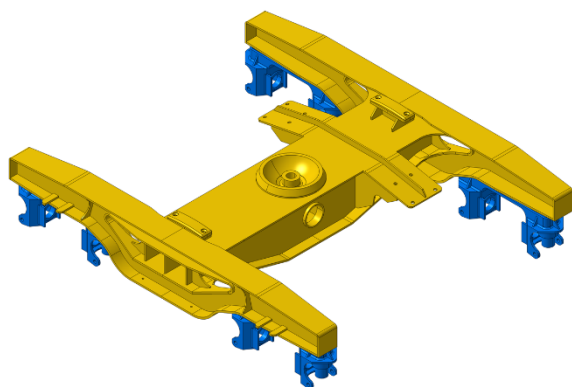


Abbildung 8 - Schweißbaugruppe des Hauptrahmens des ASINO Drehgestells (8)

Typischerweise verwenden Güterwagendrehgestelle Y25-Familie eine einfache Federung direkt an den Radsatzlagergehäusen. Dies minimiert die ungefederten Massen im Drehgestell und bedeutet zudem, dass alle Komponenten im Drehgestellrahmen nahezu so gut abgefedert sind wie der Wagen der sich auf ihnen abstützt. Anbauten im Drehgestell und die Struktur des Rahmens erfahren daher möglichst geringe Beschleunigungen durch Anregungen aus dem Gleis und tragen auch nicht zur ungefederten Masse bei, was wiederum weniger Schäden im Gleis verursacht. Das ASINO-Drehgestell übernimmt diese Anordnung, die wesentlichen Teile der Elektronik (Umrichter, Steuerung und Akkumulator) sind jedoch in einem zusätzlich abgefederten Hilfsrahmen aufgehängt und erfahren daher noch geringere

Beschleunigungen als alle sonstigen Komponenten. Dieser Rahmen ist so ausgelegt, dass er zu Wartungszwecken im Gleis abgelassen und zur Seite herausgezogen werden kann (Abbildung 9).

Die Radsätze werden über die Radsatzlagergehäuse und der Federung mit dem Drehgestellrahmen verbunden. Die Aufhängung der Radsätze verwendet branchenübliche Reibungsdämpfer nach dem „Lenoir“-Prinzip, die auf sehr einfacher Weise eine lastabhängige Dämpfung ermöglichen. Durch eine beidseitige Anordnung der Lenoirdämpfer können sich die Radsätze gegenüber dem Rahmen um die Hochachse leicht ausdrehen, wodurch eine Radialstellung der Radsätze im Gleisbogen und damit gleisschonende Fahreigenschaften möglich werden. Die oberen Teile der Dämpferaufnahmen sind als Gussteile ausgeführt und werden mit den Unterseiten der Seitenlangträger des Rahmens verschweißt (blaue Komponenten, Abbildung 9).

