DAS INNOVATIONS- UND NETZWERKMAGAZIN

cna
Think Tank | Mobility | Transport | Logistics

H.O.R.I.Z.O.N.T.E

INTELLIGENT · INNOVATIV · NACHHALTIG · FÜR DEN MENSCHEN

MOBILITÄTSCONGRESS | BAYERN | KONFERENZZENTRUM | NÜRNBERG

AUSGABE 01/2026

BAHNTECHNIK

Biologische Abwassertechnik | Franken-Sachsen-Magistrale | Automatisierter Rangierbetrieb | Instandhaltung | KI und Planbarkeit

MOBILITÄT

RamZsam Mitfahrapp | Radlogistik | Avelia Horizon | Thermomanagement

LOGISTIK

Depotcharge | Lieferketten | Bi-direktionales Laden | Geräuscharme Logistik | Flottenmanagement

SCHÜLERWETTBEWERB | BAHNBRECHEND | KNORR-BREMSE FORUM | MÜNCHEN

gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

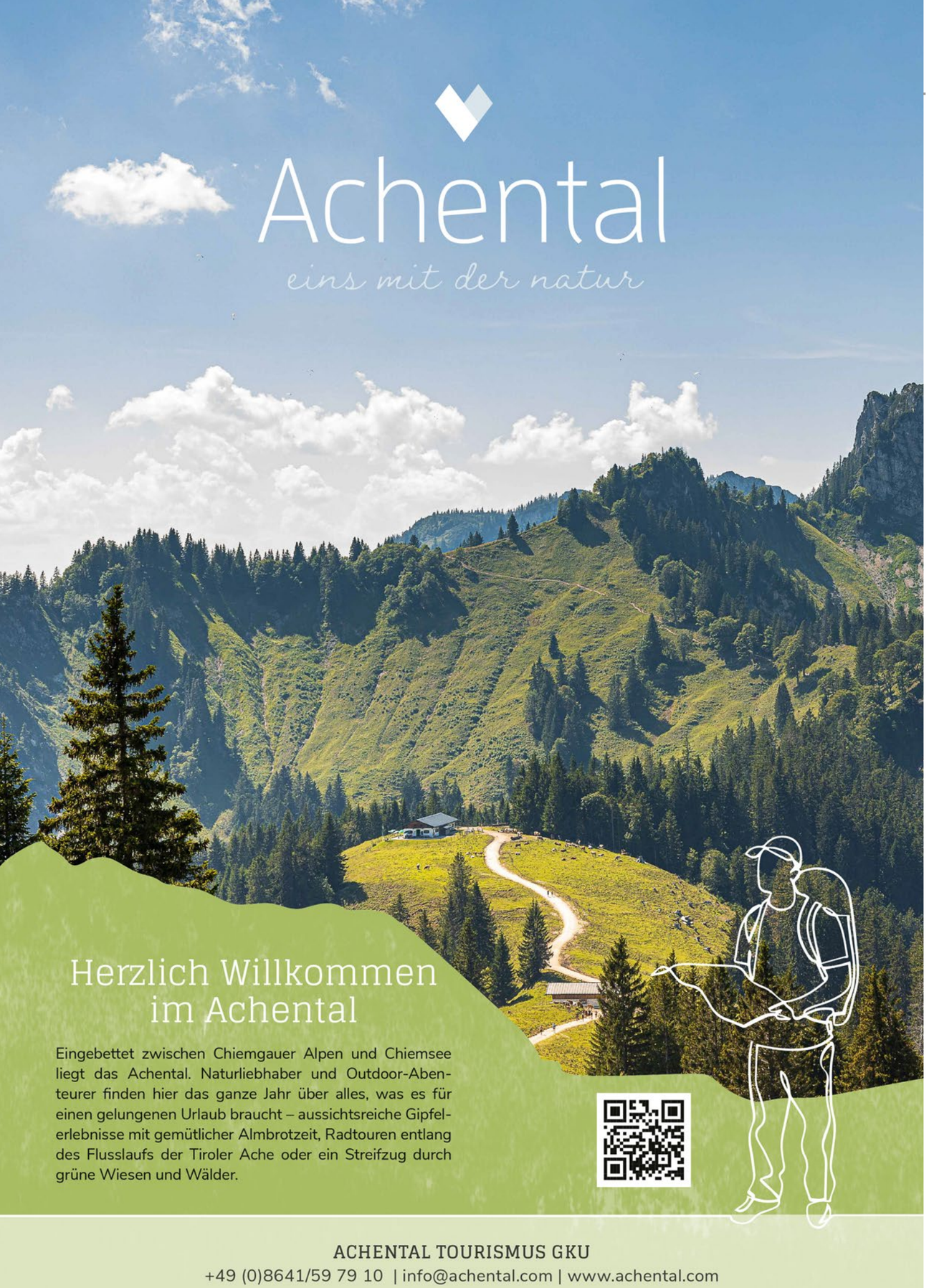
Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr

LOGISTIK WEIBLICH

Logistik Initiative Bayern

Cluster BahnTechnik

ZUKUNFT MOBILITÄT, TRANSPORT & LOGISTIK GESTALTEN



GRUSSWORT

30 Jahre CNA e. V.
Nürnberg, 30. Juli 2026

Mobilität prägt unsere Zeit. Wirtschaftskraft, Wohlstand und Lebensqualität hängen entscheidend von ihr ab. Auf Straße und Schiene kommt es dabei gleichermaßen an. Für bestmögliche Rahmenbedingungen und den passgenauen Ausbau braucht es kluge Strategien und ein entschlossenes, zielgerichtetes Zusammenwirken unterschiedlicher Akteure. CNA e. V. bringt sie zusammen – und das seit 30 Jahren!

Mobilität, Transport und Logistik, dafür brennen die mehr als 300 Mitglieder von CNA e. V. Der Think Tank bündelt fachlich breite und umfassende Expertise. Seinen Sitz hat der Verband in Nürnberg, von dort aus pflegt er ein großes Netzwerk. Auch der Bayerischen Staatsregierung ist er ein wertvoller Partner, insbesondere im Rahmen der Logistik Initiative Bayern sowie des Clusters BahnTechnik. Mit seiner Arbeit stärkt der Verband die Bahn- und Logistikkompetenz, fördert internationale Wettbewerbsfähigkeit und unterstützt zentrale klima- und verkehrspolitische Ziele.

Klar ist: Die Zukunft der Mobilität ist smart und nachhaltig, sie bringt Klimaschutz, wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und individuelle Mobilitätsbedürfnisse unter einen Hut. Mit unserer 5,5 Milliarden Euro schweren Hightech Agenda investieren wir daher im Forschungsland Bayern gezielt in innovative Technologien wie Cleantech. Zugleich setzen wir als Autoland auf Technologieoffenheit. Nur so lässt sich Fortschritt verantwortungsvoll und erfolgreich gestalten.

Herzlichen Glückwunsch zum Jubiläum! Dank und Anerkennung für das Engagement und weiterhin alles Gute!

Dr. Markus Söder, MdL
Bayerischer Ministerpräsident

GRUSSWORT

Sehr geehrte Partner und Unterstützer des CNA,
liebe Leserinnen und Leser,

seit drei Jahrzehnten vernetzt der CNA e. V. Industrie, Forschung und Politik. Zu diesem Jubiläum gratuliere ich unserem bayerischen Think Tank für Mobilität, Transport und Logistik herzlich. Die Bedeutung dieses Netzwerks ist heute größer denn je: Demografischer Wandel, Klimaveränderungen, technologische Entwicklungen und ein verändertes Mobilitätsverhalten stellen uns vor immer neue Herausforderungen. Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft sind daher gemeinsam gefordert, innovative Lösungen zu entwickeln und Veränderungen aktiv zu begleiten.

SCHWERPUNKTE DER BAYERISCHEN VERKEHRSPOLITIK

Mit einer modernen und vorausschauenden Verkehrspolitik gestalten wir in Bayern die Mobilität von morgen. Elektromobilität ist dabei sowohl ein Beitrag zur Nachhaltigkeit als auch ein Faktor für unsere Wettbewerbsfähigkeit. Deshalb treiben wir die Elektrifizierung von Schiene und Straße weiter voran. Ergänzend zu den Bundesprojekten hat der Freistaat Planungsaufträge für die Elektrifizierung von Bahnstrecken mit einer Gesamtlänge von mehr als 300 Kilometern erteilt. 2025 wurden zudem 464 „Klimabusse" mit emissionsfreien und emissionsarmen Antrieben gefördert. In einem Pilotprojekt wurde außerdem der nächtliche Einsatz von E-LKW auf der Brennerroute getestet. Auch im Flugverkehr entstehen neue Perspektiven: Erste Elektroflugzeuge sind zugelassen und der Freistaat fördert den Ausbau der Ladeinfrastruktur an den Flugplätzen Augsburg, Hof, Kempten, Landshut und Straubing.

Gleichzeitig wollen wir attraktive Alternativen zum motorisierten Individualverkehr schaffen. Entscheidend bleibt die bessere Vernetzung der verschiedenen Verkehrsmittel. Moderne Mobilitätsangebote wie Rufbusse, On-Demand-Services oder Sharing-Modelle ergänzen den klassischen ÖPNV bereits heute. Dank der Unterstützung des Freistaats haben inzwischen drei Viertel der bayerischen Landkreise bedarfsgerechte Mobilitätsangebote umgesetzt.

Mit der bayernweiten MoBY-App bündeln wir verschiedene Verkehrsformen auf einer digitalen Plattform: vom ÖPNV über Car-Sharing bis hin zu E-Scootern und Leihrädern. Fahrten planen, buchen und bezahlen – all das ist in einer Anwendung möglich. Parallel arbeiten wir an einem bayernweiten mobilen E-Ticketing mit automatischer Abrechnung, damit Fahrgäste unkompliziert per Smartphone einchecken können.

Auch Mobilitätsstationen leisten einen wichtigen Beitrag, indem sie den einfachen Wechsel zwischen unterschiedlichen Verkehrsmitteln ermöglichen. So unterstützt der Freistaat beispielsweise den Bau von Fahrrad-Parkhäusern an Haltestellen und Bahnhöfen.

INNOVATIONEN BRAUCHEN FACHKRÄFTE

Bayern ist Technologiestandort Nummer eins in Deutschland. Autonome Fahrzeuge, intelligente Verkehrssysteme und Künstliche Intelligenz verändern Mobilität, Transport und Logistik grundlegend.

Gleichzeitig braucht es dafür qualifizierte Fachkräfte und gute Rahmenbedingungen. Themen wie Familienfreundlichkeit, Entwicklungsperspektiven und Chancengleichheit gewinnen zunehmend an Bedeutung. Gemeinsam mit dem CNA wurden bereits 14 Arbeitgeber mit dem Signet FAIRMOTION ausgezeichnet – ein schönes Zeichen für attraktive Arbeitsbedingungen.

SCHIENENINFRASTRUKTUR UND BAHNINNOVATIONEN

Die Schieneninfrastruktur bleibt eine zentrale Herausforderung. Zuständig sind Bund und DB InfraGO. Die Generalsanierung zwischen Nürnberg und Regensburg sowie anschließend Richtung Passau ist eine wichtige Bewährungsprobe. Gleichzeitig setzen wir uns weiter dafür ein, dass auch Strecken abseits der großen Knotenpunkte ertüchtigt werden.

Bayern nimmt im Bereich der Bahninnovation eine führende Rolle ein: Projekte wie der „Ideenzug", das ferngesteuerte S-Bahn-Rangieren in München und der geplante barrierefreie Akku-Neigetechnikzug zeigen das Innovationspotenzial im Bahnverkehr.

MOBILITÄT IST GEMEINSCHAFTSAUFGABE

Echte Transformation entsteht im Zusammenspiel. Der CNA bietet hierfür seit vielen Jahren eine wertvolle Plattform. Bringen Sie sich deshalb weiterhin ein – ob über den CNA, im Cluster BahnTechnik, in der Logistik Initiative Bayern oder einem der regionalen Logistiknetzwerke. Die Netzwerke stärken Innovation und Sichtbarkeit insbesondere für kleinere Unternehmen.

Beispiel ist die InnoTrans, die weltweit bedeutendste Messe für Verkehrstechnik und Mobilität. Der CNA ist dort seit vielen Jahren über das Cluster BahnTechnik präsent und ermöglicht zahlreichen kleineren bayerischen Unternehmen einen starken Auftritt.

Ich danke dem CNA für das langjährige Engagement und freue mich auf den weiteren gemeinsamen Weg in eine vernetzte, sichere und klimafreundliche Mobilität. Ich lade Sie herzlich ein, mich auf der InnoTrans zu treffen und beim weiß-blauen Unternehmensfrühschoppen ins Gespräch zu kommen.

Mit herzlichen Grüßen
Ihr

Christian Bernreiter, MdL
Bayerischer Staatsminister
für Wohnen, Bau und Verkehr

GRUSSWORT

Sehr geehrte Damen und Herren,

liebe Leserinnen und Leser des Magazins H.O.R.I.Z.O.N.T.E,
liebe Partnerinnen und Partner aus Bahn, Bahntechnik,
Mobilität und Logistik in Bayern,

Mobilität ist ein Grundbedürfnis des Menschen – sie schafft Teilhabe, Freiheit und wirtschaftliche Stärke. Neue Technologien, veränderte Lebensstile, steigende Anforderungen an Nachhaltigkeit und die aktuell vorherrschenden geopolitischen Veränderungen der Rahmenbedingungen fordern uns heraus, Mobilität neu zu denken: bedarfsorientiert, intelligent und wirtschaftlich tragfähig. Dabei kommt es entscheidend darauf an, unterschiedliche Verkehrsträger clever miteinander zu verknüpfen und moderne Technologien schnell in die Praxis zu bringen. Gerade die enge Verzahnung von Mobilität, Bahn und Logistik eröffnet enorme Chancen für echte Innovationen.

Bahn und Bahntechnik stehen für einen nachhaltigen und hocheffizienten Verkehrsträger – vielfältig, komplex, vernetzt und zugleich gestaltbar. Die Schiene ist das Rückgrat einer klimafreundlichen Mobilität und zugleich Innovationsmotor eines starken Industriestandorts. Ebenso gewinnt die Logistikbranche weiter an Bedeutung: Funktionierende Lieferketten und intelligente Logistiklösungen sind entscheidend für Versorgungssicherheit, Wettbewerbsfähigkeit und wirtschaftliche Stabilität Bayerns.

Der Freistaat setzt hier klare und verlässliche Impulse im Bahntechnikland Bayern. Wir unterstützen Unternehmen aktiv bei Innovationen in Digitalisierung, Infrastrukturentwicklung und zukunftsweisenden Antrieben wie der E-Mobilität. Gleichzeitig fördern wir die Logistik-Initiative Bayern und im Rahmen der Cluster-Offensive Bayern gezielt die Cluster Automotive und BahnTechnik. Damit treiben wir die Vernetzung zentraler Akteure entschlossen voran. Diese enge Verknüpfung aus politischem Rückhalt, unternehmerischer Innovationskraft und wissenschaftlicher Expertise macht Bayern zu einem der führenden Standorte für Bahn und Bahntechnik, Mobilität und Logistik in Europa. Hier zeigt sich: Transformation gelingt, wenn wir gemeinsam mutig neue Wege gehen.

Das Cluster BahnTechnik Bayern, der CNA e. V. und die Logistik-Initiative Bayern leisten dabei einen unverzichtbaren Beitrag. Sie schaffen Räume für echten Austausch, Wissenstransfer und neue Kooperationen - und stärken so die Innovationskraft unserer Branche nachhaltig. Das Magazin H.O.R.I.Z.O.N.T.E macht diese Entwicklungen sichtbar. Es liefert spannende Einblicke in aktuelle Projekte und strategische Zukunftsthemen und verbindet Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. Genau dieser branchenübergreifende Dialog ist es, der tragfähige Lösungen für morgen ermöglicht.

Die jährlich steigende und sehr rege Teilnahme am BahnCongress und MobilitätsCongress - in diesem Jahr jeweils rund 450 Teilnehmende vor Ort - zeigt eindrucksvoll, wie sehr diese Themen uns alle bewegen. In diesem Jahr wurden wieder wichtige Impulse gesetzt: zu autonomen Zügen, Holzschwellen, der Resilienz im digitalen Bahnbetrieb, System-Parkhäusern oder bidirektionalem Laden. Hier entstehen konkrete Ideen für die Mobilität von übermorgen und die „Zukunft Schiene".

Gerade in einem kürzlichen persönlichen Austausch mit dem Geschäftsführer des Clusters BahnTechnik Bayern, Herrn Dr. Aunkofer, habe ich mich über konkrete Vorhaben informieren können. Ich freue mich sehr darauf, die Aktivitäten für die Bahn-, Bahntechnik- und Mobilitätsbranche auch weiterhin persönlich zu unterstützen.

Lassen Sie uns diese Transformation gemeinsam gestalten – innovativ, nachhaltig und mit klarem Blick auf die Bedürfnisse der Menschen. Bayern hat die Kraft, die Ideen und die Partner, um hier Maßstäbe zu setzen.

Ich danke Ihnen herzlich für Ihr großes Engagement und wünsche Ihnen weiterhin alles Gute für die spannende Zukunft unserer Branche.

Tobias Gotthardt, MdL
Staatssekretär im Bayerischen Staatsministerium
für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

IMPULS

Creativity is thinking up new things.
Innovation is doing new things.
Theodore Levitt

Der CNA e.V. lebt mit seinen Mitgliedern, Partnern und Freunden seit 30 Jahren Innovation und Netzwerk.

Mit dem Cluster BahnTechnik durfte der e.V. im Rahmen der Cluster-Offensive Bayern des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie seit 20 Jahren einen starken Fokus auf eine Branche legen, die das Rückgrat von modernem Schienenverkehr und der Mobilität von morgen darstellt.

Mit der Initiative und Auszeichnung „Logistik ist weiblich" durfte der e.V. im Kontext der Logistik Initiative Bayern und unter der Schirmherrschaft des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr vor 5 Jahren ein neues Kapitel in puncto „Image und Außenwirkung" für die Bayerische Transport- und Logistik-Branche aufschlagen.

Menschen machen den Unterschied – gestern, heute und morgen! Ihr Engagement, Ihre Expertise, Ihre Empathie und Ihr Vertrauen ermöglichen kreatives Denken und die Umsetzung dessen in Form von Innovation. Der CNA ist eines der größten und vielfältigsten Netzwerke für Mobilität, Transport und Logistik im süddeutschen Raum, er ist ein Netzwerk für Menschen!

Herzlichen Dank an Sie, an alle, die uns begleiten. Wir freuen uns, gemeinsam mit Ihnen die Erfolgsgeschichte „Mobilität, Transport, Logistik" fortzuschreiben!

