



# Künstliche Intelligenz und Machine Learning revolutionieren den Bahnbetrieb

---

*Gastbeitrag von Ulrike Gollasch*

---

Künstliche Intelligenz (KI) hat in den letzten Jahren eine enorme Entwicklung erfahren und ist zu einem wichtigen Thema im Alltag und in der Arbeitswelt geworden. Teilweise wird KI als Bedrohung für die menschliche Arbeitskraft oder sogar als potenzielle Gefahr für die Gesellschaft dargestellt. Die Sorge, dass KI schlauer ist als der Mensch, ist ein häufiges Thema. Dabei kann KI dazu beitragen, Prozesse zu verbessern, zu beschleunigen und zu automatisieren.

KI ist ein Teilgebiet der Informatik. Sie imitiert kognitive Fähigkeiten, indem sie Informationen aus Eingabedaten erkennt und sortiert. Diese Intelligenz kann auf programmierten Abläufen basieren oder durch maschinelles Lernen erzeugt werden. Computer können mithilfe der KI oder maschinellem Lernen riesige Datenmengen durchsuchen, um darin Zusammenhänge (Muster) zu finden. Dabei wird nach starker und schwacher KI unterschieden.

Schwache KI hat das Ziel, einzelne Themengebiete zu erlernen und in diesem konkrete Anwendungsprobleme zu lösen. Dabei ist das Lernen integraler Bestandteil. Die schwache KI muss in der Lage sein, mit Problemen umzugehen, bei denen es eine gewisse Wahrscheinlichkeit für unterschiedliche Ergebnisse gibt. Ein intelligentes Verhalten wird mithilfe

fe von Mathematik und Informatik simuliert, es geht jedoch nicht um das Erschaffen von Bewusstsein. Bereits entwickelte und produktive Lösungen gehören zur schwachen KI.

Das Ziel starker KI ist es, in allen Themenbereichen Fähigkeiten zu erlernen und Aufgaben in diesen zu lösen. Auch hier ist das Lernen integraler Bestandteil. Es ist unwahrscheinlich, dass sie Gefühle empfindet. Diese kann sie aber imitieren. Eine starke KI ist so schlau wie ein Mensch und kann ihre Intelligenz in den gleichen Themengebieten einsetzen. Bei starker KI sind die Entwicklungen noch nicht so weit fortgeschritten, und es gibt noch keine Maschine, die in allen Themengebieten so schlau ist wie ein Mensch.

Bei maschinellen Lernverfahren lernt ein Algorithmus durch Wiederholung selbstständig eine Aufgabe zu erfüllen. Die Maschine orientiert sich dabei an einem vorgegebenen Güterkriterium und dem Informationsgehalt der Daten. Aber anders als bei herkömmlichen Algorithmen wird kein Lösungsweg modelliert.

Ein Teilbereich von Machine Learning ist Data Mining. Das ist ein Prozess, bei dem große Datenmengen auf Muster und Zusammenhänge untersucht werden, um wertvolle Erkenntnisse zu gewinnen. Das Ziel ist es, verborgene Informationen und Trends zu entdecken, die bei der Entscheidungsfindung und Planung helfen können.

Beispiele für Maschinelles Lernen sind Bilderkennung (Gesichts-, Umgebungserkennung), Spracherkennung (Sprachassistenzsysteme, Sprachsteuerung), semantische Spracherkennung (Übersetzungssoftware, Chatbots), Mustererkennung (Fehlererkennung in Fahrzeugen), Prozessoptimierung (optimierte Prozesssteuerung).

### KI-Lösungen für die Bahnbranche

Die Zedas GmbH, ein führender Anbieter von Softwarelösungen für die Digitalisierung von Bahnprozessen, arbeitet an verschiedenen KI-Lösungen, um die Bahnbranche effizienter und sicherer zu gestalten. Das Unternehmen bietet bereits produktive Lösungen an und forscht intensiv an neuen Technologien. Die Anwendungen reichen von der Optimierung des Logistikmanagements bis hin zu prädiktiver Instandhaltung. Die fortschrittlichen Technologien sollen helfen, den Betrieb zu verbessern, Kosten zu sparen und die Verfügbarkeit der Assets zu steigern.