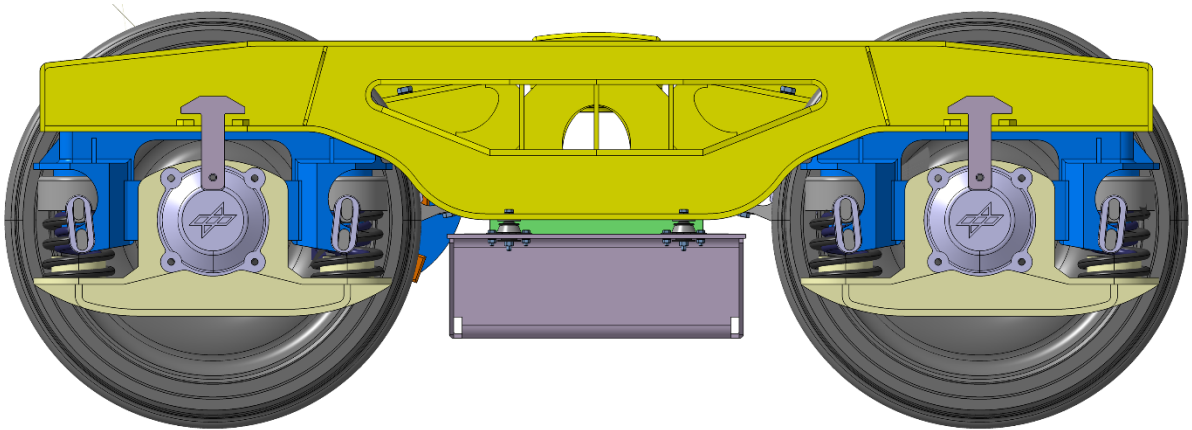


Abbildung 9 – Seitenansicht auf die Federung des ASINO Drehgestells, mit dem zusätzlich abgedeckten Hilfsrahmen für Elektronikkomponenten (grau) mittig unter dem Hauptrahmen (8)

Da die ausgewählten Bremszangen elektromechanisch arbeiten, sind sie weitestgehend flexibel bezüglich ihrer Einbaulage. Um den freien Bauraum für die Elektronikkomponenten unterhalb des Rahmens zu maximieren, werden die Bremsen daher in einem Winkel von 11° zur Horizontalen eingebaut (Abbildung 10). Die Anbindung der Bremszangen am Rahmen erfolgt über eine verstärkte Lasche am oberen Gürtel des Querträgers, welche zum Anschluss der Bremszange gebogen ist (Abbildung 11). Im Rahmen hinter dem Bremszangenanschluss ist eine weitere Versteifung vorgesehen, welche dem Einknicken des Querträgers bei hohen Bremskräften entgegenwirkt.

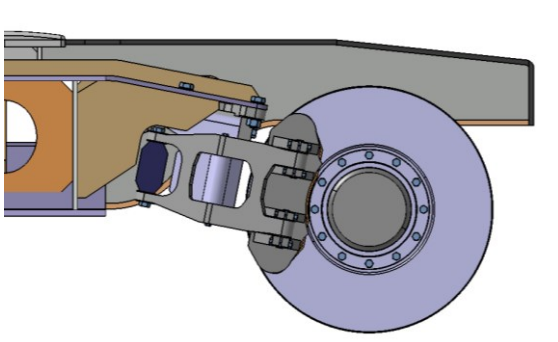


Abbildung 10 – Elektromechanische Bremszange mit 11° Winkel zur Bauraumoptimierung für Elektronik und Akkumulator. Schnittdarstellung durch die Mitte des Fahrwerks (8).

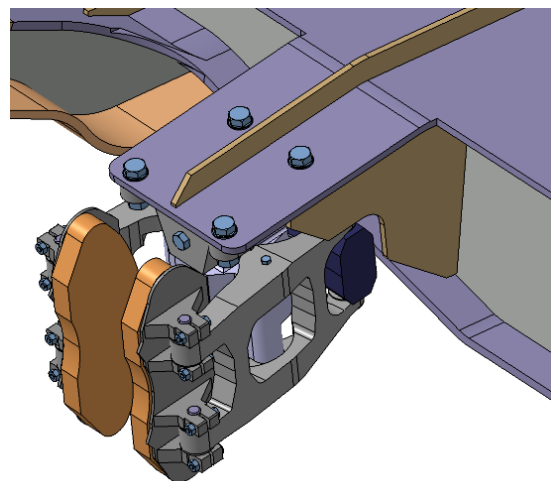


Abbildung 11 – Einbau und Anbindung der elektromechanischen Bremszangen (8)

Die resultierende Konzeptkonstruktion ist die Basis der weiteren Entwicklungen. Neue Komponenten und Anpassungen am System werden Änderungen an der hier dargestellten Struktur mit sich ziehen, wobei der Fokus auf eine kostengünstige, funktionale und möglichst leichtbauoptimierte Stahlschweißkonstruktion für den Rahmen, sowie eine zeitnahe und realistische Umsetzbarkeit des Gesamtkonzepts bleibt.

5 Kontext und Ausblick

Im Rahmen des ASINO-Projekts wird ein selbstfahrendes Güterwagendrehgestell entwickelt, das die Modernisierung und Automatisierung des SGV vorantreiben soll. Die genaue Ausprägung des ASINO-Drehgestells steht noch nicht fest, dennoch haben Gespräche mit Stakeholdern und Analysen des Bedarfs und ausgewählter potenzieller Use-Cases gezeigt, dass ein großes Interesse an dem Konzept besteht. Dazu gilt, ein passendes Kosten-/Nutzen-Verhältnis und einen tragfähigen Business Case einzuhalten.