Dr. Rudolf Aunkofer
Geschäftsführer CNA e. V.

INHALT

10 **IMPRESSIONEN**
Bahnbrechend | Preisverleihung Schülerwettbewerb

12 Depotcharge – Der Marktplatz für das Laden von E-Lkw am Depot

13 Weniger Luft, mehr Effizienz

15 Die Verkehrsinformationszentrale Berlin

17 Konsolidierung im Transportmarkt – Was steckt dahinter?

20 Generation Z in der Logistik
Effizientes Zusammenspiel der Generationen

22 **I.N.T.E.R.V.I.E.W**
Stephan Doppelhammer
Hauptgeschäftsführer des Landesverbands Bayerischer Transport- und Logistikunternehmen (LBT) e. V.

23 Von der Abwasserspeicherung zur On-Board-Behandlung
Biologische Abwassertechnik im Schienenverkehr

25 Test Early, Fail Fast?
So testen Sie die Software von Bahnsystemen, bevor es teuer wird

26 Die Technologie ist nicht das Problem. Nie war sie das.
Warum digitale Transformation in der Logistik so oft scheitert – und worauf es in der Praxis wirklich ankommt.

29 Welche Skills morgen zählen: Future Skills für Studium und Beruf

31 Perception in der Logistik –
Wenn Lieferketten sehen lernen
Wie Wahrnehmungsfähigkeit zu resilienten Supply Chains beiträgt

33 Deutschlands größte Dieselinsel – und wie eine Region Bewegung in die Infrastruktur bringt
14 Landkreise und Städte entlang der Franken-Sachsen-Magistrale bündeln ihre Kräfte – bundesweit einmalig und mit Erfolg

36 **IMPRESSIONEN**
BahnCongress | Bayern 2026

38 Infrastrukturgestützte Umfeldwahrnehmung für den automatisierten Rangierbetrieb

40 **IMPRESSIONEN**
5 Jahre Logistik ist weiblich

42 Avelia Horizon™ – Die nächste Generation von Hochgeschwindigkeits-Doppelstockzügen

44 Logistik unter Dauerspannung
Warum klassische Steuerung nicht mehr ausreicht

47 Thermomanagement im Güter- und Passagierverkehr – Effizienztreiber zwischen Antriebskühlung und Klimatisierung

50 Bidirektionales Laden: Wenn der eTruck zum Energiespeicher wird
Aus dem Forschungsprojekt SPIRIT-E bei MAN Truck & Bus mit Partnern

51 RamZsam – eine neue Mitfahr-App
Mitfahr-Apps gibt's viele, aber was ist jetzt anders?

52 Geräuscharme Logistik als Baustein für stadtverträglichen Güterverkehr

54 Mehr Freiheitsgrade im DC Bahnstromnetz:
Wann gesteuerte Stromrichter sinnvoll sind

56 Radlogistik 2026: Stagnation auf hohem Niveau – Potenziale bleiben groß

58 Instandhaltung der Schieneninfrastruktur bei der VAG Nürnberg
Strategische Verantwortung für Qualität, Sicherheit und Resilienz im urbanen öffentlichen Verkehr

60 Emissionen im Straßenverkehr | Mehr als Abgase

62 **I.N.T.E.R.V.I.E.W**
Stephan Rabl
Geschäftsführer des Landesverbands Bayerischer Omnibusunternehmen (LBO) e. V.

63 Die berechnete Reise: Wie KI den Bahnverkehr planbarer macht

65 Effizienzsteigerungspotentiale bei Reisezugwaggons

68 Der EU Cyber Resilience Act (CRA):
Was Hersteller in der Bahntechnik jetzt wissen müssen

70 Datengetriebenes Flottenmanagement für die Elektromobilität von morgen
IVImon optimiert Lade- und Betriebsstrategien für den wirtschaftlichen Betrieb von E-Lkw-Flotten

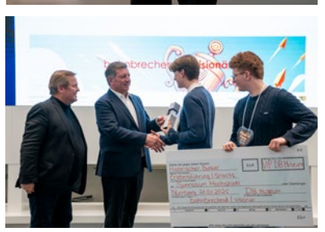
72 **IMPRESSIONEN**
MobilitätsCongress | Bayern 2026

74 KOMPETENZ, KNOW HOW
UND EXPERTISE IM NETZWERK

78 IMMER UP-TO-DATE
FOLLOWER WERDEN

78 FÖRDERMITGLIEDER

78 Impressum



KNORR-BREMSE

YORMA'S

SIEMENS

NEXTRAIL

DB Museum

iSCM INSTITUTE
Information & Supply Chain Management

cna
Think Tank | Mobility | Transport | Logistics

IMPRESSIONEN
BAHNBRECHEND | PREISVERLEIHUNG SCHÜLERWETTBEWERB

Depotcharge – Der Marktplatz für das Laden von E-Lkw am Depot

Der Hochlauf batterieelektrischer Lkw in Europa nimmt Fahrt auf und die Wirtschaftlichkeit des Ladens rückt damit in den Fokus. Während Depotbetreiber in Ladeinfrastruktur investieren, die durch eigene Fahrzeuge meist unausgelastet bleibt, suchen Flottenbetreiber kostengünstige Lademöglichkeiten außerhalb ihrer Standorte. Depotcharge verbindet beide Seiten über einen europaweiten Marktplatz für geteiltes Laden am Depot: Depotbetreiber monetarisieren bestehende Kapazitäten, Flottenbetreiber erhalten Zugang zu einem wachsenden Netzwerk günstiger Depot-Ladepunkte. So entsteht eine Win-win-Lösung für die wirtschaftliche Skalierung der E-Mobilität in der Logistik.

DER MARKT NIMMT FAHRT AUF.

Bis 2030 wird mehr als ein Drittel der neu zugelassenen Lkw in Europa elektrisch fahren. Regulatorische Vorgaben, wachsende Fahrzeugverfügbarkeit und zunehmende Wirtschaftlichkeit treiben diese Entwicklung. Mit diesem Markthochlauf befindet sich die Branche am Übergang von ersten Pilotprojekten hin zur Skalierung und wirtschaftlichen Umsetzung in der Fläche. Eine Frage wird dabei geschäftskritisch: Wo laden die elektrischen Lkw zuverlässig, planbar und zu vertretbaren Kosten?

LADEN AM DEPOT ALS SCHLÜSSEL ZUR WIRTSCHAFTLICHKEIT.

Der überwiegende Energiebedarf elektrischer Lkw wird am Depot gedeckt. Das Laden am Depot bietet gegenüber dem Laden an öffentlicher Ladeinfrastruktur deutliche Kostenvorteile und hohe Planungssicherheit, stellt Betreiber und Flotten jedoch vor neue organisatorische und wirtschaftliche Herausforderungen.

Viele Depotbetreiber investieren bereits in Ladeinfrastruktur für ihre eigenen Flotten. Diese Investitionen sind kapitalintensiv und durch lange Amortisationszeiten geprägt, während die Ladeinfrastruktur durch die eigene Flotte oft nur zeitweise ausgelastet ist. Um Wirtschaftlichkeit und Auslastung zu erhöhen, planen Betreiber ihre Infrastruktur zunehmend für Dritte wie Subunternehmer, Partner oder benachbarte Logistikunternehmen zu öffnen.

Gleichzeitig kann ein Großteil der Flottenbetreiber den Ladebedarf nicht vollständig über eigene Standorte decken. Routen über mehrere Regionen, begrenzte Reichweiten oder fehlende Investitionsmöglichkeiten machen externe Lademöglichkeiten unverzichtbar. Öffentliche Ladeinfrastruktur ist jedoch häufig teuer und für LKW begrenzt verfügbar. Flottenbetreiber benötigen daher eine zuverlässige, kosteneffiziente und einfach nutzbare Lösung für das Laden unterwegs.

EIN MARKTPLATZ FÜR GETEILTES LADEN AM DEPOT.

Hier setzen wir mit Depotcharge an und verbinden Depotbetreiber und Flottenbetreiber über einen europaweiten Marktplatz für gemeinsames Laden am Depot. So entsteht klarer Mehrwert für beide Seiten:

- **Depotbetreiber** können ihre Ladeinfrastruktur für ausgewählte Unternehmen wie Partner oder Subunternehmer öffnen, wodurch zusätzliche Erlöse von bis zu 50.000 Euro pro Ladepunkt und Jahr entstehen. Zugangszeiten und Preise lassen sich flexibel auf Standort-, Ladepunkt- oder Nutzerebene steuern. Individuelle Preisvereinbarungen werden digital abgebildet, während Depotcharge die vollautomatisierte Abrechnung und gesicherte regelmäßige Auszahlungen übernimmt.
- **Flottenbetreiber** erhalten Zugang zu einem wachsenden Netzwerk verifizierter Depot-Ladestandorte, zu Preisen, die meist deutlich günstiger sind als an öffentliche Ladestationen. Web- und mobile Anwendungen ermöglichen die gezielte Suche, Reservierung und Nutzung von Ladepunkten. Eine RFID-Karte erschließt das gesamte Depotcharge-Netzwerk sowie öffentliche Ladeinfrastruktur. Die Abrechnung erfolgt vollautomatisiert und konsolidiert: eine gesammelte Rechnung für alle Ladevorgänge, transparent aufgeschlüsselt nach Fahrzeug und Kostenstelle.

INTEGRATION STATT INSELLÖSUNGEN.

Das geteilte Laden am Depot erfordert eine vollintegrierte digitale Lösung. Ohne diese entsteht erheblicher administrativer Aufwand: verschiedene Ladekarten für verschiedene Betreiber, Excel-Listen fürs Kostentracking, manuelle Nutzerverwaltung und Abrechnung. Ab einer gewissen Flottengröße wird dies unbeherrschbar.

Depotcharge adressiert genau das und schafft damit die Grundlage für die wirtschaftliche Skalierung des Ladens am Depot: Wer darf wo und wann laden? Wie werden Zeitfenster und Buchungen verwaltet? Was kostet es, und wie wird abgerechnet? All das läuft über Depotcharge automatisiert und lässt sich in bestehende Systeme und Prozesse einbinden, vom Flotten- und Energiemanagement bis hin zur Buchhaltung. Das Ergebnis: Bestehende Ladeinfrastruktur wird wirtschaftlich besser genutzt, Ladevorgänge werden planbar, Betriebskosten sinken und Unternehmen können sich auf ihr Kerngeschäft konzentrieren.

© Depotcharge

TEIL DES NETZWERKS WERDEN.

Die Registrierung auf depotcharge.com ist kostenlos, ebenso die Eintragung und Vermarktung von Standorten. Kosten entstehen nur bei tatsächlichen Ladevorgängen, die über Depotcharge abgewickelt werden, transparent nach Nutzung. Schon heute nutzen 30 Unternehmen Depotcharge aktiv.

Ob Sie Ladekapazitäten monetarisieren oder für Ihre Flotte verlässliche Lademöglichkeiten suchen: Depotcharge bietet die digitale Infrastruktur für die wirtschaftliche Skalierung Ihrer E-Mobilitätsstrategie. Registrieren Sie sich auf depotcharge.com und werden Sie Teil des wachsenden Netzwerks.

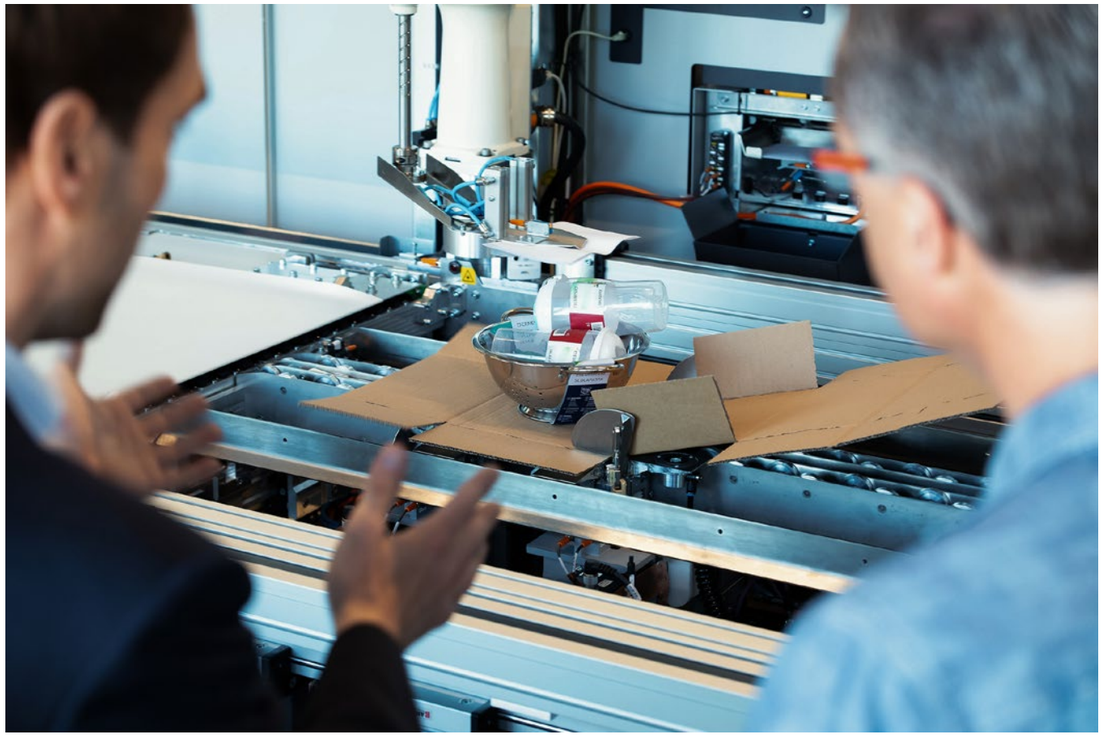
Joscha Specks
Co-Founder & CEO
Depotcharge

Weniger Luft, mehr Effizienz

Die EU-Verpackungsverordnung zwingt Unternehmen zu neuen Standards bei Nachhaltigkeit und Materialeinsatz. On Demand Packaging-Lösungen zeigen, wie Compliance, Kosteneffizienz und CO_2-Reduktion Hand in Hand gehen.

Wer heute ein Versandpaket öffnet, findet darin oft mehr Luft als Ware. Was lange als logistischer Kompromiss akzeptiert wurde, gerät durch die europäische Verpackungs- und Verpackungsabfallverordnung (PPWR) zunehmend unter Druck. Die neue Regulierung zwingt Unternehmen dazu, Verpackung neu zu denken.

Im Unterschied zur bisherigen Verpackungsrichtlinie gilt die PPWR als Verordnung unmittelbar in allen EU-Mitgliedstaaten. Sie ist seit Anfang 2025 in Kraft und wird schrittweise umgesetzt. Spätestens ab August 2026 gelten zentrale Verpflichtungen verbindlich. Die Verordnung betrifft sämtliche Verpackungen, die im europäischen Markt verwendet oder in Verkehr gebracht werden – und damit alle Wirtschaftsakteure entlang der gesamten Supply Chain, vom Hersteller über den Versandhandel bis zur Logistik.



© Depotcharge

© Packsize

LEERRAUM DEUTLICH REDUZIEREN

Ein zentrales Element der PPWR ist die konsequente Verpackungsminimierung. Ab 2030 darf der Leerraum in Versand-, Sammel- und Transportverpackungen maximal 50 Prozent betragen. Parallel dazu schreibt die Verordnung vor, dass Verpackungen bis spätestens 2030 recyclingfähig sein müssen. Unternehmen sind verpflichtet, Optimierungen bei Gewicht, Volumen und Materialeinsatz nachzuweisen – andernfalls drohen Sanktionen oder Marktbeschränkungen.

Viele klassische Verpackungsprozesse stoßen angesichts dieser Anforderungen an ihre Grenzen. Vorgefertigte Kartongrößen sind selten auf die tatsächlichen Abmessungen einzelner Produkte ausgelegt. Das führt zu unnötigem Materialverbrauch, hohem Füllmaterialeinsatz und einer ineffizienten Nutzung von Transportvolumen. Neben steigenden Kosten entstehen so vermeidbare CO_2-Emissionen entlang der gesamten Lieferkette – Effekte, die die PPWR explizit adressiert.

Ein Lösungsansatz liegt im On Demand Packaging-Ansatz von Packsize. Dabei werden Versandkartons exakt nach Produktgröße gefertigt, direkt am Packplatz oder innerhalb automatisierter Verpackungslinien. Durch das Zusammenspiel von Maschinen, Messsystemen, Software und datengetriebenen Workflows entstehen Verpackungen in Echtzeit, angepasst an Produkt, Bestellung und Versandanforderungen. Lösungen zur Kubierung – also der Volumenberechnung und -optimierung von Sendungen –, Datenanalyse sowie die Integration in bestehende ERP- und WMS-Systeme automatisieren Verpackungsentscheidungen und machen Einsparpotenziale transparent.

ANALYSE FÜR MEHR TRANSPARENZ

Gerade im Hinblick auf die zukünftigen PPWR Nachweispflichten unterstützt Packsize Unternehmen dabei, Abfallreduzierungen messbar zu machen und Compliance Anforderungen strukturiert zu erfüllen. Der ganzheitliche Ansatz des Unternehmens verbindet Verpackungsdesign, Prozessoptimierung und Reporting in einer integrierten Lösung.

Die Zusammenarbeit von Packsize mit dem Messtechnikhersteller VEGA Grieshaber KG zeigt, dass der Ansatz in der Praxis funktioniert. Ziel war es eine PPWR konforme Verpackungsstrategie umzusetzen, die Nachhaltigkeit, Ergonomie und zukünftiges Wachstum vereint. Unterschiedliche Produktanforderungen – von langen und schweren Sensoren bis hin zu vorkommissionierten Artikeln und robotergestützten Verpackungsprozessen – wurden in einer gemeinsamen, datenbasierten Automatisierungslösung gebündelt.

SOFTWAREGESTÜTZTE BERECHNUNG

Packsize realisierte drei Verpackungsbereiche: einen halbautomatisierten Langgutprozess mit zwei Kartons pro Minute, eine Lösung für vorverpackte Produkte mit drei Kartons pro Minute sowie eine vollautomatisierte Box-in-Box-Linie mit vier Kartons pro Minute. Grundlage aller Prozesse ist eine softwaregestützte Berechnung optimaler Versandkartongrößen sowie definierte Packregeln für Gewicht und Größe.

Die Ergebnisse sind deutlich: Besonders im Langgutbereich zeigt sich der Effizienzgewinn – die Verpackungszeit sank von zehn auf drei Minuten, was einer Verbesserung von 88 Prozent entspricht. VEGA konnte zudem den Leerraum um bis zu 50 Prozent reduzieren und setzt seither ausschließlich recycelbare Verpackungen ein.