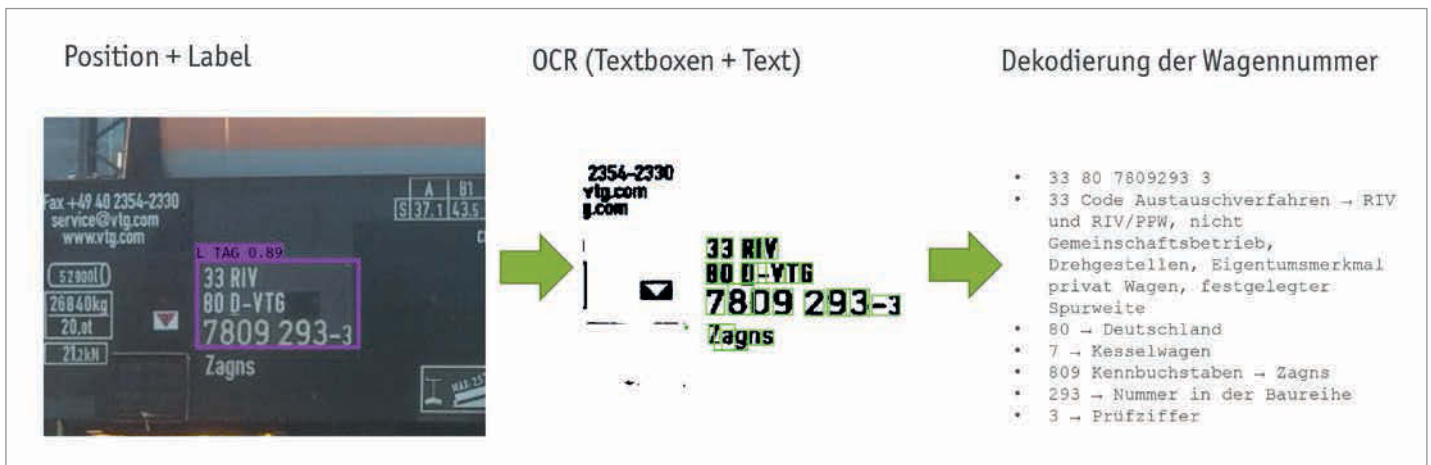
### Papierlose Zugabfertigung mit KI-basierter Wagennummererkennung

Mithilfe der App Train Check, die bereits 2020 mit dem Deutschen Mobilitätspreis ausgezeichnet wurde, können

### Verbesserung von Effizienz und Sicherheit bereits heute möglich

Das Anwendungsfeld von KI ist riesig. Bereits heute kann eine Vielzahl von Prozessen durch sie unterstützt werden, um die Effizienz, Zuverlässigkeit und Sicherheit des Bahnbetriebs zu verbessern. Es ist zu erwarten, dass die Anwendungsbereiche von KI in der Bahnindustrie in den kommenden Jahren weiter zunehmen werden.

- **Instandhaltungsplanung und Zustandsprognose:** KI-basierte Asset-Management-Systeme können Wartungsbedarf und -intervalle vorherzusagen, indem das System lernt, bestimmte Muster und Zusammenhänge zu erkennen und Auskunft über einen bevorstehenden Defekt an einer Komponente zu geben.
- **Automatische Störungserkennung:** KI-basierte Systeme können automatisch Störungen in den Bahnsystemen erkennen. Dadurch kann sie frühzeitig Personal alarmieren, wenn Abweichungen von der Norm auftreten, und somit helfen, potenzielle Ausfälle oder Störungen zu vermeiden.
- **Personalplanung:** KI-basierte Systeme können bei der Planung von Personalressourcen unterstützen, indem sie die Arbeitszeiten und -bedingungen der Mitarbeiter automatisch planen und historische Daten über Mitarbeiterleistung, Arbeitsbelastung usw. analysieren, um genaue Vorhersagen für zukünftige Arbeitsanforderungen zu treffen.
- **Kapazitätsplanung:** KI-basierte Systeme können bei der Planung von Bahnbetriebs- und Infrastrukturkapazitäten unterstützen, indem sie Nachfragen beispielsweise aufgrund von Marktanalysen, saisonalen Mustern oder politischen Entwicklungen vorhersagen.
- **Betriebsüberwachung:** KI-basierte Systeme können Daten in Echtzeit überwachen und analysieren, um mögliche Abweichungen vom Normalbetrieb zu erkennen sowie Mitarbeiter rechtzeitig zu warnen.
- **Zugsteuerung:** KI-basierte Systeme können die Fahrt von Zügen automatisch steuern, um eine optimale Geschwindigkeit und Routenführung sicherzustellen.