Das primäre Ziel des ASINO-Drehgestells ist die Belegung und Flexibilisierung des EWW. Der EWW ist in einigen Ländern bereits komplett eingestellt worden und ist in Deutschland nur aufgrund von Subventionen und der politischen Erkenntnis von dessen Wichtigkeit getragen, allerdings muss auch der deutsche EWW stark kämpfen (9). Gerade der EWW hat aber das größte Potenzial Verkehre von der Straße (wieder) auf die Schiene zu holen, teilweise unausgelastete Infrastruktur zu nutzen und einen Beitrag dazu zu leisten, den Emissionszielen der Verkehrsbranche dadurch erreichbar zu machen. Dabei ist die aktuelle Betriebsart des EWW, so wichtig wie er ist, alles andere als rentabel. Deshalb muss der EWW einen neuen Weg suchen, auf dem Modernisierung und Automatisierung durch neue Technologien wie ASINO oder der DAC schlussendlich zum Wachstum und zur Profitabilität führt.

Aktuell werden das ASINO-Konzept und die Details seiner konkreten Ausführung ausgearbeitet. Das DLR hat das Ziel ein Prototyp zu bauen und für Demonstrationen und weiterführende Versuche zu verwenden. Partner aus der Industrie werden bei der Umsetzung dieses Vorhabens eine wichtige Rolle einnehmen. Die Technologien und das Wissen, welches diese Partner einbringen können, werden dann auch die konkrete Ausführung des ASINO Drehgestells beeinflussen.

Ob auf der Langstrecke, der letzten Meile oder beim Rangieren, hat ASINO das Potenzial den Arbeitsaufwand, Energiebedarf und die Anzahl der notwendigen Lokomotiven erheblich reduzieren und dadurch einen Beitrag zu einer konkurrenzfähigen Schiene leisten. Als flexible und intelligente Plattform eröffnet ASINO auch viele Fortschritte im Bereich des autonomen Fahrens und der Einführung eines in mehreren Hinsichten nachhaltigen Schienengüterverkehrs.



The project is supported by the Europe's Rail Joint Undertaking and its members.

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the Europe's Rail Joint Undertaking. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

Literaturverzeichnis

1. **Umweltbundesamt.** *Bausteine für einen klimagerechten Verkehr.* Dessau-Roßlau : Umweltbundesamt, 2025.
2. **Bundesnetzagentur.** *Marktuntersuchung Eisenbahnen 2024.* Bonn : Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen, 2024.
3. **Intramotev.** Product Technology - Intramotev. [Online] [Zitat vom: 23. 04 2025.] <https://intramotev.com/product-technology/>.
4. **Stephens, Bill.** Intramotev shows off autonomous, battery-electric stack car. *Trains.com.* 22. 08 2024, S. <https://www.trains.com/trn/news-reviews/news-wire/intramotev-shows-off-autonomous-battery-electric-stack-car/>.
5. **Parallel Systems.** <https://moveparallel.com/>. [Online] 2023.
6. **Krüger, David, et al.** Preliminary concepts and specifications for a self-propelled wagon. *SmartRaCon 6th Scientific Seminar.* San Sebastian, Spain, 2024.
7. **Eisenbahnlaufwerke Halle.** Y25 - zweiachsige Standarddrehgestelle für Güterwagen. [Online] [Zitat vom: 22. 04 2025.] <https://www.elh.de/produkte/y25>.
8. **Endl, Mika.** *Konzeption eines selbst-fahrenden Güterwagendrehgestells.* Stuttgart : Universität Stuttgart, Institut für Fahrzeugtechnik, 2024.
9. **dpa / EVN.** Bahnblogstelle. [Online] 06. 04 2025. <https://bahnblogstelle.com/230991/db-cargo-muss-profitabel-werden-nikutta-kann-mir-keinen-verlustbringer-leisten/>.