Die PPWR sollte daher nicht ausschließlich als regulatorische Herausforderung verstanden werden. Sie bietet Unternehmen die Chance, Verpackung als strategischen Hebel für Effizienz, Nachhaltigkeit und Kundenerlebnis zu nutzen. Technologien wie On Demand Packaging ermöglichen es, Compliance nicht nur zu erreichen, sondern gleichzeitig Wettbewerbsvorteile zu schaffen. Automatisierte, passgenaue Verpackung entwickelt sich damit vom operativen Detail zu einem entscheidenden Baustein moderner, resilienter Lieferketten.

Otto Friedl
Senior Account Manager
Packsize GmbH

Die Verkehrsinformationszentrale Berlin

Berlin ist 892 Quadratkilometer groß, zählt rund 3,9 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner, 2,19 Millionen Erwerbstätige und verfügt über ein Straßennetz von 5.419 Kilometern, darunter 1.570 Kilometer Hauptstraßen und 77 Kilometer Autobahnen. Der Motorisierungsgrad von 318 Pkw pro 1.000 Einwohner ergibt somit rund 1,25 Mio. in Berlin zugelassene Kfz. Der ÖPNV verzeichnete 2024 über 1,58 Milliarden Fahrgäste, von denen rund die Hälfte U-Bahnen und Straßenbahnen nutzen. Die Verkehrsinformationszentrale (VIZ) Berlin steht deshalb tagtäglich vor der Herausforderung, die Mobilität der Hauptstadt zu verbessern, indem sie umfassend über das aktuelle Verkehrsgeschehen informiert und Verkehrsteilnehmern eine verkehrsmittelübergreifende Entscheidungshilfe für ihre Verkehrsmittel- oder Routenwahl zu geben.

Verkehrsinformationszentralen (VIZ) sind moderne Kontrollzentren, die den Verkehrsfluss in städtischen und regionalen Gebieten überwachen und durch umfassende Information helfen, ihn zu optimieren. Sie verarbeiten dafür Daten aus verschiedenen Quellen und analysieren diese in Echtzeit. Ziel ist es, Staus zu reduzieren, die Verkehrssicherheit zu erhöhen und die Effizienz zu verbessern, indem die VIZ die Öffentlichkeit über die aktuelle Verkehrslage, Baustellen, Veranstaltungen und Unfälle oder Störungen im ÖPNV informiert und so die Möglichkeit schafft, Alternativen zu nutzen.

VON DER LEITSTELLE ZUM DIGITALEN CONTENT-HUB

Gegründet wurde die VIZ bereits 2001 als Public-Private-Partnership-Modell von der Verkehrsverwaltung Berlins und den privaten Partnern DaimlerChrysler und Siemens. Nach Stationen in der Verkehrsregelungszentrale am ehemaligen Flughafen Tempelhof und strukturellen Veränderungen im Betreibermodell übernahm das Land Berlin vollständig den technischen Betrieb, während der Redaktionsbetrieb weiterhin in Zusammenarbeit mit der VMZ Betreibergesellschaft mbH organisiert wurde, die sich 2020 bei der Ausschreibung

Informationstafel Berlin © Verkehrsinformationszentrale VIZ

© Verkehrsinformationszentrale VIZ

des Redaktionsbetriebes durchsetzen konnte und somit den Redaktionsbetrieb mit ihrer über 20jährigen Erfahrung fortsetzen konnte. Nach der Aufgabe der Zentralenräume zunächst temporär durch den Lockdown im Jahr 2020 und seit 2023 endgültig arbeitet die Redaktion vollständig dezentral.

Die Entwicklung der VIZ spiegelt damit auch den Wandel moderner Mobilitätssteuerung wider: weg von einer rein physischen Zentrale, hin zu einer vernetzten, datengetriebenen Informationsplattform.

DATEN ALS GRUNDLAGE UMFASSENDER VERKEHRSINFORMATION

Die Aufgaben der VIZ sind vielfältig. Sie sammelt und verarbeitet Daten aus Messstellen auf Hauptstraßen, nutzt Floating Car Data, integriert Informationen des öffentlichen Verkehrs sowie bei Bedarf Umwelt- und Wetterdaten des DWD oder Flughafeninformationen des BER. Hinzu kommen Baustellen- und Veranstaltungsdaten sowie die kontinuierliche Überwachung der Verkehrslage.

Diese Daten bilden die Grundlage für die Arbeit der Redakteure, die montags bis freitags von 6:00 bis 20:00 Uhr fundiert Auskunft geben, für Medien, Verwaltung und Öffentlichkeit. Die VIZ unterstützt die Verkehrsregelung bei der Baustellenrecherche, erstellt tägliche Verkehrsvorschauen und Presseinfos für besondere Ereignisse und beantwortet Anfragen von Presse und Rundfunk.

Auf 33 großformatigen LED-Informationstafeln im Berliner Stadtgebiet, die von mehr als 700.000 Fahrzeugen täglich passiert werden, werden aktuelle Stau- und Baustelleninformationen, Hinweise zu Großveranstaltungen oder zu Sicherheitskampagnen der Polizei angezeigt.

Parallel dazu versorgt die VIZ das Mobilitätsportal viz.berlin.de mit laufend aktualisierten Verkehrs- und Meldungsinformationen für Individual- und öffentlichen Verkehr. Mit rund 200.000 Besucherinnen und Besuchern sowie 400.000 Seitenabrufen pro Monat ist die Website ein zentraler Anlaufpunkt für multimodale Information.

Werktäglich gegen 15:30 Uhr wird eine Verkehrsvorschau für den Folgetag per E-Mail an Abonnenten verschickt, Radiostationen und Lokalmedien fungieren dabei als Multiplikatoren.

Hinzu kommen Social-Media-Kanäle wie Bluesky, wo der Account @VIZ_Berlin knapp 3.000 Follower erreicht und seit dem Plattformwechsel von X knapp 10.000 Posts veröffentlicht hat.

Einzelne Ereignisse – etwa ein Großbrand im Mai 2023 – erzielten über 20.000 Aufrufe innerhalb von 24 Stunden. Reichweite entsteht hier nicht zufällig, sondern durch Geschwindigkeit, Relevanz und Verlässlichkeit.

DIE STILLE QUELLE URBANER INFORMATION

Die vielleicht eindrucksvollste Kennzahl steht in der Zusammenfassung: Die meisten aktuellen Verkehrsinformationen, die man in Berlin liest, hört oder sieht, stammen aus der VIZ. Damit ist sie weniger sichtbarer Akteur als vielmehr infrastrukturelles Rückgrat der öffentlichen Wahrnehmung von Mobilität.

In einer Stadt, in der Modal Split, Klimaziele und Verkehrswende intensiv diskutiert werden, schafft die VIZ die Voraussetzung für faktenbasierte Entscheidungen – für die Verwaltung, Medien und vor allem für die Menschen, die sich täglich durch diese Metropole bewegen.

Andreas Müller
Teamleiter
Verkehrsinformationszentrale VIZ

Konsolidierung im Transportmarkt – Was steckt dahinter?

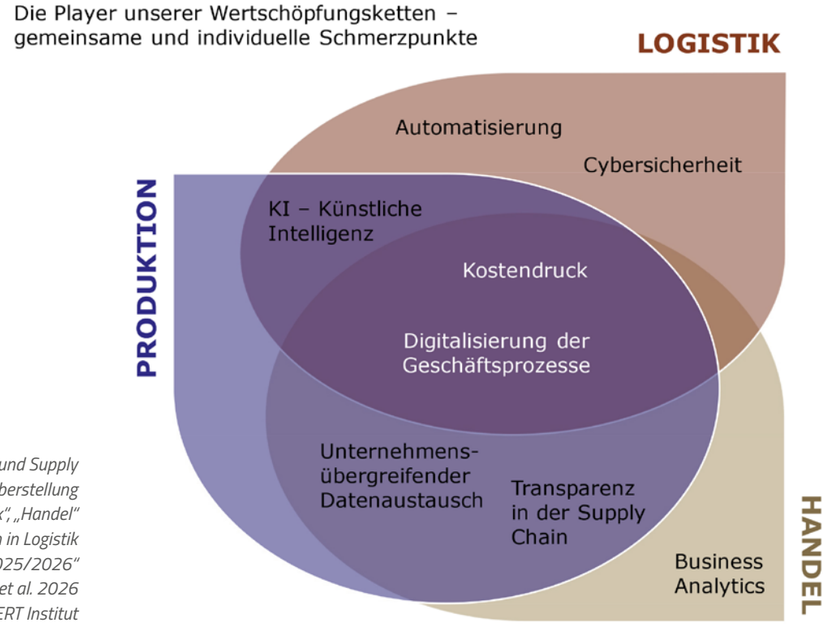
Die Übernahme des Logistikriesen DB Schenker durch den dänischen Logistikkonzern DSV ist sicher eine der bedeutendsten Übernahmen eines deutschen Unternehmens der letzten Jahre. Dass dies auch noch in der Logistik stattgefunden hat ist umso interessanter. Dieser Beitrag nimmt dies zum Anlass, einen Blick auf die Mechanismen hinter Konsolidierungsentwicklungen im Logistikmarkt zu werfen.

TRENDS IN LOGISTIK UND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT WIRKEN ZUSAMMEN

Die Top 5 Trends sind (1) Cybersicherheit, (2) Digitalisierung der Geschäftsprozesse, (3) Kostendruck, (4) Automatisierung und (5) Business Analytics. Dies enthüllt die aktuelle Trendverortung in Form der Studie „Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management 2025/2026" der BVL e.V. in Zusammenarbeit mit der TU Hamburg und der Hochschule Heilbronn. Die Studie identifiziert die aktuell für Logistikentscheider wichtigsten Entwicklungen einmal in Form einer Rangliste. In weiteren Analysen wird ergänzend untersucht, wo die größten Trend-Schmerzpunkte liegen, die sich dadurch zeigen, dass Unternehmen den Trends nicht angemessen begegnen können, bspw. weil sie nicht über das Wissen oder die Ressourcen verfügen, oder auch einfach deshalb, weil man als Einzelunternehmen nicht immer direkt auf Trends reagieren oder einwirken kann.

In der Abbildung ist eine Zusammenschau dieser Schmerzpunkte für drei Bereiche Logistikdienstleister (LOGISTIK), produzierendes Gewerbe (PRODUKTION) und Handelsunternehmen (HANDEL) dargelegt. Im Überschneidungsbereich der Formen stehen dabei Digitalisierung der Geschäftsprozesse und Kostendruck als Trends, die den Unternehmen derzeit die größten Probleme bereiten.

Während Digitalisierung ein Innovationsthema ist, handelt es sich beim Kostendruck um eine Problemstellung, die Druck auf die ursprünglichste aller Unternehmenslogiken ausübt: auskömmlich zu wirtschaften, um Gewinne für das Fortbestehen des Unternehmens zu erzielen.



Trend-Schmerzpunkte in Logistik und Supply Chain Management – Gegenüberstellung Teilstichproben „Produktion", „Logistik", „Handel"
Quelle: Studie „Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management 2025/2026" von See et al. 2026
© LOGWERT Institut

BLICK AUF KOSTENDRUCK UND DIE AKTUELLEN MECHANISMEN IM DETAIL

Warum ist es aber nun sinnvoll über Kostendruck zu sprechen, den es in der Logistik nun mal schon seit jeher gibt? Der aktuelle Kostendruck ist das Ergebnis des Zusammenspiels verschiedener Mechanismen, die die Logistikeinheiten und -unternehmen treiben – derzeit etwas stärker als sonst üblich.

Dass es sich bei der Logistik, insbesondere im Bereich der Logistikdienstleistung um ein margenschwaches Geschäft handelt ist allgemeinhin bekannt. Dies rührt von einem grundsätzlich hohen Wettbewerb der Logistikdienstleister um eine begrenzte Anzahl an Kunden. Jeder der Kunden, ob im Geschäftsumfeld | B2B oder aus dem Privatkundenfeld | B2C, hat in der Regel die Auswahl zwischen verschiedenen Anbietern logistischer Leistungen. Im Stückgut sind das bspw. Cargoline, IDS, Dachser, Zufall Logistik, Gebrüder Weiss und eine ganze Reihe anderer. In der Paketlogistik sind es DHL, Hermes, DPD, GLS oder immer stärker auch Amazon.

Dem hohen Wettbewerb ist es geschuldet, dass die Preisdurchsetzung für die Leistungen der Anbieter eher gering ist. Wenn man die Preise erhöht, ist das Risiko hoch, dass Kunden zum nächsten Dienstleister wechseln. Darum sind Preise für allgemeine Logistikleistungen (Spezialisten einmal ausgenommen) meist gerade kostendeckend (aus Sicht des Leistungsanbieters).

Wie kommt es aber zu einem derzeit so viel deutlicheren Kostendruck? Dafür gibt es zwei Gründe:

(1) Der Fachkräftemangel in der Logistik ist ein bekanntes Thema. Sowohl im Bereich der Berufskraftfahrer, die überaltert sind und zu wenige, als auch weiterhin an der operativen Front der Lagermitarbeitenden in Berufsbildern, die als nicht allzu attraktiv gelten. Fachkräftemangel sorgt dafür, dass Unternehmen, die Fachkräfte suchen, auch mit angemessenen Entgelten für sich werben müssen.

(2) Allgemeine Inflation durch hohe Energiepreise: Ergänzend sind Unternehmen in Deutschland derzeit von vergleichsweise hohen Energiepreisen betroffen, wodurch eine allgemeine Inflation verursacht wird. Energie steckt in allem: in jedem Produkt, in jedem Fahrzeug, in jeder Dienstleistung. Löhne müssen sich dem anpassen und steigen unwiderruflich, was in der Logistik in den letzten Jahren auch jeweils der Fall war mit Lohnsteigerungen über 3 % je Jahr im statistischen Mittel (ermittelt in der kürzlich erschienenen TOP100 der Logistik Studie 2025/2026 anhand von Zahlen der Bundesagentur für Arbeit).

Zusammenfassend stehen aufgrund von hohem Wettbewerb margenschwache Unternehmen vor deutlich gestiegenen Kosten durch einen Mangel an Fachkräften und allgemeiner Inflation, die den allgegenwärtigen Kostendruck sehr deutlich verstärkt.

ANDERSWO IST GELD DA

Die Jahre der Corona-Pandemie waren für Logistik Leid und Freud zugleich. Gerade die Seefracht, die aufgrund von Lockdowns sehr ins Stocken kam, häufte in der Corona-Phase Gewinne durch immens gestiegene Seefrachtraten an. Für die Verschiffung von Seefracht konnten insbesondere die Reedereien, aber auch die involvierten Speditionen, außergewöhnlich höhere Gewinne erzielen. Vor allem die Reedereien konnten Kapital anhäufen, das sie in verschiedene Übernahmen investieren.

BEISPIELE UND HINTERGRÜNDE DER ÜBERNAHMEN

Gerade die Reedereien treten in den letzten Jahren als finanzstarke Akteure auf. So übernahm Maersk in 2022 Senator International Spedition und kaufte in Asien 2022 LF Logistics (insb. Fulfillment/Onlinehandelslogistik) für 3,2 Mrd. Euro. Vor Corona hat Maersk bereits 2017 die Hamburg Süd Reederei übernommen.

Die französische CMA CGM (Reedereigruppe) übernahm 2019 den diversifizierten Logistikkonzern CEVA und kurz nach Corona 2023/2024 die drei Logistikunternehmen Gefco (spezialisierte Automobillogistik), Ingram Micro (Kontraktlogistik Bereich Elektronik) und Bolloré (u. a. globale Luft-/Seefracht).

Die schweizerische Mediterranean Shipping Company beteiligte sich kürzlich am Hamburger Hafenbetreiber HHLA.

Freilich stehen hinter den einzelnen Übernahmen unternehmensstrategische individuelle Entscheidungen. Augenscheinlich geht es um Resilienzgewinnung. Viele der Maßnahmen stellen eine vertikale Integration dar, also eine Erweiterung des eignen Wirkungsbereichs entlang der logistischen Wertschöpfungskette. In der logistischen Wertschöpfungskette sind Reedereien nur ein Baustein einer Ende-zu-Ende Logistikkette. Zum ganzen Verlauf gehört Handelslogistik, Landverkehre, Spedition, Terminals etc. Daher kaufen Reedereien nicht mehr nur andere Reedereien auf (wie eben noch 2017 Maersk mit Hamburg Süd).

Im Falle weltweiter Lieferkettenunterbrechungen ist ein so aufgestelltes Unternehmen besser positioniert. Die kundennahen Geschäftsteile (Handelslogistik, Kontraktlogistikdivisionen) bringen mehr Transparenz im Vergleich zu einer isolierten Reederei. Der Durchgriff auf eigene Terminals und Landverkehrseinheiten stellt die Unternehmen besser als ein isoliertes Seefrachtunternehmen.

Abseits dieser Logik finden sich aber auch Beispiele für Übernahmen, die etwas anders ticken. Darunter etwa die Nippon Express Gruppe aus Japan, die kürzlich den Kontraktlogistikspezialisten Simon Hegele und die globale Spedition Cargo-Partner übernommen hat. Oder die dänische NTG mit der Übernahme der Speditionen Schmalz + Schön und ITC. Darüber hinaus war Gebrüder Weiss im Bereich von Mittelstandsunternehmen durch Übernahmen aktiv oder die französische Staatsbahn SNCF über ihre diversifizierte Logistiktochter Geodis mit der Übernahme des spezialisierten Paketdienstes Trans-o-flex.

In diesen Fällen dürfte der spürbar höhere Kostendruck der letzten Jahre den Zeitpunkt für diese Übernahmen zumindest beeinflusst haben.

WAS HEISST DAS FÜR DIE ZUKUNFT

Die größten 100 Logistikdienstleister in Deutschland vereinten 2024 rund 26 % des gesamten deutschen Logistikvolumens auf sich, so die aktuelle TOP100 der Logistik Studie. Fünf Jahre vorher in 2019 lag dieser Wert bei 23 %. Die Logistik-Konsolidierung ist anhand dieser Betrachtung zu plausibilisieren und wird voraussichtlich weitergehen.

Nach wie vor sind Deutschland und Europa Märkte, die für ausländische Player lukrativ sind. Im Bereich der Logistikdienstleister ist zudem organisches Wachstum kaum möglich, sodass Marktanteilsgewinne und Marktzutritte gerne durch Übernahmen realisiert werden. Finanzstarke Player wird es immer geben. Solange der Druck auf die deutschen Unternehmen höher ist als anderswo, sind sie noch einmal interessantere Übernahmekandidaten. Aber nicht nur Unternehmen aus der Ferne sind aktiv durch Übernahmen. Ebenso sind nationale oder aus dem nahen Ausland auf Deutschland blickende Unternehmen aktiv, um ihre Netzwerke auszubauen und zu vervollständigen.