Wagennummernerkennung lokalisiert, analysiert und dekodiert die Wagennummer.

Wagenmeister die Zugabfertigung papierlos direkt am Zug durchführen. Dabei erstellt die App die Wagenlisten und Bremszettel und führt die Bremsberechnung durch. Um manuelle Eingaben bei der Zugabfertigung zu reduzieren, wurde eine KI-basierte Wagennummernerkennung entwickelt und in die App integriert. Die KI ermittelt automatisch die Position der Wagennummer (UIC-Nummer) am Güterwaggon, dekodiert sie und identifiziert den Wagen eindeutig. Diese Technologie ist ein Beispiel für das Supervised Learning mit gelabelten Daten. Also eine Art des maschinellen Lernens, bei der ein Algorithmus aus Eingabe- und Ausgabedaten lernen soll. Der Algorithmus wird mit einem Datensatz trainiert, der aus Eingabedaten (Features) und den entsprechenden Ausgabedaten (Labels) besteht. Das Ziel des Algorithmus ist es, eine Funktion zu lernen, welche die Eingabedaten in die richtigen Ausgabedaten abbildet.

### Anlernen des KI-Modells für die Wagennummernerkennung

Die Basis zum Anlernen des KI-Modells bildete eine Fotosammlung von Güterwaggons mit UIC-Wagennummern. Hier wurde darauf geachtet, dass von jedem Typ der verschiedenen Schreibweisen, von den unterschiedlichsten Positionen am Waggon und von allen Wagentypen ausreichend Bildmaterial vertreten war. Die Wagennummernerkennung ist ein mehrstufiges Verfahren. Zunächst findet ein Objekt-Detektor die Wagennummer zwischen den ande-

ren Wagenbeschriftungen. Anschließend werden einzelne Zeichen in der Nummer per OCR-Erkennung lokalisiert und identifiziert. Abschließend erfolgt eine Zerlegung der erkannten Nummer in ihre Bestandteile inklusive Texterkennung sowie die Dekodierung der erkannten Bestandteile.

### KI unterstützt Schienenprüfung und -instandhaltung

Im Rahmen des Förderprogramms mFUND des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) starteten das Deutsche Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt (DZSF), die DB Netz AG Frankfurt a.M., die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin, das Institut für Bauingenieurwesen der TU Berlin, die Vrana GmbH aus Rimsting sowie die Zedas GmbH im Dezember 2021 ein gemeinsames Forschungsvorhaben. Ziel ist es, ein IT-Werkzeug zur Instandhaltung der Schieneninfrastruktur zu entwickeln, mit dem die aus Prüffahrten erhobenen Daten durch den Einsatz von KI effizient genutzt werden können.

Die Instandhaltung der Schieneninfrastruktur erfolgt bisher zumeist nach präventiven Konzepten: Welche Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden, wird anhand von Mess- und Prüfdaten zum Schienenzustand aus regelmäßig stattfindenden Inspektionsfahrten entschieden. Diese Daten werden jedoch bisher nur teilweise automatisiert, meist aber mit hohem manuellem Aufwand und

von speziell geschultem Personal ausgewertet. Neben der reinen Fehlererkennung soll eine neue Qualität des Erkenntnisgewinns aus den Datenanalysen heraus erreicht werden: eine Klassifizierung und Einstufung der Fehler in „Risikoklassen“, die die Dringlichkeit der Fehlerbehebung ausdrücken. Der Aufwand steigt mit der Größe des Streckennetzes.

Ultraschall- und Wirbelstromprüfdaten sind wichtige Technologien, die bei der Inspektion und Überwachung von Bahninfrastruktur eingesetzt werden. Mittels Ultraschall an Gleisen und Weichen werden Schienenkopf, Schienensteg, Schienenfuß sowie Schweißnähte auf innere Fehler geprüft. Oberflächenfehler an Schienen – meist durch Rollkontaktermüdung hervorgerufen – können durch Wirbelstrom erkannt werden. Die Kriterien der Fehlerbewertung sind Schädigungstiefe und Fehlerhäufigkeit. KI soll künftig den gesamten Prozess unterstützen – von der Datenerfassung aus den Prüfsystemen über die Analyse bis hin zur Entscheidungsfindung und Visualisierung.