Zu den beiden im Text zitierten Studien:

von See, B.; Kersten, W.; Schwemmer, M.; Heymann, S. (2026): Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management 2025/2026. Aufbruch im Umbruch: Zukunftsfähig durch digitale, nachhaltige und resiliente Werkschöpfungsketten – eine Studie der Bundesvereinigung Logistik e. V., der TU Hamburg und der Hochschule Heilbronn, Bremen/Hamburg/Heilbronn, 2026. Download (kostenfrei) via: https://www.bvl-trends.de/

Schwemmer, M. (2026): Top 100 der Logistik 2025/2026 – Marktgrößen, Marktsegmente und Marktführer. In Zusammenarbeit mit der Hochschule Heilbronn (Hrsg. DVV Media Group), Hamburg, 2026. Zu beziehen via: https://www.dvvmedia-shop.de/

Martin Schwemmer
Professor für Internationale Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik,
Hochschule Heilbronn
Direktor LOGWERT Institut, Hochschule Heilbronn

Generation Z in der Logistik

Effizientes Zusammenspiel der Generationen

Die Logistikbranche befindet sich in einem tiefgreifenden Transformationsprozess. Digitalisierung, Nachhaltigkeitsanforderungen sowie gesellschaftliche Veränderungen stellen Unternehmen vor neue Herausforderungen. Darüber hinaus fordern sich entwickelnde multiple Krisen, nicht zuletzt der Krieg am Golf, ein Umdenken in der Supply Chain. Parallel dazu tritt mit der Generation Z eine neue Generation in den Arbeitsmarkt ein, die zwischen etwa 1997 und 2012 geboren wurde und mit spezifischen Wertvorstellungen, Kompetenzen und Erwartungen verbunden ist.

Nicht nur vor dem Hintergrund des zunehmenden Fachkräftemangels gewinnt die Integration dieser Generation Z für Unternehmen erheblich an Bedeutung, sondern auch, um von ihrem Potenzial zu profitieren. Besonders in der Logistik, einem Bereich, der von Effizienz, Geschwindigkeit, Vernetzung und hoher Produktivität geprägt ist, kann das generationsübergreifende Zusammenspiel zum Erfolgsfaktor werden.

IN WELCHEM UMFELD ENTWICKELT SICH DIE GENERATION Z ?

Die Generation Z ist die erste Generation, die vollständig im digitalen Zeitalter aufgewachsen ist. Wissenskultur ist kein individueller Vorteil mehr, sondern für sie ist Wissen jederzeit und überall verfügbar – das Smartphone ist ihr ständiger Begleiter und Zugangspunkt zu Informationen. Künstliche Intelligenz dient als alltäglicher Wissenslieferant.
Das bedeutet aber auch: Klassisches Fachwissen hat an Alleinstellung verloren – vielmehr gewinnt die Fähigkeit an Bedeutung, Informationen schnell zu finden, kritisch zu bewerten und effizient anzuwenden.

DAS ERLANGEN VON WISSEN VERÄNDERT SICH SIGNIFIKANT

Darüber hinaus verändert sich die Art der Wissensvermittlung. Informationsinhalte werden zunehmend über digitale Plattformen und soziale Medien konsumiert. Kurze audiovisuelle Formate von 30 bis 90 Sekunden, etwa in Form von Videos auf Plattformen wie TikTok oder Instagram, prägen die Informationskultur. Diese Entwicklung führt jedoch auch zu neuen Herausforderungen, insbesondere im Hinblick auf die Verbreitung von Fehlinformationen, den Fake-News mit manipulativen Inhalten und die kritische Bewertung dieser Quellen.

Parallel dazu wirkt die aktuelle politische und wirtschaftliche Lage zusätzlich belastend: Klimakrise, Kriege, Inflation, politische Polarisierung – all das führt bei vielen jungen Menschen zu Zukunftsängsten. Das Zukunftsempfinden junger Menschen führt häufig zu einer starken Fokussierung auf gegenwärtige Lebensqualität. Die Konsequenz: Generation Z will im Jetzt leben. Die Zukunft erscheint zu ungewiss, um auf sie hinzuarbeiten, wie es frühere Generationen taten.

ERWARTUNGEN DER GENERATION Z AN DAS BERUFSLEBEN

Die Generation Z stellt neue Anforderungen an die Arbeitswelt. Im Mittelpunkt steht dabei der Wunsch nach Sinnhaftigkeit – sowohl des Lebens als auch der Arbeit. Der Beruf ist kein Selbstzweck mehr, sondern wird zunehmend als Bestandteil eines ganzheitlichen Lebenskonzepts verstanden und weniger als alleiniger Mittelpunkt der persönlichen Identität: Der Beruf muss zum persönlichen Werteverständnis passen.

Was prägt die Generationen und welche Werte resultieren daraus

Generationen	Geburts-jahrgänge	Medien	Prägendes Umfeld	Werte
Babyboomer	1950 - 1964	Zeitung / Radio	Kalter Krieg, Ölkrise 1973-79, Wirtschaftswunder	Sicherheit, Wohlstand, Familie, Loyalität, Jobsicherheit
Generation X	1965 - 1980	Zeitung / Radio / Fernsehen	Mauerfall,1989, Globalisierung, Konkurenz am Arbeitsmarkt	Unabhängigkeit, Karriere, Work-Life-Balance
Millenimals	1981 - 1996	Fernsehen / Computer, Internet	9/11, Finanzkrise 2008, Klimawandel Digitalisierung	Sinnsuche, Selbstverwirklichung, Nachhaltigkeit, Flexibilität
Generation Z	1997 - 2012	Smartphones / Social Media (YouTube, TikTok, Facebook)	Klimakrise, Corona, Fake News, Inflation, Arbeitnehmermarkt	Authentizität, mentale Gesundheit, Gerechtigkeit, digitale Vernetzung
Generation Alpha	2013 - 2029	Smartphone, Instagram / TikTok ChatGPT, KI / WhatsApp	Klimakrise, Corona, ChatGPT, KI, Geopolitische Unsicherheiten	Technologiekompetenz, Selbstentfaltung, Individualität

© EMA GmbH

Kernwerte und Erwartungen

Zu den zentralen Erwartungen der Generation Z zählen:
- Sinnorientierung: Tätigkeiten sollen gesellschaftliche und/oder ökologische Relevanz besitzen.
- Work-Life-Balance: Freiräume zur Selbstverwirklichung sind essenziell.
- Nachhaltigkeit: Unternehmen werden zunehmend auch nach ökologischen und sozialen Kriterien bewertet.
- Diversität: Unterschiedlichkeit wird nicht nur akzeptiert, sondern gelten als zentrale gesellschaftliche Werte.
- Autonomie: Einflussmöglichkeiten auf Arbeitszeit, -ort und -gestaltung werden erwartet und sind evident.
- Partizipation: Offene Kommunikation statt Top-Down-Strukturen sowie flachere Hierarchiestufen werden bevorzugt.
- Feedbackkultur: Kontinuierliche Rückmeldung wird als wichtiges Instrument der persönlichen und beruflichen Weiterentwicklung betrachtet.

Gerade in der Logistikbranche, in der traditionelle Arbeitsstrukturen häufig noch stark präsent sind, können diese Erwartungen zu Anpassungsbedarf in Organisationsstrukturen und flexiblen Arbeitsmodellen führen. Die klassische 5-Tage-Woche oder starre Arbeitszeiten stoßen bei vielen jungen Menschen auf Ablehnung. Homeoffice, Remote Work und digitale Tools zur Zusammenarbeit sind daher keine „Extras" mehr, sondern Grundvoraussetzung für Attraktivität als Arbeitgeber.

DIGITALE KOMPETENZEN ALS CHANCE FÜR DIE LOGISTIK

Trotz (oder gerade wegen) ihrer veränderten Erwartungen bringt die Generation Z wertvolle Fähigkeiten und Kompetenzen mit, die für die zukünftige Entwicklung der Logistikbranche von großer Bedeutung sein werden. Als sogenannte Digital Natives verfügen sie über eine hohe Selbstverständlichkeit im Umgang mit digitalen Technologien und digitalen Kommunikationsformen, die in der Logistik zunehmend dringlich benötigt werden:
Zu den relevanten Stärken zählen insbesondere:
- Hohes digitales Denken und Kompetenz sowie technologische Affinität.
- Offenheit gegenüber Innovationen und neuen Arbeitsmethoden: Neue Tools, Apps und Prozesse werden schnell angenommen und verinnerlicht.
- Veränderungsfreude: Bereitschaft zur kritischen Reflexion bestehender Strukturen stellen kein Problem dar, sondern sind Motivationsgeber.
- Präferenz für projektorientiertes und agiles Arbeiten: Projektarbeit mit konkreten Zielen in agilen Teams sind die neue Stärke.
- Kurze Entscheidungswege: Pragmatische und schnelle Lösungen mit hoher Anpassungsfähigkeit an neue Systeme und Prozesse

Diese Eigenschaften liefern insbesondere im Kontext der digitalen Transformationsprozesse, der Einführung neuer Technologien sowie der Optimierung logistischer Prozesse oder eines Relaunch eingefahrener Strukturen wertvolle Impulse.

GENERATIONSÜBERGREIFENDE ZUSAMMENARBEIT: DER SCHLÜSSEL ZUM ERFOLG

In vielen Unternehmen der Logistikbranche arbeiten derzeit mehrere Generationen parallel zusammen, darunter Babyboomer, Generation X, Generation Y sowie Generation Z. Jede dieser Generationen bringt ihre eigenen Werte, Kompetenzen und Perspektiven ein.

Eine erfolgreiche Zusammenarbeit setzt voraus, dass diese Unterschiede nicht als Konfliktpotenzial, sondern als Komplementarität verstanden werden. Während ältere Generationen häufig über umfangreiche Erfahrungswerte, Branchenkenntnisse und strategische Perspektiven verfügen, bringt die Generation Z insbesondere digitale Kompetenzen sowie neue Denkansätze in Organisationen ein.

Für eine erfolgreiche generationsübergreifende Miteinander lassen sich mehrere Erfolgsfaktoren identifizieren:
- Förderung eines offenen Dialogs zwischen den Generationen
- Austausch auf Augenhöhe statt Konfrontation
- Etablierung von Mentoring-Programmen, einschließlich Reverse Mentoring
- Transparente Kommunikation und gemeinsames Zielverständnis
- Integration neuer Ideen bei gleichzeitiger Wertschätzung der Erfahrung älterer Generationen

Eine lernorientierte Unternehmenskultur, die Experimentierfreude und kontinuierliche Weiterentwicklung unterstützt, kann dabei einen entscheidenden Beitrag zur Innovationsfähigkeit von Unternehmen leisten.

Zum wesentlichen Wettbewerbsvorteil wird eine lernbereite Unternehmenskultur, die Fehler erlaubt und Neugier fördert. In einer hochdynamischen Branche wie der Logistik ist es entscheidend, Denkweisen zu integrieren, die flexibel, digital und zukunftsgerichtet sind – genau hier liegt die Stärke der Generation Z. Ihre Werte, Erwartungen und Kompetenzen unterscheiden sich teilweise deutlich von denen früherer Generationen. Gleichzeitig können gerade diese Unterschiede wichtige Impulse für Innovation und Transformation liefern.

Unternehmen, denen es gelingt, eine produktive Zusammenarbeit zwischen den Generationen zu fördern, profitieren nicht nur im Hinblick auf die Fachkräftegewinnung, sondern auch im Rahmen der organisatorischen Weiterentwicklung. Die Fähigkeit, unterschiedliche Perspektiven zu integrieren und eine gemeinsame Lernkultur zu etablieren, wird damit zu einem zentralen Erfolgsfaktor in einer zunehmend dynamischen und digitalisierten Logistikbranche.

Die Zukunft gehört jenen Organisationen, die nicht nur „Multigenerationenbetriebe“ sind, sondern ein echtes Miteinander schaffen: **Fördern und Integration des andersartigen und innovativen Denkens und Handelns innerhalb einer sich hoch-dynamisch verändernden Welt!**

Bernd Kratz
Geschäftsführender Gesellschafter
EMA GmbH - Executive Management Advisors

I.N.T.E.R.V.I.E.W

Stephan Doppelhammer
Hauptgeschäftsführer des Landesverbands Bayerischer Transport- und Logistikunternehmen (LBT) e. V.

Der LBT setzt sich seit 80 Jahren für die Transport & Logistik Branche ein. Wenn einem Verband über 1.000 Mitglieder den Rücken stärken, muss vieles richtig gemacht werden. Was zeichnet aus den LBT aus deiner Sicht aus?

Der LBT steht seit über 80 Jahren für Verlässlichkeit, Praxisnähe und eine starke Interessenvertretung des Mittelstands in der Transport- und Logistikbranche. Was ihn besonders auszeichnet, ist die enge Verbindung zu seinen Mitgliedern: Die Themen kommen direkt aus der Praxis und werden konsequent in politische und wirtschaftliche Entscheidungsprozesse eingebracht. Zudem bietet der Verband nicht nur Lobbyarbeit, sondern auch konkrete Unterstützung im Tagesgeschäft – von Beratung bis Weiterbildung. Diese Kombination aus Nähe, Kompetenz und Durchsetzungskraft schafft Vertrauen und erklärt die breite Mitgliederbasis.

Pünktlich zum Jubiläum hat der LBT in seiner Mitgliederversammlung einen neuen Namen und ein neues Logo – BGL Bayern – beschlossen. was waren die Gründe hierfür, was möchte der Verband dadurch erreichen?

Die Umbenennung zu „BGL Bayern“ ist ein strategischer Schritt, um die Zugehörigkeit und die inhaltliche Ausrichtung klarer sichtbar zu machen. Ziel ist es, die Verbindung zur Bundesebene zu stärken und gleichzeitig die regionale Verankerung in Bayern hervorzuheben. Ein modernes Erscheinungsbild trägt zudem dazu bei, den Verband zukunftsfähig zu positionieren, neue Mitglieder anzusprechen und die Wahrnehmung in Politik und Öffentlichkeit zu schärfen. Es geht also um Klarheit, Wiedererkennbarkeit und eine stärkere Stimme nach außen.

Was sind aus Sicht des BGL Bayern Chancen wie Herausforderungen für die Transport & Logistik-Branche in den kommenden 5-10 Jahren?

Die Branche steht vor einem tiefgreifenden Wandel. Zu den größten Herausforderungen zählen der Fahrermangel, steigende Kosten, regulatorischer Druck sowie die Transformation hin zu klimafreundlichen Antrieben. Gleichzeitig liegen große Chancen in der Digitalisierung, effizienteren Prozessen, neuen Geschäftsmodellen und nachhaltigen Transportlösungen. Unternehmen, die flexibel bleiben und Innovationen aktiv nutzen, können sich klar im Wettbewerb positionieren.

Werden Verbände aus deiner Sicht auch in Zukunft erforderlich sein, was sollte einen Verband auszeichnen, um seine Mitglieder in die Zukunft begleiten zu können?

Ja, mehr denn je. Die Komplexität der Rahmenbedingungen nimmt stetig zu – sei es durch Regulierung, technologische Entwicklungen oder internationale Märkte. Ein starker Verband bündelt Interessen, verschafft Gehör und unterstützt seine Mitglieder bei der Orientierung. Entscheidend ist dabei, dass ein Verband modern aufgestellt ist: Er muss schnell reagieren, transparent kommunizieren und echten Mehrwert bieten – sowohl strategisch als auch operativ.

Was möchtest Du bzw. Ihr den politischen Entscheidungsträgern für die aktuelle Situation in Transport & Logistik mit auf dem Weg geben?

gezielte Investitionen in Infrastruktur sowie alternative Antriebstechnologien. Wichtig ist auch, die Branche aktiv in Entscheidungsprozesse einzubinden, um realistische und wirksame Lösungen zu entwickeln.

Von der Abwasserspeicherung zur On-Board-Behandlung

Biologische Abwassertechnik im Schienenverkehr

Die Abwasserbehandlung in Schienenfahrzeugen folgt seit Jahrzehnten einem etablierten Prinzip: Abwasser wird in Sammeltanks gespeichert und in regelmäßigen Intervallen an Servicepunkten abgesaugt. In modernen Flotten erfolgt diese Entleerung typischerweise alle ein bis drei Tage. Dieses Konzept ist technisch bewährt, erfordert jedoch kontinuierliche Entsorgungslogistik, entsprechende Infrastruktur und abgestimmte Depotprozesse.

Mit steigenden Anforderungen an Verfügbarkeit, Effizienz und Ressourcennutzung rückt daher eine alternative Betrachtung in den Fokus: die Behandlung des Abwassers direkt an Bord des Fahrzeugs. Dieser Ansatz verlagert die Abwassertechnik von einer reinen Speicher- und Entsorgungslogik hin zu einem integrierten Prozess innerhalb des Fahrzeugbetriebs.

TECHNISCHES PRINZIP DER ON-BOARD-BEHANDLUNG

Der Protec Bioreaktor kombiniert ein konventionelles Toilettensystem mit einer integrierten biologischen Behandlung des Abwassers. Das System arbeitet in mehreren aufeinander abgestimmten Prozessschritten.

Zunächst werden feste Bestandteile mechanisch separiert und zurückgehalten. Diese Feststoffe werden stabilisiert und alle 2-6 Monate im Rahmen regulärer Depotwartungen entsorgt.
Die flüssige Phase durchläuft anschließend eine aerobe biologische Behandlung, bei der organische Inhaltsstoffe mikrobiologisch abgebaut werden.

Im letzten Schritt erfolgt eine thermische Hygienisierung, sodass das behandelte Wasser definierte hygienische Anforderungen erfüllt, bevor es abgegeben wird. Der gesamte Prozess arbeitet ausschließlich mit biologischen und physikalischen Verfahren und kommt ohne chemische Zusätze aus.

Da das behandelte Wasser während des Betriebs aus dem Fahrzeug abgeführt wird, reduziert sich die Menge des im Fahrzeug gespeicherten Abwassers deutlich. Dadurch reduziert sich auch die Menge des im Fahrzeug gespeicherten Abwassers.

Abbildung 1 zeigt den schematischen Aufbau eines solchen integrierten Protec Bioreaktors. Der Reaktor ist kompakt in das Fahrzeug eingebunden und arbeitet kontinuierlich, ohne den Fahrgastbetrieb zu beeinflussen.

Abb. 1: Innenliegender Protec Bioreaktor.
© protec bioReactor

INTEGRATION IN MODERNE SCHIENENFAHRZEUGE

Die Integration biologischer Behandlungssysteme kann je nach Fahrzeugkonzept unterschiedlich erfolgen. Häufig wird das System im Innenraum hinter der Toilettenkabine installiert und nutzt damit den Bauraum eines konventionellen Sammeltanks. Alternativ ist eine Unterflurinstallation möglich, etwa bei Fahrzeugmodernisierungen oder wenn im Innenraum nur begrenzter Platz zur Verfügung steht. Zusätzliche Isolierung und Heizmatten gewährleisten dabei auch unter extremen klimatischen Bedingungen eine stabile Prozessführung.

Die Behandlungskapazität wird an das jeweilige Einsatzprofil angepasst. Entsorgungsintervalle können je nach Betriebskonzept zwischen zwei und sechs Monaten liegen.

AUSWIRKUNGEN AUF BETRIEB UND INFRASTRUKTUR

Der Unterschied zwischen biologischer Behandlung und konventionellen Sammelsystemen zeigt sich besonders bei den Entsorgungsintervallen. Während Sammeltanks in der Regel alle ein bis drei Tage entleert werden müssen, erfolgt die Entleerung biologischer Systeme typischerweise nur etwa einmal pro Quartal.

Bei einer Flotte mit 100 Toiletten entstehen bei biologischer Behandlung etwa 400 Entleerungen pro Jahr. Ein konventionelles Tanksystem würde unter vergleichbaren Bedingungen rund 12.000 Entleerungsvorgänge erfordern.
Diese Differenz reduziert den Bedarf an Infrastruktur, Personal und Energie erheblich und verringert gleichzeitig die Abhängigkeit von Entsorgungsstationen entlang des Netzes.

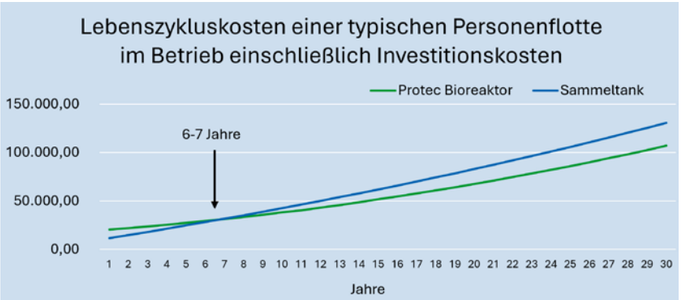


Abb. 2: Effizienz Beispiel. © protec bioReactor

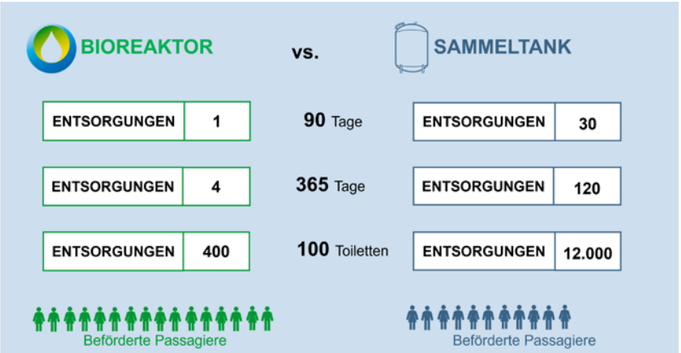


Abb. 3: Lebenszykluskosten. © protec bioReactor

Abbildung 2 zeigt beispielhaft, wie sich die Anzahl der Entleerungen über 1 Jahr hinweg unterscheidet. Während ein reines Tanksystem regelmäßig entleert werden muss, reduziert ein biologisches System diese Vorgänge deutlich. Entscheidend ist nicht der einzelne Vorgang, sondern die Summe über Jahre.

AUSWIRKUNGEN AUF BETRIEBSKOSTEN UND LEBENSZYKLUS-BETRACHTUNG

Auch wirtschaftlich verändert sich die Systemlogik. Konventionelle Systeme verursachen über ihre Lebensdauer vor allem laufende Kosten durch häufige Entleerungen, Transportprozesse und externe Abwasserbehandlung.
Bei biologischen Systemen verlagert sich der Schwerpunkt stärker auf planbare Wartung und kontinuierliche Prozessstabilität. Die zusätzlichen technischen Komponenten werden dabei häufig durch geringere Entsorgungslogistik, reduzierte Arbeitsaufwände und niedrigere Infrastrukturabhängigkeiten ausgeglichen.

Wie Abbildung 3 verdeutlicht, summieren sich selbst kurze Entleerungsprozesse über 30 Jahre zu tausenden Arbeitsstunden pro Fahrzeug. Neben Personal fallen Infrastruktur-, Entsorgungs- und Organisationsaufwände an.

Ein biologisches System verschiebt diese Struktur. Der Prozess läuft kontinuierlich im Fahrzeug. Wiederkehrende Entleerungsvorgänge nehmen ab. Dadurch sinken nicht nur direkte Kosten, sondern auch indirekte Aufwände wie Disposition, Umlaufreserven und Depotbelastung.

Abwassertechnik wird damit zu einer klaren Lebenszyklus-Frage – nicht nur zu einer hygienischen Notwendigkeit.

LANGJÄHRIGE PRAXISERFAHRUNG

Seit über 30 Jahren werden Bioreaktoren für Schienenfahrzeuge bei der AKW A+V Protec Rail GmbH entwickelt und produziert. Praxiserfahrung aus unterschiedlichen Einsatzbereichen zeigen: Entscheidend ist nicht nur der biologische Prozess selbst, sondern seine zuverlässige Integration in bestehende Fahrzeugkonzepte und Betriebsabläufe.

Im Schienenverkehr wurde die Technologie kontinuierlich weiterentwickelt – mit Fokus auf Robustheit, Wartungsfreundlichkeit und langfristige Betriebssicherheit.

Dabei steht nicht das einzelne Bauteil im Mittelpunkt, sondern die Systemwirkung über die gesamte Lebensdauer eines Fahrzeugs.

FAZIT

Die Behandlung von Toilettenabwasser direkt an Bord verändert die Systemlogik der Abwassertechnik im Schienenverkehr. Aus einer reinen Speicher- und Entsorgungsstrategie wird ein integrierter Prozess innerhalb der Fahrzeugtechnik.

Die Erfahrungen der vergangenen drei Jahrzehnte zeigen, dass biologische On-Board-Abwasserbehandlung technisch zuverlässig und betrieblich praktikabel ist. Mit zunehmendem Fokus auf Infrastrukturabhängigkeit und Ressourceneffizienz gewinnt dieser Ansatz zunehmend an Bedeutung für zukünftige Fahrzeugkonzepte.

Benjamin List
Vertrieb / Sales Manager
protec bioReactor

Test Early, Fail Fast?

So testen Sie die Software von Bahnsystemen, bevor es teuer wird

Systeme aus der Bahntechnik müssen zuverlässig und fehlerfrei funktionieren. Deshalb fordern Normen wie die CENELEC EN 50716 strenge Teststrategien. Häufig findet der erste vollständige Systemtest jedoch erst bei der Hardwareintegration oder sogar erst im Feld statt. Eine vorherige, ausführliche Verifizierung der einzelnen Komponenten kommt dabei oft zu kurz. Aber wie sieht eine bessere Teststrategie aus?

Falls Fehler erst in späten Systemtests gefunden werden, ist das Lokalisieren der Ursache im Gesamtsystem sehr viel schwieriger als in früh durchgeführten Komponententest. Es gibt einfach zu viele potenzielle Fehlerquellen: eine falsche Verkabelung, ein Bug in der Software oder eine falsche Interpretation der Anforderungen. Liegt der Fehler beispielsweise in der Software, muss der Bug behoben und der neue Softwarestand auf die zu testende Hardware aufgespielt werden. Das ist zeit- und kostenintensiv, da der Hardwareintegrationstest bis dahin warten muss.

Bei missverständlichen Anforderungen kann es sogar sein, dass die Hardware neu konzipiert werden muss. Werden diese Fehler früher gefunden, reduzieren sich Aufwände und damit Kosten drastisch. Die beste Lösung ist folglich, deutlich früher in der Entwicklung mit dem Systemtest zu beginnen. Hierzu gibt es mehrere Ansätze.

UMGEBUNGSSIMULATION

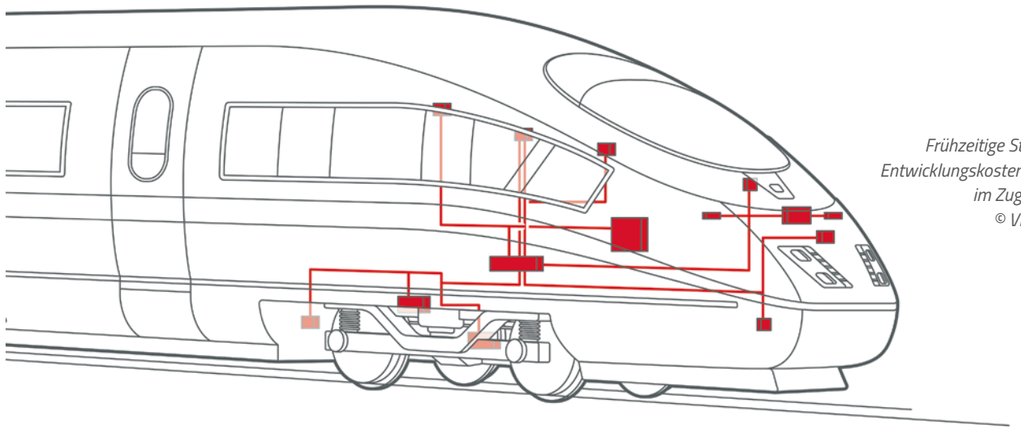
Wird ein System nur gegen seine realen Schnittstellen getestet, bleibt die Testabdeckung gering, da nur ein Bruchteil des Verhaltens überprüft wird. Insbesondere das Verhalten im Fehlerfall ist nur schwierig abbildbar, wenn zum Beispiel ein echtes Stellwerk als Gegenstelle verwendet wird, um einen Object Controller zu testen. Das echte Stellwerk wird versuchen, sich immer richtig zu verhalten und nur korrekte Nachrichten an den Object Controller zu senden. Es muss aber auch überprüft werden, ob das zu testende System protokollkonform auf falsche Nachrichten reagiert. Dazu müssen solche fehlerhaften Nachrichten gezielt erzeugt werden. Im Gegensatz zu einem echten Stellwerk lässt sich das mit einer Simulation leicht realisieren.

Neben funktionalen Tests sind auch Security-Tests mit realen Systemen schwierig realisierbar: Fuzz- und Penetration-Tests funktionieren nur, wenn sich Nachrichten beliebig verändern lassen. Durch die Simulation der Systemumgebung erhält der Tester volle Kontrolle über das Verhalten der Kommunikationspartner. Fehlerinjektion und Security-Tests lassen sich dadurch leicht implementieren und die Testabdeckung steigt deutlich. Ein weiterer Vorteil: Tests laufen unabhängig davon, ob eine reale Systemumgebung bereits verfügbar ist. Das vereinfacht komplexe Testaufbauten erheblich, besonders wenn mehrere Standorte beteiligt sind.

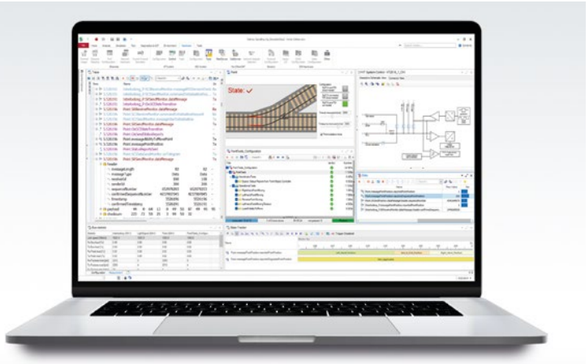
SOFTWARE-IN-THE-LOOP-TESTS

Damit Systemtests nicht erst an der fertigen Zielhardware des entwickelten Systems durchgeführt werden, bietet sich das Testen der virtualisierten Applikation an. Instrumentierte Schnittstellen in der Software erlauben den vollständigen Datenaustausch mit einem Testtool. Man spricht hier auch von Software-in-the-Loop (SIL). Dabei werden nur die Systemgrenzen im Code verändert und die Logik der Applikation bleibt erhalten.

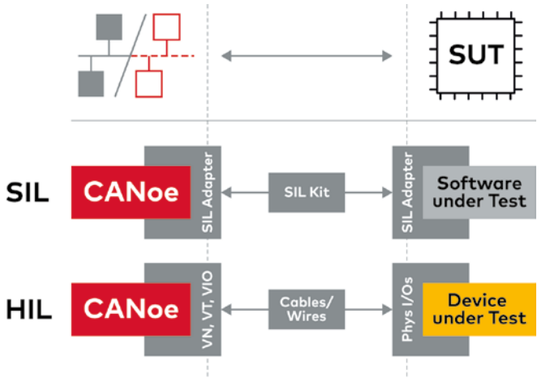
Im Gegensatz zu Unit-Tests, die nur einzelne Funktionen oder Klassen testen, erfolgen diese Tests auch auf Systemebene. Ähnlich zum Hardware-in-the-Loop (HIL) kommt auch hier eine Umgebungssimulation zum Einsatz. Dadurch lässt sich die Software von z. B. Object Controllern aus der digitalen Leit- und



Frühzeitige Steuergeräte-Tests helfen, Entwicklungskosten zu reduzieren – sowohl im Zug als auch an der Strecke. © VECTOR Informatik GmbH



Beispielhafte graphische Oberfläche von CANoe zum Testen von Bahntechnik. © VECTOR Informatik GmbH



Datenaustausch zwischen simulierten Teilnehmern in CANoe und dem zu testenden System.© VECTOR Informatik GmbH

Sicherungstechnik oder von Steuergeräten aus dem Zug bereits vor Verfügbarkeit der Hardware auf Herz und Nieren überprüfen. Da dieselben Anforderungen an das System wie im finalen End-of-Line-Test gelten, lassen sich Umgebungssimulationen und Testfälle komplett für das spätere HIL-Testen übernehmen.

Alle Komponenten, also das zu testende System und seine Umgebung, liegen virtuell vor. Damit integrieren sich die Tests leicht in einen CI/CT-Workflow. So wird das Verhalten der Software bei jeder Codeänderung automatisiert verifiziert. Jeder Fehler, der in dieser frühen Phase gefunden und korrigiert wird, tritt im späteren Hardwaretest nicht mehr auf.

TESTWERKZEUG FÜR SIL- UND HIL-TEST

Mit Umgebungssimulation und SIL-Tests werden Systeme genauer und früher getestet und präzisere Ergebnisse erzielt. Dadurch laufen sowohl der Hardwareintegrationstest als auch die Probefahrt deutlich stressfreier. Vector unterstützt diese Vorgehensweise mit dem Simulations- und Testtool CANoe. CANoe führt SIL- und HIL-Tests in einer simulierten Umgebung automatisiert durch. So lassen sich Produkte aus der Bahntechnik deutlich früher, effizienter und effektiver validieren.

Wie die DB InfraGO Abnahmetests von Komponenten der Leit- und Sicherungstechnik mit CANoe automatisiert, erfahren Sie hier: www.vector.com/railway.

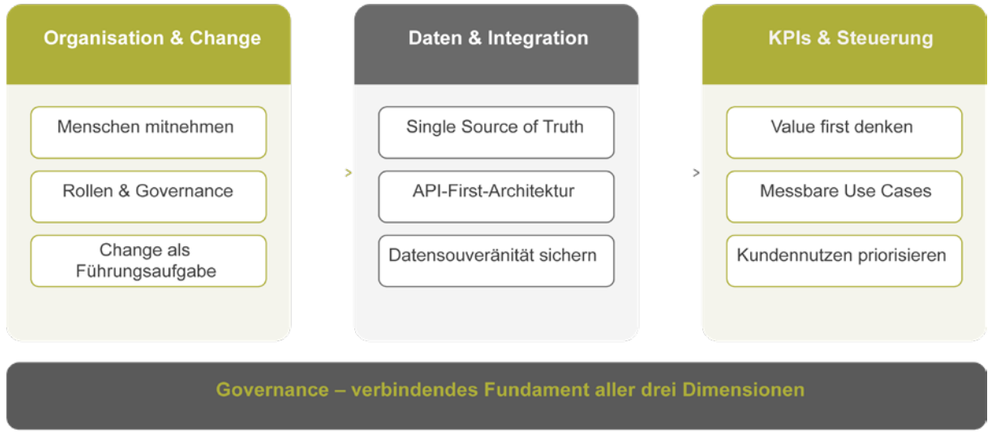
Dr. Mario Winkler
Software Development Engineer
VECTOR Informatik GmbH

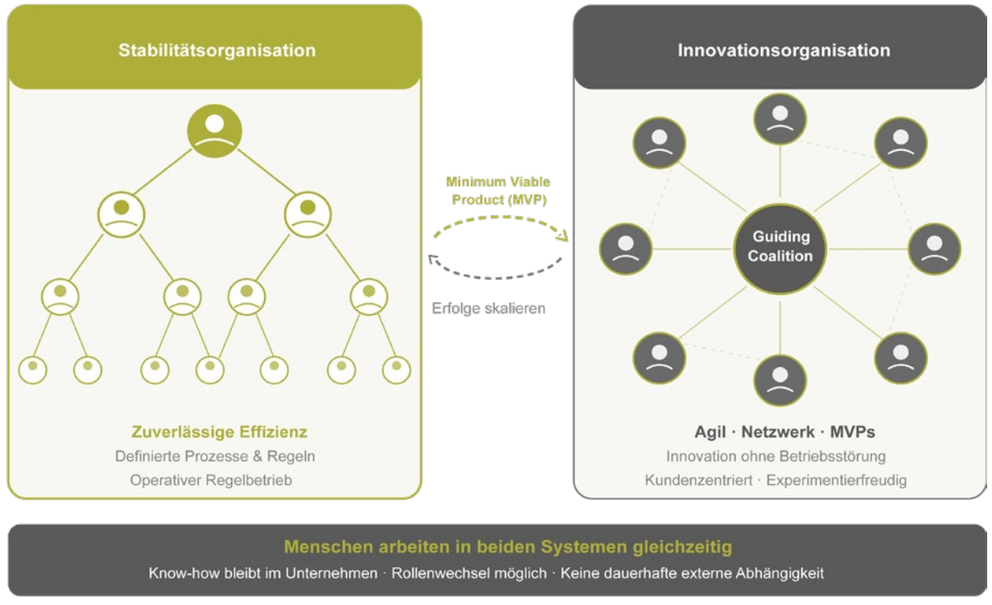
Die Technologie ist nicht das Problem. Nie war sie das.