### Automatische Dokumentenerkennung und -verarbeitung bahnspezifischer Dokumente

In der Eisenbahnbranche müssen viele Informationen unternehmensübergreifend ausgetauscht werden, die das Logistikmanagement und das Instandhaltungsmanagement betreffen – beispielweise Frachtbriefe oder Betriebsfreigabeprotokolle. Oft sind diese Informationen in verschiedenen Formaten verfügbar und müssen manuell abgetippt werden, um sie weiterverarbeiten zu können.

Um Güterzüge zu fahren, benötigen Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) eine große Menge an Informationen wie zum Beispiel Wagennummern, Wagentypen, Wagenhalter, Transportdokumente und noch viele mehr. Diese müssen in immer größerem Maße elektronisch an verschiedene Partner übermittelt werden – wie im Beispiel TAF TCM. Mit der Übermittlung der Train Composition Message (TCM) beziehungsweise Passenger Train Composition Message (PTCM) werden EVU zukünftig dazu verpflichtet, dem Netzbetreiber / Eisenbahninfrastrukturunternehmen Informationen zur aktuellen Zugzusammensetzung für die Disposition zu übersenden. Die Übermittlung der Zuginhaltsdaten erfolgt dabei auf Basis der Zugnummer und muss von allen Akteuren im europäischen Bahnmarkt sowohl für den Güter- als auch für den Personenverkehr eingeführt werden. Die Informationen über Wagen- / Beladelisten erhalten EVU in unterschiedlichsten Formen wie PDF, Mails, Excel, Fotos. Das beauftragte EVU muss diese Informationen manuell abtippen beziehungsweise in ein

Zugnummer(n)		Name													
95461															
Pos.	Wagennummer					2	3a 3b		4		5a	5b	6a 6b		6c
	1a	1b	1c	1d	1e		Achsen		Länge über Puffer				Ges. der Lad.	Ges. gew.	
	1+2	3+4	5-8	9-11	12	Gattung	b	l	m	1/10	t	t	Mg	rot	we
1	21	80	2470	060	19	H		2	15	5		15			
2	21	80	2469	628	16	H		2	15	5		15			
3	21	80	2470	019	15	H		2	15	5		15			
4	21	80	2469	902	15	H		2	15	5		15			
5	21	80	2469	296	12	H		2	15	5		15			
6	31	80	3936	692	13	R		4	19	9		24			
Summen:									14	97	4		99		

Abzüge		
Bremsgewicht in G	0 t	nach Abzug ergeben sich
Bremsgewicht in P	114 t	nach Abzug ergeben sich
Summe:		

Dokumentenerkennung liest automatisiert Wagennummern aus einer Wagenliste aus.

einheitliches Format umwandeln, was zeitaufwändig und personalintensiv ist.

Daher arbeitet Zedas zusammen mit einem Partner an einer KI, die diese Dokumente ausliest, automatisiert auswertet und die notwendigen Informationen extrahiert. Für das KI-Training muss eine Vielzahl von Dokumenten gelabelt werden. Je Format und Typ sind mehrere Beispiele notwendig, um die KI hinreichend anzulernen. Testdokumente helfen der KI, den gelernten Stand zu bewerten. Als Ergebnis können die Wagendaten automatisch mit einem einfachen Upload des Dokuments übernommen werden und stehen damit fast nahtlos für die folgenden Tätigkeiten im Rahmen der Zugkontrolle und -abfertigung zur Verfügung. Im nächsten Schritt soll das Auslesen von Instandhaltungsdokumenten, wie Radsatzkarten oder Betriebsfreigabeprotokollen, angelernt werden.

Vorhersagende Data-Mining-Modelle sollen in die Logistik-Management-Software zedas cargo und die Asset-Management-Software zedas asset integriert werden, um beispielsweise auf Basis der ermittelten Daten durch optimierte Verspätungsberechnungen oder Ersatzteillistikanalysen Kostenersparnisse zu ermöglichen.