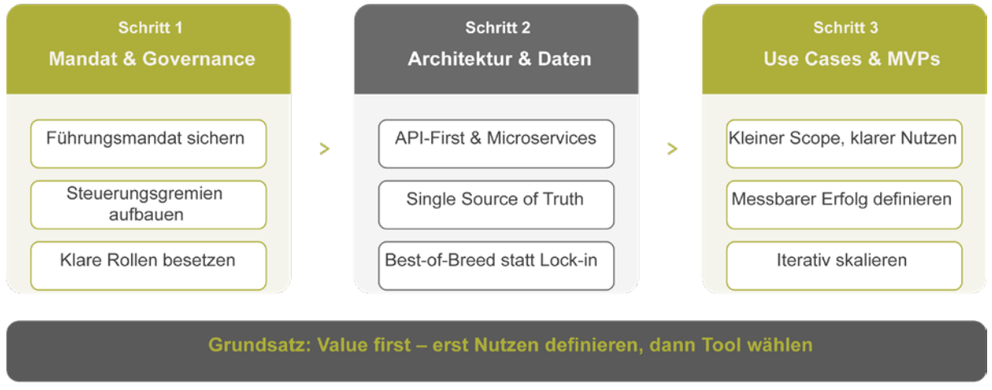
Warum digitale Transformation in der Logistik so oft scheitert – und worauf es in der Praxis wirklich ankommt.

Unternehmen in der Logistik investieren in neue Systeme, digitale Plattformen und erste KI-Anwendungen. Die Bereitschaft ist da, ebenso die Technologie. Und doch bleibt der große Durchbruch oft aus. Nicht, weil die Tools ungeeignet wären. Sondern weil die Voraussetzungen im Unternehmen nicht mitwachsen.

Die BVL-Studie „Trends und Strategien 2025/26" zeigt: Trotz hoher Investitionen steigt der tatsächliche Reifegrad digitaler Transformation nur langsam. Rund 30 Prozent der Unternehmen schätzen ihren Digitalisierungsstand als hoch ein, 54 Prozent nennen mangelnde Datenqualität als größte Hürde. Gleichzeitig planen mehr als 80 Prozent den Einsatz von KI – viele Projekte bleiben jedoch in der Pilotphase stecken.







© Crest Digital GmbH

Die eigentliche Herausforderung liegt deshalb selten in der Technologie selbst. Sie liegt in der Organisation, in fehlender Datenbasis, in unklaren Verantwortlichkeiten und in mangelnder Steuerung. Viel Aktivität bedeutet noch keinen echten Fortschritt.

WARUM TRANSFORMATIONSPROJEKTE SCHEITERN

Ob Logistik, Automotive oder Healthcare: Die Branchen unterscheiden sich, die Muster des Scheiterns ähneln sich stark.

Ein häufiger Fehler ist, dass Unternehmen mit der Tool-Auswahl beginnen, bevor Ziele, Prozesse und Rollen geklärt sind. Dann trifft ein neues TMS auf gewachsene Abläufe, uneinheitliche Zuständigkeiten und fehlende Prioritäten. Nicht die Software scheitert zuerst, sondern der organisatorische Rahmen.

Ebenso kritisch ist der Umgang mit Veränderung. Neue Systeme erzeugen Reibung, wenn der Wandel nur angekündigt, aber nicht gestaltet wird. Mitarbeitende müssen verstehen, warum etwas verändert wird, was es für ihren Alltag bedeutet und welchen Beitrag sie selbst leisten. Akzeptanz entsteht nicht durch Kommunikation allein, sondern durch Beteiligung, Orientierung und Führung.

Hinzu kommt ein drittes Problem: Silos bleiben bestehen. Einzelne Bereiche digitalisieren isoliert, Daten und Prozesse enden an Bereichsgrenzen. Gerade in der Logistik ist das teuer.

WORAUF ES WIRKLICH ANKOMMT

Nachhaltige Transformation gelingt nur dann, wenn drei Dimensionen zusammenwirken: Organisation und Change, Daten und Integration sowie KPIs und Steuerung.

Erstens: Führung und Governance. Transformation ist Führungsarbeit. Rollen müssen klar besetzt, Entscheidungen verbindlich getroffen und Change als Teil der Unternehmensführung verstanden werden.

Zweitens: Daten und Integration. Daten sind die Grundlage jeder digitalen Wertschöpfung und jeder skalierbaren KI-Anwendung. Wer seine Daten nicht kennt, nicht strukturiert und nicht integriert, kann weder Prozesse intelligent steuern noch belastbare Automatisierung aufbauen.

Drittens: Nutzen und Steuerung. Jede Initiative braucht vor dem Start klare Erfolgskriterien. Nicht das innovativste Tool sollte im Vordergrund stehen, sondern der Anwendungsfall mit dem größten konkreten Nutzen.

Wie das in der Praxis aussieht, zeigt ein internationaler Logistikdienstleister mit Standorten in Europa und Asien. Ausgangspunkt waren mehrere TMS-Systeme ohne Middleware, fragmentierte Daten, hohe Dienstleisterabhängigkeit und geringer Automatisierungsgrad. Der Unterschied entstand nicht zuerst durch Technologie, sondern durch einen klaren Ordnungsrahmen: Projektaufbauorganisation, Steering Committee, Zielarchitektur und eine Umsetzung in kleinen, messbaren Schritten.

Die DEEP Platform bietet dafür ein übertragbares Zielbild: ein architektonischer Ansatz für eine modulare, API-basierte Architektur, die Legacy-Systeme, Microservices, Orchestrierung, Prozesse und KI wirksam miteinander verbindet – skalierbar, integrierbar und konsequent nach dem Prinzip Human in the Loop aufgebaut.

WAS DARAUS FOLGT

Die Logistikbranche verändert sich strukturell. Papierbasierte Prozesse verschwinden, operative Arbeit wird software- und datenbasiert, und KI eröffnet neue Möglichkeiten in Planung, Steuerung und Entscheidungsunterstützung. Das Erfahrungswissen von Mitarbeitenden wird dadurch nicht ersetzt, sondern wirksamer gemacht.

Der richtige Zeitpunkt, sich auf den Weg zu machen, ist jetzt. Nicht, weil sofort alles perfekt sein muss. Sondern weil Transformation vor allem Lernfähigkeit verlangt – und diese lässt sich nicht beliebig aufholen.

Der erste Schritt muss nicht groß sein. Aber er sollte klar sein: ein konkreter Anwendungsfall, ein messbarer Nutzen und eine Führung, die den Wandel sichtbar trägt.

Denn am Ende gilt: Viel Bewegung schafft noch keinen Wert. Aber wer Digitalisierung konsequent an Nutzen, Struktur und Umsetzung ausrichtet, kann genau diesen Wert realisieren.

Toralf Feuchtenhofer
Gründer
Crest Digital GmbH

Welche Skills morgen zählen: Future Skills für Studium und Beruf

Ein Leben ohne Lernen ist kaum vorstellbar. Der Mensch ist untrennbar mit Lernprozessen verbunden (vgl. [ER 25, S.16], [JA 09, S.9-18]). Insbesondere im Kontext einer zunehmend wissensbasierten Arbeitswelt gewinnt lebenslanges Lernen an Bedeutung, um mit stetigen Veränderungen und den Megatrends unserer Zeit Schritt zu halten (vgl. [PA 24, S.3]).

Aber welche Kompetenzen benötigen wir in den nächsten Jahren? In der Forschung wird dies unter dem Begriff Future Skills diskutiert. **Future Skills** haben somit einen zentralen Stellenwert im Studium und der Arbeitswelt, da sie Studierende und Beschäftigte befähigen, den technologischen und gesellschaftlichen Wandel aktiv mitzugestalten.

In der Literatur gibt es eine Vielzahl von Definitionen und Frameworks. Häufig verwendet wird das Future-Skills-Framework des Stifterverbands [RAMA 2025, S.8]). Dort werden folgende Zukunftskompetenzen unterschieden:

- **Technologische Zukunftskompetenzen**
  bezeichnen spezialisierte Kompetenzen in Schlüsseltechnologien, die für wirtschaftliche Entwicklung, Sicherheit und Wettbewerbsfähigkeit entscheidend sind. Sie ermöglichen die Entwicklung, Steuerung und verantwortungsvolle Nutzung komplexer technologischer Systeme sowie die Gestaltung technologischer Innovationen, etwa in Bereichen wie Data Science, autonomen Systemen, KI und Cybersicherheit (vgl.[RAMA 2025, S.8]).

- **Transformative Zukunftskompetenzen**
  fokussieren sich auf die aktive Gestaltung von Wandel, Nachhaltigkeit und Innovation aus. Sie befähigen dazu, komplexe Systeme zu verstehen, mit Unsicherheit umzugehen und nachhaltige, visionäre Lösungen für zukünftige Herausforderungen zu entwickeln (vgl.[RAMA 2025, S.8]).

- **Gemeinschaftsorientierte Zukunftskompetenzen**
  beschreiben die Fähigkeit, gemeinsam mit anderen Herausforderungen zu bewältigen und verantwortungsvoll in einer diversen, demokratischen Gesellschaft mitzuwirken. Als Grundlage werden Dialog, Beteiligung und Verantwortung betont (vgl.[RAMA 2025, S.8]).

- **Digitale Zukunftskompetenzen**
  meinen den souveränen und kritischen Umgang mit digitalen Informationen, Daten und Technologien. Sie stellen die sichere Nutzung und Bewertung von digitalen Medien und Daten sowie die ethische und kompetente Einsetzung von Künstlicher Intelligenz sicher (vgl.[RAMA 2025, S.8]).

- Die Basis bilden die **grundlegenden Zukunftskompetenzen.** Diese bezeichnen ein allumfassendes Fundament zeitloser Kompetenzen, auf denen alle anderen Future Skills aufbauen. Sie ermöglichen effektive Kommunikation, Lernen, kritisches Denken sowie kreatives und reflektiertes Handeln (vgl. [RAMA 2025, S.8]).

Im Studium sind Lernkompetenzen, die Bestandteil der grundlegenden Future Skills sind, besonders wichtig. Darunter wird die Fähigkeit verstanden, das eigene Lernen selbstständig zu organisieren, weiterzuentwickeln und an neue Anforderungen anzupassen. Dazu gehört auch, neue Medien und digitale Technologien effektiv und selbstbestimmt zu nutzen. Eine selbstbestimmte Nutzung kann es aber nur mit einer kritischen Distanz und einem reflektierten Umgang mit digitalen Inhalten geben.

Aus Sicht der Autorengruppe ist im aktuellen beruflichen Kontext der Future Skill Change Management & AI Leadership, eingeordnet unter den technologischen Kompetenzen, besonders relevant. Hierunter wird die Fähigkeit verstanden, KI-getriebene Veränderungsprozesse strategisch zu gestalten. Das bedeutet, Menschen und Organisationen kompetent durch Transformation zu führen und Akzeptanz, Nutzung sowie nachhaltige Wirkung sicherzustellen.

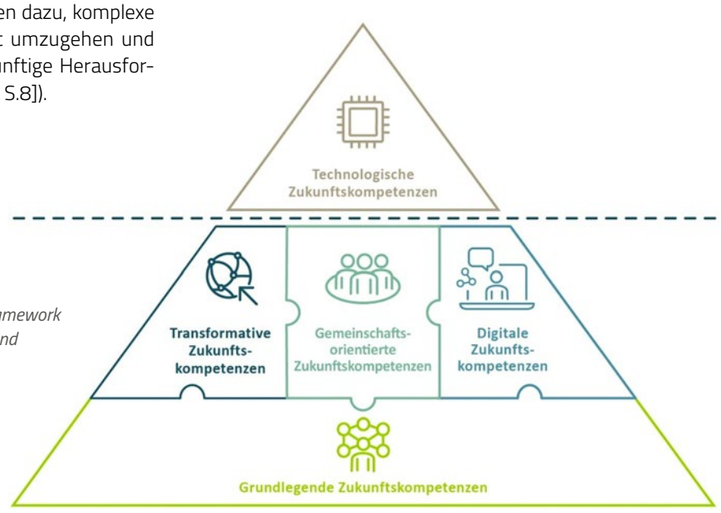


Abb. 1: Future Skills Framework 2030 vom Stifterverband [RAMA 2025, S.8]
© OTH Regensburg

Um nun von der Theorie in die Praxis überzugehen, braucht es mutige, vorwärtsgerichtete Lehrkonzepte. Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAW) bieten hierfür eine geeignete Plattform, weil dort Studium und Berufspraxis eng miteinander verzahnt sind. Ein solcher Innovationsraum ist auch die OTH Regensburg, eine Hochschule für angewandte Wissenschaften mit aktuell ca. 11.000 Studierenden und seit 2013 mit dem Titel „Technische Hochschule" ausgezeichnet (vgl.[OS 2026a, letzte Prüfung am: 20.03.2026]). An der OTH Regensburg haben Expertinnen und Experten ein eigenes Future-Skills-Framework definiert, das u. a. im Rahmen des Projektes OTHorizont in der Lehre verankert wird (vgl.[OS 2026a, letzte Prüfung am: 20.03.2026]). Die für die OTH Regensburg besonders relevanten Future Skills wurden in diesem Framework in drei Bereiche kategorisiert, die in Abbildung 2 gezeigt werden.

Doch wie verhält es sich mit Personen, die ihr Studium bereits abgeschlossen haben und mitten im Berufsleben stehen? Sind diese Future Skills auch für solche Personen relevant, die bereits fest in Unternehmensstrukturen etabliert sind?

Für diese Personengruppe bietet an der OTH Regensburg das Zentrum für Weiterbildung und Wissensmanagement (ZWW) ein umfangreiches Weiterbildungsangebot an und ermöglicht somit neue Möglichkeiten beruflicher Entwicklung. Die berufsbegleitenden Fortbildungen an der OTH Regensburg haben eine anerkannt hohe Qualität und finden in einem reizvollen Lernumfeld statt. Im Fokus steht dabei die praktische Verwertbarkeit der Lerninhalte sowie der individuellen Vorkenntnisse der Teilnehmenden.

Eine gesamte Zusatzausbildung neben Beruf und Alltag klingt für manche zunächst abschreckend. Um nachhaltig lebenslanges Lernen voranzutreiben, fördert die EU daher sogenannte Microcredentials (vgl. [OE 21, S.4]. Dies sind inhaltlich fokussierte, kurzformatige Lerneinheiten mit Leistungsnachweis. Sie vermitteln im Sinne des lebenslangen Lernens spezifische, persönlichkeitsbildende und berufsrelevante akademische Kompetenzen und tragen gezielt zur Schließung von Kompetenzlücken bei. Als eigenständige Qualifikationsnachweise ergänzen sie in der Bildungslandschaft bestehende Bildungsabschlüsse um die Möglichkeit, kleinere, modularisierte Lernergebnisse sichtbar und nachvollziehbar auszuweisen (vgl. [OS 2025, S.2]).

Im Kontext von Future Skills werden am Zentrum für Weiterbildung und Wissensmanagement die Microcredentials „Future Skills for Business Professionals" und „Technology Skills for Business Professionals" angeboten. Beide Microcredentials sind im Blended Learning Format organisiert, d. h. es werden Online-Selbstlernphasen mit Präsenz-Übungen an der OTH Regensburg kombiniert. Dies ermöglicht flexibleres, zeit- und ortsunabhängiges Lernen, das gerade im berufsbegleitenden Kontext wichtig ist.

- Bei „Technology Skills for Business Professionals" erwerben Teilnehmende ohne IT-Hintergrund ein anwendungsorientiertes Technologieverständnis, um Digitalisierungsthemen im Unternehmen besser einordnen und mitgestalten zu können. Sie lernen u. a. Grundprinzipien der Programmierung anhand der Programmiersprache Python, Data Science und Datenbanken, Web-Grundlagen, Internet of Things, Prozessautomatisierung sowie die Anwendung von AI-Tools kennen – und können danach auch kleinere Projekte praktisch selbst umsetzen. Dieses Microcredential wird ab Oktober 2026 wieder angeboten (vgl. [OS 2026b, letzte Prüfung am: 20.03.2026]).

- Im Microcredential „Future Skills for Business Professionals" erwerben Teilnehmende praxisnahe Kompetenzen, um digitale Transformation und Innovationsprozesse im Berufsalltag aktiv zu gestalten – mit Fokus auf agiles Arbeiten, Design Thinking, User Centered Design und digitale Zusammenarbeit mit passenden Tools. In Challenges und einem Teamprojekt wenden sie das Gelernte direkt an und entwickeln eine eigene Idee, die sie am Ende auch pitchen. Das Microcredential „Future Skills for Business Professionals" wird im Frühjahr 2027 wieder angeboten (vgl. [OS 2026b, letzte Prüfung am: 20.03.2026]).

Interessierte finden auf der Website des ZWW ein vielfältiges Angebot rund um Weiterbildungen zum lebenslangen Lernen. Dort können Sie sich einen ersten Überblick verschaffen oder gezielt nach Formaten suchen, die zu Ihren eigenen beruflichen Zielen passen. Der integrierte QR Code führt direkt zu einer Übersichtsseite, auf der Sie passenden Kurse, aktuelle Veranstaltungen sowie die richtigen Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner finden. Ein Blick lohnt sich – die Seite bietet zahlreiche Inspirationen und zeigt, wie breit und praxisnah das ZWW aufgestellt ist.

Abb. 2: Future Skills Framework der OTH Regensburg. © OTH Regensburg

Literatur

[ER 25, S.16] Erol, Ş.: Lebenslanges Lernen verstehen. Arbeitsorientierungen als Schlüssel zur beruflichen Weiterbildung. Campus Verlag, Weinheim, 2025.

[JA 09, S.9-18] Jarvis, P.: The Routledge International Handbook of Lifelong Learning. Routledge, 2009.

[OE 21, S.4] OECD EDUCATION POLICY PERSPECTIVES: Micro-credential innovations in higher education: Who, What and Why? OECD Education Policy Perspectives 39, S. 1–43, 2021.

[OS 2025, S.2] Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg: Satzung zu akademischen Microcredentials, 2025.

[OS 2026a, letzte Prüfung am: 20.03.2026] Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg: OTH Regensburg. https://www.oth-regensburg.de/, Stand: 20.03.2026.

[OS 2026b, letzte Prüfung am: 20.03.2026] Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg: Technology Skills for Business Professionals berufsbegleitend absolvieren. Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, Stand: 20.03.2026.

[PA 24, S.3] Paloma, F.G. Hrsg.: Lifelong Learning. Education for the Future World. IntechOpen, London, 2024.

[RAMA 2025, S.8] Rampelt, F. et al.: Future Skills 2030. Ein aktualisiertes Framework für Zukunftskompetenzen. Zenodo, 2025.

Prof. Dr. Ulrike Plach
Professur für Wirtschaftsinformatik & Digitale Transformation
OTH Regensburg

Manuel Glondys
M.A. Germanistik,
Projektkoordinator OTHorizont
OTH Regensburg

Kerstin Mayerhofer
M.A. Digital Humanities,
Projektmitarbeiterin OTHorizont
OTH Regensburg

Perception in der Logistik – Wenn Lieferketten sehen lernen

Wie Wahrnehmungsfähigkeit zu resilienten Supply Chains beiträgt

Lieferketten wirken stabil, solange sie funktionieren. Erst bei Störungen wird deutlich, wie anfällig sie tatsächlich sind. Verzögerungen oder Fehlbestände entstehen oft nicht durch fehlende Daten, sondern durch deren unzureichende Interpretation. Genau hier setzt Perception an.

Globale Lieferketten stehen zunehmend unter Druck, da Störungen häufiger auftreten und sich schneller ausbreiten. Geopolitische Spannungen, volatile Märkte und steigende Anforderungen an Flexibilität verstärken diese Entwicklung deutlich. Unternehmen investieren verstärkt in Digitalisierung, doch eine zentrale Herausforderung bleibt bestehen. Daten sind zwar verfügbar, werden jedoch oft nicht in einen entscheidungsrelevanten Kontext überführt.

VON DATEN ZU BEDEUTUNG

In logistischen Systemen entstehen kontinuierlich große Datenmengen aus Sensorik, Plattformen und vernetzten Prozessen. Diese Daten liefern jedoch erst dann einen Mehrwert, wenn sie interpretiert und in Beziehung gesetzt werden. Genau hier wird der Unterschied zwischen Sensing, Visibility und Perception deutlich (Abb. 1).

Sensing beschreibt die Erfassung von Zustandsdaten, während Visibility diese Informationen zugänglich macht. Beide Konzepte schaffen Transparenz, bleiben jedoch häufig auf die Darstellung von Informationen beschränkt. Perception erweitert diese Logik, indem Daten kontextbezogen bewertet und

in Handlungen überführt werden. Systeme erkennen Zusammenhänge, identifizieren Abweichungen und leiten daraus Handlungen ab.

In einem Distributionszentrum zeigt sich dies besonders deutlich. Sensoren erfassen Gewicht und Position eines Pakets. Erst Perception erkennt eine Abweichung, ordnet sie ein und stößt eine geeignete Korrektur an. So wird aus Transparenz aktive Steuerung.

TECHNOLOGISCHE GRUNDLAGE DER WAHRNEHMUNG

Die Umsetzung von Perception basiert auf der Integration mehrerer Technologien. Sensoren erfassen physische Zustände entlang der Lieferkette, während das Internet of Things diese Daten vernetzt. Durch die Zusammenführung unterschiedlicher Quellen entsteht ein konsistentes Lagebild.

Künstliche Intelligenz erkennt Muster und unterstützt die Bewertung von Entwicklungen. Digitale Zwillinge erweitern diese Fähigkeit, indem sie reale Prozesse virtuell abbilden und analysierbar machen.

REIFEGRAD UND FUNKTIONALE EINORDNUNG

Perception entwickelt sich entlang klarer Reifestufen. Frühe Phasen sind durch konzeptionelle Ansätze geprägt, die Transparenz schaffen. Aufbau- und Pilotphasen testen Technologien in begrenzten Anwendungen. Mit wachsender Reife werden Systeme integriert und Daten aktiv in Entscheidungen einbezogen. Fortgeschrittene Lösungen reagieren in Echtzeit und steuern Prozesse adaptiv.

Parallel dazu zeigt sich Perception in verschiedenen funktionalen Bereichen. Anwendungen beginnen häufig mit Transparenz und Sichtbarkeit. Darauf folgen Steuerungs- und Automatisierungslösungen. Mit zunehmender Reife gewinnen Prozessanalyse, Feedback und Entscheidungsunterstützung an Bedeutung. Risiko- und Compliance-Aspekte sichern zusätzlich die Stabilität.

EINORDNUNG AKTUELLER ANWENDUNGEN

Die Kombination aus Reifegrad und funktionalem Einsatz ermöglicht eine systematische Einordnung bestehender Ansätze (Abb. 2).

Sensing: Datenerfassung	Visibility: Echtzeitdatenzugriff	Perception: Analyse und Interpretation
• Systematische Erfassung von Daten durch sensorbasierte Systeme • Abbildung des aktuellen Zustands logistischer Prozesse und Lieferketten	• Kontinuierliche und unmittelbare Verfügbarkeit relevanter Logistikdaten • Grundlage für zeitnahe und evidenzbasierte Entscheidungsprozesse	• Kontextbezogene Analyse und Interpretation erfasster Daten • Ableitung handlungsrelevanter Erkenntnisse für adaptive Entscheidungen

Abb. 1: Sensing, Visibility und Perception im Kontext Logistik und SCM. © OTH Weiden

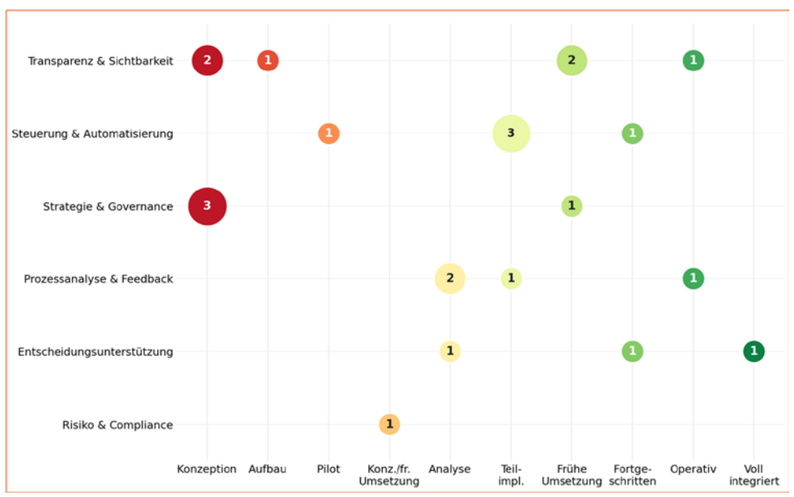


Abb. 2: Perception-Anwendungen entlang von Reifegradstufen und funktionalen Clustern. (Blasengröße entspricht der Anzahl der identifizierten Studien.) © OTH Weiden

Die Analyse zeigt eine Konzentration in frühen und mittleren Reifestufen. Konzeptionelle Ansätze dominieren insbesondere in den Bereichen Transparenz und Strategie. Operative Anwendungen treten häufiger in fortgeschrittenen Stufen auf. Vollständig integrierte Systeme bilden bislang die Ausnahme und markieren gleichzeitig die Zielrichtung zukünftiger Entwicklungen.

PERCEPTION ALS GRUNDLAGE RESILIENTER SUPPLY CHAINS

Die Bedeutung von Perception zeigt sich besonders in Krisensituationen. Abweichungen werden früh erkannt und bewertet, wodurch Unternehmen schneller reagieren können. Entscheidungen werden nicht nur datenbasiert, sondern kontextsensitiv getroffen.

In industriellen Anwendungen wird diese Entwicklung bereits sichtbar. KI-gestützte Robotik, digitale Zwillinge und integrierte Plattformen ermöglichen eine durchgängige Steuerung logistischer Prozesse in Echtzeit.

AUSBLICK

Mit der Weiterentwicklung von künstlicher Intelligenz und dem Zusammenspiel verschiedener Sensorarten wird Perception weiter an Bedeutung gewinnen. Systeme werden zunehmend in der Lage sein, eigenständig Entscheidungen zu treffen und sich an veränderte Bedingungen anzupassen. Der Fokus verschiebt sich von der Datenerfassung hin zur Interpretation und Nutzung von Informationen.

Perception entwickelt sich damit zu einem zentralen Erfolgsfaktor moderner Logistik und Supply Chains und wird zunehmend darüber entscheiden, wie schnell und wie robust Unternehmen auf Veränderungen reagieren können.

Prof. Dr.-Ing. Stephanie Abels-Schlosser
Studiengangsleiterin Logistik & Digitalisierung
OTH Weiden

Deutschlands größte Dieselinsel – und wie eine Region Bewegung in die Infrastruktur bringt

14 Landkreise und Städte entlang der Franken-Sachsen-Magistrale bündeln ihre Kräfte – bundesweit einmalig und mit Erfolg

Jeder Güterzug aus Richtung Dresden nach Süddeutschland muss bei Hof die Lok wechseln – weil die Oberleitung fehlt. Was wie ein Detail wirkt, ist in der Praxis ein strukturelles Problem mit erheblichen Folgen für die Logistik: zusätzliche Standzeiten, höhere Betriebskosten und ein klarer Wettbewerbsnachteil gegenüber durchgehend elektrifizierten Korridoren.

Obwohl die Bahnstrecke Dresden–Hof–Nürnberg seit Jahrzehnten im vordringlichen Bedarf des Bundesverkehrswegeplans gelistet ist, ist sie bis heute nur abschnittsweise elektrifiziert. Bereits seit über 30 Jahren setzt sich die Region länder- und parteiübergreifend für den Ausbau ein. Die sogenannte Franken-Sachsen-Magistrale gilt als Spitze des Eisbergs unter Deutschlands kafkaesken Schienenprojekten.

Denn im Dreieck Hof–Nürnberg–Regensburg besteht weiterhin die größte nicht elektrifizierte Lücke im mitteleuropäischen Schienennetz – eine „Dieselinsel" mit rund 1.000 Streckenkilometern. Güterzüge müssen hier aufwendig auf Diesellokomotiven wechseln. Das führt zu operativen Brüchen im Transportablauf, reduziert die Planbarkeit und erhöht die Kosten entlang der gesamten Lieferkette.

Dabei ist der elektrische Bahnbetrieb dem Dieselantrieb klar überlegen: Er ist effizienter, wartungsärmer, leiser und deutlich kostengünstiger. Bereits heute werden über 90 % des Schienengüterverkehrs in Deutschland elektrisch abgewickelt (Quelle: Allianz pro Schiene).

Potenziale wie am Güterverkehrszentrum Hof bleiben ungenutzt. Mit Elektrifizierung könnten hier bis zu 120.000 Container umgeschlagen werden.

GRUNDSÄTZLICHE PROBLEME IM SYSTEM

Die Franken-Sachsen-Magistrale steht symptomatisch für strukturelle Schwächen im deutschen Infrastrukturausbau. Umstrittene Bewertungsverfahren, langwierige Entscheidungsprozesse und mangelnde Planungssicherheit bremsen zentrale Projekte aus.

In Chemnitz verarbeitete kürzlich ein Programmierer seinen Frust über den schleppenden Ausbau der Strecke Chemnitz-Leipzig in einem Computerspiel. Das Ziel: Fertigstellung der Elektrifizierung. Hindernisse wie „Budget ist aufgebraucht" müssen Streckenabschnitt für Streckenabschnitt überwunden werden, indem Bahngipfel einberufen und Pressemitteilungen veröffentlicht werden während zugleich die Jahre verstreichen.

BEISPIEL FÜR STRUKTURELLES VERSAGEN – BESONDERS BEI GRENZÜBERSCHREITENDER ELEKTRIFIZIERUNG

Der stockende Ausbau der Franken-Sachsen-Magistrale hat auch international Konsequenzen. Die Verbindung nach Tschechien (Nürnberg–Cheb–Prag) ist eine strategisch wichtige europäische Verkehrsachse (TEN-V-Kernnetzkorridor) und verknüpft zentrale Wirtschaftsräume mit Osteuropa und dem Baltikum. Zudem gehört sie zum militärischen Grundnetz und ist als Transportroute zur Ostflanke der NATO und in Richtung Ukraine von strategischer Bedeutung.

Bereits 1995 wurde die Elektrifizierung zwischen Deutschland und Tschechien vereinbart. Tschechien erfüllte seine Zusage bereits 2012, Deutschland bis heute nicht. Damit fehlt nicht nur eine leistungsfähige internationale Verbindung, sondern auch eine dringend benötigte Ausweich- und Entlastungsstrecke zur bislang einzigen elektrifizierten Bahnverbindung nach Tschechien (Dresden–Prag).

Ineffiziente Strukturen, zu wenig Mittel, komplizierte Genehmigungsprozesse und Ressourcenengpässe bei Planung und Bau – diese Punkte sind Problembereiche mit verheerenden Konsequenzen für Infrastruktur und Logistik, deren Dramatik zunehmend in die öffentliche Debatte vordringt.

„Mit elektrifizierten Grenzübergängen kann gerade der Schienengüterverkehr seine Vorteile in Europa voll ausspielen, um den Lkw bei internationalen Transporten zurückzudrängen," betont Allianz pro Schiene. Dieses „enorme Potential für den Klimaschutz" liege jedoch brach.

Bundesverkehrsminister Patrick Schnieder stufte zuletzt den Zustand des Bahnnetzes teilweise als „demokratiegefährdend" ein, da die Zuverlässigkeit des Verkehrsmittels Bahn massiv leide.

RÜCKSCHLAG – UND WENDEPUNKT

Im Jahr 2022 erlitt die Franken-Sachsen-Magistrale einen erheblichen Rückschlag: Das Bundesverkehrsministerium stoppte überraschend die Planungen nach einer Neubewertung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses. Die Wirtschaftlichkeit wurde infrage gestellt – eine Entscheidung, die in Fachkreisen auf Kritik stieß.

Der Planungsvertrag für das Akkunetz Nordbayern wurde am 8. Januar 2026 von Bayerns Verkehrsminister Christian Bernreiter und DB-Konzernbevollmächtigten Heiko Büttner unterzeichnet. Damit ist der Startschuss für die schrittweise Ablösung der Dieselzüge in Oberfranken gefallen."
© Logistikagentur Oberfranken

Der erneute Stillstand machte jahrzehntelange Bemühungen zunichte; für die Logistikbranche blieb ein zentraler Engpass bestehen. Gleichzeitig wurde dieser Moment zum Ausgangspunkt für eine neue Dynamik.

EIN BUNDESWEIT EINMALIGES MODELL

Als Reaktion schlossen sich 14 Landkreise und Städte aus Bayern und Sachsen zusammen und gründeten eine gemeinsame Geschäftsstelle. Ziel war es die Kräfte für eine bessere Bahnanbindung noch stärker zu bündeln und strategisch zu unterstützen.

Mitinitiator ist der Hofer Landrat Dr. Oliver Bär, zugleich Vorsitzender der Logistikagentur Oberfranken, bei der die Geschäftsstelle Bahnelektrifizierung Bayern–Sachsen–Böhmen angesiedelt ist. „Wenn viele Kommunen gemeinsam auftreten, entsteht aus regionalen Interessen ein starkes politisches Signal."

Die Geschäftsstelle wird auch getragen vom Sächsisch-Bayerischen Städtenetz sowie den Interessengemeinschaften zur Elektrifizierung der Franken-Sachsen-Magistrale und der Oberfranken-Achse.

Der Zusammenschluss ist in dieser Form bundesweit einzigartig – und erwies sich schnell als wirkungsvoll.

STRATEGISCHES VORGEHEN STATT EINZELMASSNAHMEN

Die Geschäftsstelle Bahnelektrifizierung Bayern–Sachsen–Böhmen setzte von Beginn an auf ein strukturiertes, strategisches Vorgehen:

- Aufbau eines länderübergreifenden Netzwerks aus Politik, Wirtschaft und Verbänden
- Gezielte Platzierung des Themas auf der bundespolitischen Agenda
- Organisation von Fachveranstaltungen in Berlin, München, Nürnberg und Karlovy Vary (Tschechien)
- Unterstützung bundesweiter und internationaler Brancheninitiativen
- Mitwirkung an einer Machbarkeitsstudie zur Dekarbonisierung des oberfränkischen Schienennetzes
- Impulse für den Einsatz moderner Antriebstechnologien und Fahrzeugkonzepte

MESSBARE FORTSCHRITTE IN WENIGER ALS VIER JAHREN

- Neue Nutzen-Kosten-Bewertung der Strecke mit positiver Wirtschaftlichkeit
- Politischer Durchbruch im November 2025: Der Haushaltsausschuss des Bundestages stellte Mittel für die Weiterplanung der Elektrifizierung bereit
- Beauftragung des Projekts „Akkunetz Oberfranken" durch den Freistaat Bayern

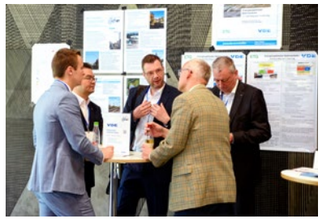
SIGNAL AN POLITIK UND BRANCHE

Für die Logistikbranche zeigt sich: Infrastruktur entsteht nicht allein durch Planung – sondern dort, wo Interessen gebündelt, priorisiert und konsequent vertreten werden.

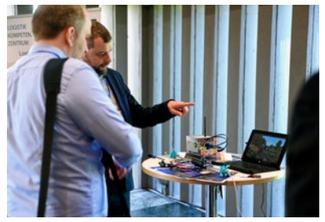
Was lange als regionales Randthema galt, ist heute wieder Teil der verkehrspolitischen Debatte auf Bundesebene. Gleichzeitig wird deutlich, welches Potenzial entsteht, wenn Kommunen, Regionen und Initiativen koordiniert zusammenarbeiten und mit einer gemeinsamen Stimme auftreten.

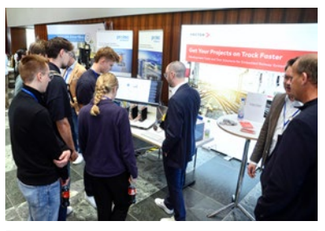
Die Geschäftsstelle Bahnelektrifizierung Bayern–Sachsen–Böhmen steht damit nicht nur für ein einzelnes Projekt, sondern für ein Modell mit übertragbarem Charakter. Sie zeigt, wie aus einem breit getragenem Engagement hoher politischer Druck entsteht – und daraus konkrete Fortschritte für Infrastruktur und Logistik.

Sabine Hager
Geschäftsstellenleiterin
Logistikagentur Oberfranken



IMPRESSIONEN
BAHNCONGRESS | BAYERN 2026





Infrastrukturgestützte Umfeldwahrnehmung für den automatisierten Rangierbetrieb

Die Automatisierung des Schienengüterverkehrs wird häufig mit hochautomatisiertem Fahren auf der Strecke gleichgesetzt. Tatsächlich liegt ein wesentlicher Hebel für Effizienz, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit jedoch im Rangierbetrieb. In Rangierbahnhöfen werden Züge gebildet, aufgelöst und wieder neu zusammengestellt – Prozesse, die heute stark personalabhängig, zeitaufwendig und sicherheitskritisch sind. Vor diesem Hintergrund untersucht das Forschungsprojekt TrackVision, wie durch eine infrastrukturgestützte Erweiterung der Umfeldwahrnehmung die Voraussetzungen für eine Automatisierung des Rangierbetriebs geschaffen werden können.