## Eingesetzte Machine-Learning-Verfahren

- Lineare/Nichtlineare Regression ist ein statistisches Verfahren, das verwendet wird, um den Zusammenhang zwischen einer abhängigen Variablen und einer oder mehreren unabhängigen Variablen zu untersuchen. In diesem Fall wird die lineare/nichtlineare Regression eingesetzt, um herauszufinden, ob das Wetter die Verspätungszeiten beeinflusst oder ob es einen Zusammenhang zwischen den Schadenszahlen und den Fahrzeugdaten wie dem Baujahr oder der Laufleistung gibt. Das Ziel der linearen/nichtlinearen Regression ist es, einen mathematische Zusammenhang zu finden, der die Beziehung zwischen den Variablen beschreibt, um Vorhersagen für zukünftige Ereignisse zu treffen.
- Die k-Nearest-Neighbor(KNN)-Methode ist eine der einfachsten Algorithmen für maschinelles Lernen und wird für die Klassifikation von Objekten verwendet. In diesem Fall werden Fahrzeuge anhand ihrer Spezifikationen wie Eigengewicht und Länge als Wagen oder Lok klassifiziert. Der KNN-Algorithmus findet für jedes neue Objekt die k nächsten Nachbarn in einem Datensatz, die am ähnlichsten sind, und klassifiziert das neue Objekt entsprechend der Mehrheitsentscheidung der k Nachbarn.
- Die Clusteranalyse k-means-Algorithmus ist ein Verfahren, das in der Statistik und im maschinellen Lernen verwendet wird, um ähnliche Datenpunkte in Gruppen oder Clustern zu gruppieren. Der k-means-Algorithmus ist ein häufig verwendeter Algorithmus zur Clusteranalyse. In diesem Fall wird die Clusteranalyse eingesetzt, um Daten zu Ladung und dem zeitlichen Verhältnis zu analysieren und zu untersuchen, ob es einen Zusammenhang zwischen der Ladung und der Verspätung gibt. Der k-means-Algorithmus gruppiert die Datenpunkte so, dass ähnliche Daten in denselben Clustern landen und sich von anderen Clustern unterscheiden.

## Voraussetzungen, Herausforderungen und Risiken von KI

Die Datenerfassung stellt bei vielen EVU eine Herausforderung dar, da Daten oft unzureichend oder unvollständig erfasst werden. Für eine präzise Vorhersage durch KI-Systeme sind jedoch große und gut strukturierte Datenmengen von hoher Qualität erforderlich. Falsche oder unvollständige Daten können zu Fehlern in den Vorhersagen führen. Deshalb sollten Daten regelmäßig geprüft, bereinigt und aktualisiert werden. Entscheidungen des Systems müssen nachvollziehbar sein, um das Vertrauen der direkten Mitarbeiter, aber auch der gesamten Gesellschaft zu gewinnen. Die Komplexität ist eine weitere Herausforderung bei der Implementierung von KI-Technologien in System und erfordert eine sorgfältige Planung und Koordination sowie ein tiefes Verständnis für die Branche, in der sie eingesetzt werden soll.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Bahnbranche von der Anwendung von KI und Machine Learning profitieren kann. KI-basierte Systeme können dazu beitragen, Prozesse zu verbessern, die Effizienz, Zuverlässigkeit und Sicherheit des Bahnbetriebs zu steigern sowie die Instandhaltung und Betriebsüberwachung zu optimieren. Die Anwendungsgebiete von KI in der Bahnindustrie sind bereits heute vielfältig, und es ist zu erwarten, dass sie in den kommenden Jahren weiter zunehmen werden. Allerdings ist es wichtig zu betonen, dass KI keine Bedrohung für die menschliche Arbeitskraft darstellt, sondern eher eine Unterstützung und Erleichterung bei komplexen Aufgaben sein kann. Die richtige Nutzung von KI kann also dazu beitragen, die Bahnbranche zukunftsfähiger und nachhaltiger zu gestalten. ==

Autorin: Ulrike Gollasch ist Marketing-Leiterin bei der Zedas GmbH in Senftenberg.



Weiterführende Informationen im Vortrag von Dr. Peter Engel „Machine Learning und KI zur Optimierung der Instandhaltung“: <https://www.zedas.com/de/ki-in-der-bahnbranche>