RAHMENBEDINGUNGEN UND GRENZEN DER FAHRZEUGSEITIGEN WAHRNEHMUNG

Der Rangierbetrieb weist gegenüber dem Streckenverkehr spezifische Randbedingungen auf, die besondere Anforderungen an die Umfeldwahrnehmung stellen. Lange und schwere Güterzüge weisen bereits bei niedrigen Geschwindigkeiten erhebliche Bremswege auf, während gleichzeitig zahlreiche infrastrukturseitige Objekte – etwa Signalanlagen sowie Licht- und Strommasten – in unmittelbarer Nähe zum Gleiskörper angeordnet sind. Für einen sicheren automatisierten Betrieb ergibt sich daraus die Notwendigkeit, potenzielle Hindernisse frühzeitig, aus großer Distanz sowie mit hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit zu erkennen.

Die Umsetzung dieser Anforderungen ist mit rein fahrzeugseitiger Sensorik jedoch strukturell limitiert. Die Sicht aus der Lokomotive ist durch Gleisbögen, abgestellte Wagen und bauliche Gegebenheiten häufig eingeschränkt; zudem erschwert die Bewegung der Lokomotive im Gleis die präzise Bestimmung von Objektpositionen relativ zum Fahrweg. Variierende Witterungs- und Lichtbedingungen reduzieren die Robustheit der Wahrnehmung zusätzlich. In der Summe führen diese Randbedingungen dazu, dass rein fahrzeugzentrierte Konzepte die sicherheitstechnischen Anforderungen im Rangierbetrieb nur eingeschränkt erfüllen können.

SYSTEMISCHE ERWEITERUNG DES WAHRNEHMUNGSHORIZONTS

Das Projekt TrackVision verfolgt vor diesem Hintergrund einen systemischen Ansatz, bei dem die Umfelderkennung nicht ausschließlich auf dem Fahrzeug realisiert wird. Zentrale Idee ist die Kombination fahrzeugseitiger Sensorik mit stationären Infrastruktursensoren entlang der Gleise (vgl. Bild 1). Diese sogenannten Track Side Units (TSU) erfassen relevante Gleisabschnitte aus einer vorausschauenden Perspektive und übermitteln objektbezogene Informationen an ein zentrales Track Side Management System (TSMS). Im TSMS werden die Daten mehrerer TSU zusammengeführt und zu einem konsistenten Umweltmodell konsolidiert, aus dem der automatisierten Lokomotive – abhängig von ihrem jeweiligen Rangierauftrag – fahrrelevante Informationen bereitgestellt werden. Durch diese Architektur wird der Wahrnehmungshorizont entlang des Fahrwegs deutlich erweitert, insbesondere in verdeckten oder geometrisch komplexen Bereichen.

NEUE ROLLE DER INFRASTRUKTUR IM RANGIERBETRIEB

Mit der infrastrukturgestützten Umfeldwahrnehmung ändert sich die funktionale Rolle der Infrastruktur im Rangierbetrieb grundlegend. Stationäre Infrastruktursensoren übernehmen nicht mehr ausschließlich Überwachungs oder Diagnoseaufgaben, sondern werden zu einem integralen Element der Automatisierung. Die verteilte Anordnung der Sensoren ermöglicht eine höhere Reichweite, Redundanz und Robustheit gegenüber Einzelstörungen. Gleichzeitig eröffnet dieser Ansatz wirtschaftliche Perspektiven: Bestehende Rangierlokomotiven können mit vergleichsweise geringem Aufwand in eine vernetzte Automatisierungsarchitektur integriert werden. Eine flächendeckende Erneuerung der Fahrzeugflotte ist damit nicht zwingend erforderlich.

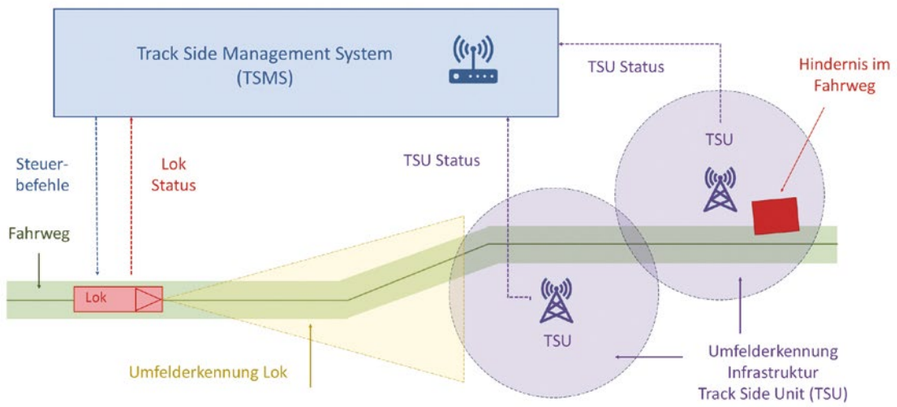


Bild 1: Systemarchitektur der infrastrukturgestützten Umfeldwahrnehmung. © TH Nürnberg Georg Simon Ohm

SIMULATION ALS ZENTRALES ENTWICKLUNGS- UND VALIDIERUNGSWERKZEUG

Die Bewertung verteilter Wahrnehmungssysteme stellt hohe Anforderungen an die Entwicklungsmethodik. Reale Erprobungen im Rangierbahnhof sind kostenintensiv, schwer reproduzierbar und nur eingeschränkt skalierbar. Im Projekt TrackVision wurde daher eine fotorealistische Simulationsumgebung entwickelt, die einen Rangierbahnhof als digitalen Zwilling einschließlich integrierter Infrastruktursensorik abbildet (vgl. Bild 2). Durch die Kopplung dieser Simulation mit der funktionalen Steuerungs- und Auswertelogik entsteht ein leistungsfähiges Analysewerkzeug, mit dem sich die gesamte Datenverarbeitungskette in einem durchgängigen Regelkreis untersuchen lässt – von der Sensordatenerzeugung über die Objekterkennung bis hin zur fahrdynamischen Reaktion der Loksteuerung. Kritische Szenarien, seltene Gefahrensituationen und unterschiedliche Systemkonfigurationen können so systematisch evaluiert werden. Dies beschleunigt und erleichtert die Entwicklung von Umfelderkennungs- und Automatisierungskonzepten.

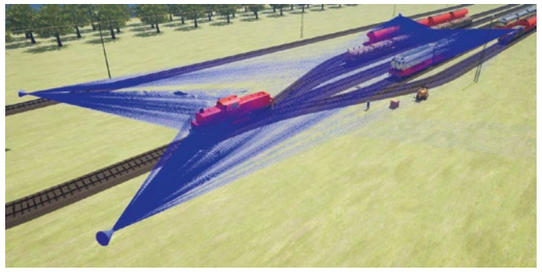


Bild 2: Fotorealistischer digitaler Zwilling eines Rangierbahnhofs mit integrierter Infrastruktursensorik und Erfassungsbereichen. © TH Nürnberg Georg Simon Ohm

ABGELEITETES UMWELTMODELL ALS FUNKTIONALE SCHNITTSTELLE

Ein zentrales Ergebnis der infrastrukturgestützten Wahrnehmungskette ist ein abstrahiertes, objektbasiertes Umweltmodell, wie in Bild 3 beispielhaft dargestellt. In diesem Modell werden sicherheitsrelevante Objekte eindeutig lokalisiert, klassifiziert und relativ zum Fahrweg der Lokomotive verortet. Das Umweltmodell bildet damit die funktionale Schnittstelle zwischen Umfelderkennung und Automatisierung und dient als direkte Grundlage für die Ableitung fahrrelevanter Entscheidungen in der Loksteuerung.

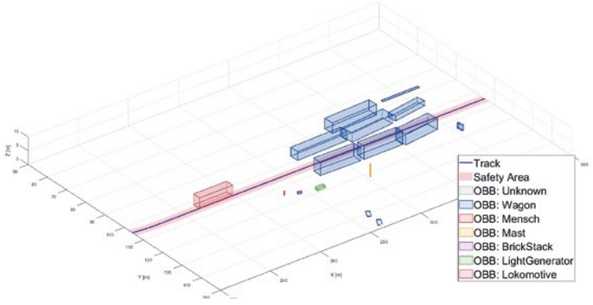


Bild 3: Objektbasiertes Umweltmodell mit relativ zum Fahrweg verorteten Elementen. © TH Nürnberg Georg Simon Ohm

ERKENNTNISSE UND PERSPEKTIVEN

Die Projektergebnisse zeigen, dass eine infrastrukturgestützte, hybride Wahrnehmungsarchitektur grundsätzlich geeignet ist, die bestehenden Grenzen der Umfelderkennung im Rangierbetrieb wesentlich zu erweitern. Bereits eine begrenzte Anzahl sinnvoll platzierter Infrastruktursensoren kann den Wahrnehmungshorizont deutlich vergrößern und verdeckte Bereiche zuverlässig erfassen. Gleichzeitig wird deutlich, dass die praktische Umsetzbarkeit maßgeblich von der Skalierbarkeit der Systemarchitektur und der Echtzeitfähigkeit der Datenverarbeitung abhängt. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen eröffnen sich weiterführende Fragestellungen, etwa zur optimalen Sensorplatzierung, zur Kombination unterschiedlicher Sensormodalitäten oder zur Überführung der Konzepte in reale Pilotanlagen. TrackVision liefert damit eine fundierte Grundlage für die schrittweise Automatisierung des Rangierbetriebs und leistet einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Weiterentwicklung des Schienengüterverkehrs.

Prof. Christina Singer
Professorin für Fahrzeugtechnik
Technische Hochschule Nürnberg
Georg Simon Ohm

Ralf Falgenhauer
Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Fahrzeugtechnik Nürnberg (IFZN)
Technische Hochschule Nürnberg
Georg Simon Ohm

IMPRESSIONEN
5 JAHRE
LOGISTIK IST WEIBLICH

Avelia Horizon™ – Die nächste Generation von Hochgeschwindigkeits-Doppelstockzügen

Der Triebkopf des TGV Inoui, vorgestellt im Alstom-Werk in Belfort.
© ALSTOM Transportation Germany GmbH

AVELIA HORIZON – EIN NEUES KONZEPT IM KONTEXT DES 21. JAHRHUNDERTS

Mit Avelia Horizon™ stellt Alstom die neueste Weiterentwicklung seiner Hochgeschwindigkeitszugfamilien vor. Aufbauend auf mehr als 40 Jahren Erfahrung mit TGV-Technologie ist Avelia Horizon für den kommerziellen Betrieb bei 320 km/h ausgelegt und konzentriert sich auf drei wesentliche Ziele: mehr Fahrgäste zu befördern, die Kosten über die gesamte Lebensdauer des Zuges zu senken und vollständig kompatibel mit der bestehenden Hochgeschwindigkeitsinfrastruktur zu bleiben.

Avelia Horizon ist Teil von Alstoms globalem Avelia™-Hochgeschwindigkeitsportfolio, das weltweit bereits über 10 Milliarden Kilometer im kommerziellen Einsatz zurückgelegt hat. Innerhalb dieses Portfolios zeichnet sich der Avelia Horizon als Doppelstockzug mit sehr hoher Kapazität aus, der eine bewährte Architektur mit konzentrierter Traktion nutzt, bei der Antriebs- und elektrische Systeme in kompakten Triebköpfen untergebracht sind. Dies ermöglicht eine Optimierung der Reisezugwagen hinsichtlich Komforts, Barrierefreiheit und Gewichtsreduzierung.

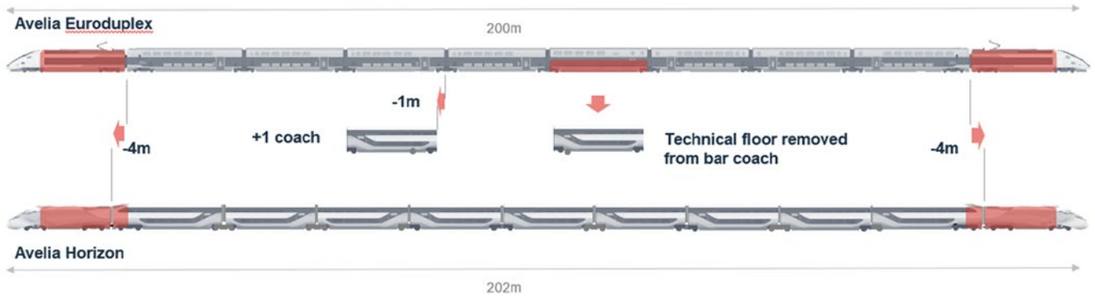
VOM TGV ZUM AVELIA HORIZON

Die technischen Wurzeln von Avelia Horizon reichen bis zu den ersten TGV-Zügen zurück, die 1981 in Betrieb genommen wurden. Wesentliche Prinzipien wie konzentrierte Traktion, Gelenkzüge mit gemeinsamen Drehgestellen, hohe Fahrstabilität und reduzierter Gleisverschleiß wurden über mehrere Generationen hinweg beibehalten und weiterentwickelt. Diese Konzepte haben ihre Stärke nicht nur im täglichen Betrieb, sondern auch durch rekordverdächtige Leistungen unter Beweis gestellt, darunter der 2007 aufgestellte Geschwindigkeitsweltrekord von 574,8 km/h.

Nach den Generationen Sud-Est, Atlantique, Duplex und Euroduplex stellt Avelia Horizon die fünfte und am weitesten optimierte Weiterentwicklung des TGV-Konzepts dar. Anstatt den Hochgeschwindigkeitszug neu zu erfinden, lag der Fokus auf der Verbesserung von Effizienz, Kapazität und Flexibilität auf der Grundlage einer bewährten technischen Basis.

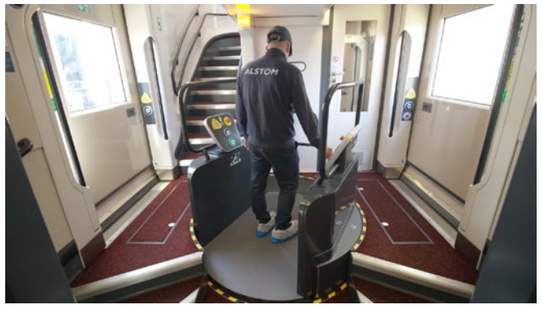
ENTWICKLUNGSZIELE UND GESAMTKONZEPT

Die Entwicklung des Avelia Horizon wurde von den langfristigen Anforderungen der Betreiber vorangetrieben, wobei die SNCF eine zentrale Rolle spielte. Die Hauptziele bestanden darin, die Gesamtbetriebskosten pro Sitzplatz zu senken, die Fahrgastkapazität ohne Verlängerung der Zuglänge zu erhöhen, den Energieverbrauch zu senken und ein modernes Fahrgasterlebnis zu bieten.



Vergleich Avelia Euroduplex vs. Avelia Horizon. © ALSTOM Transportation Germany GmbH

Barwagen des zukünftigen TGV Inoui.
© ALSTOM Transportation Germany GmbH



Rollstuhllift im Avelia Horizon™.
© ALSTOM Transportation Germany GmbH

Der Zug besteht aus zwei kompakten Triebköpfen und sieben bis neun Gelenk-Doppelstockwagen mit einer Gesamtlänge von rund 200 Metern. Eine wesentliche Innovation ist der verkürzte Triebkopf, der etwa vier Meter kürzer ist als bei der vorherigen Euroduplex-Generation. Dadurch entsteht Platz für einen en zusätzlichen Personenwagen, ohne die Gesamtlänge des Zuges zu vergrößern, wodurch die Kapazität um rund 20 % gesteigert wird.

LEISTUNG, SICHERHEIT UND NACHHALTIGKEIT

Der Avelia Horizon wurde für den dauerhaften kommerziellen Betrieb bei 320 km/h konzipiert und verbindet Effizienz mit hervorragendem Fahrkomfort und Sicherheit. Die Gelenkkonstruktion reduziert die Gesamtzahl der Drehgestelle, was die Wartungskosten deutlich senkt, da Drehgestelle einen großen Anteil an der vorbeugenden Wartung ausmachen. Gleichzeitig verbessert die Gelenkkonstruktion die Fahrstabilität, reduziert Lärm und Vibrationen und bietet zusätzliche Sicherheitsvorteile bei Entgleisungen, indem sie dazu beiträgt, die Integrität des Zuges zu erhalten.

Nachhaltigkeit war ein zentraler Aspekt bei der Konstruktion. Rund 97 % der verwendeten Materialien sind recycelbar, und der Energieverbrauch wurde im Vergleich zur Vorgängergeneration um bis zu 20 % gesenkt, hauptsächlich durch verbesserte Aerodynamik und effizientere Antriebssysteme. Intelligente Heizungs- und Klimatisierungssysteme passen den Energieverbrauch in Echtzeit an, während zustandsorientierte und vorausschauende Wartungsstrategien die Wartungskosten um bis zu 30 % senken und die Verfügbarkeit der Flotte erhöhen.

FAHRGASTERLEBNIS UND FLEXIBILITÄT

Der Fahrgastkomfort wurde grundlegend überarbeitet. Die Doppelstock-Anordnung trennt die Bereiche klar voneinander: Das Oberdeck bietet helle Sitzplätze mit Panoramablick für Fernreisen, während das Unterdeck ruhigere Bereiche und Servicezonen bereitstellt. Barrierefreiheit stand im Mittelpunkt, mit einem speziellen Wagen für Personen mit eingeschränkter Mobilität, der mit Spaltüberbrückung, einem internen

Dynamische Tests des TGV M am Standort Velim
© ALSTOM Transportation Germany GmbH

Rollstuhllift und vollständiger Kompatibilität mit 550-mm- und 760-mm-Bahnsteigen ausgestattet ist und ein selbstständiges Einsteigen ermöglicht.

Konnektivität, akustischer Komfort, Beleuchtung und breite Türen tragen alle zu kürzeren Haltezeiten an den Bahnhöfen und einem insgesamt besseren Reiseerlebnis bei. Eine bemerkenswerte Innovation ist der durchgehende Barwagen, der den ehemaligen technischen Bereich des Unterdecks in einen einladenden Gemeinschaftsraum verwandelt.

Der Zug ist zudem hochgradig modular aufgebaut. Seine Länge lässt sich durch Hinzufügen oder Entfernen von Wagen anpassen, und die Innenausstattung kann im Laufe der Zeit verändert werden. Die Betreiber können Sitzplätze, Gepäckraum oder Servicebereiche entsprechend der sich ändernden Nachfrage neu konfigurieren, wobei die Gesamtkapazität zwischen etwa 600 und mehr als 740 Fahrgästen liegt.

MARKTEINFÜHRUNG

Avelia Horizon wird bereits in mehreren internationalen Projekten genutzt. Dazu gehören die TGV-M-Flotte für die SNCF, Versionen für grenzüberschreitende Verbindungen in Westeuropa, der private Betreiber Proxima, die Flotte der nächsten Generation von Eurostar sowie für Wüstenbedingungen angepasste Versionen für Marokko. Insgesamt umfassen die Verträge rund

190 Triebzüge, was Avelia Horizon zu einer der erfolgreichsten Markteinführungen von Hochgeschwindigkeitszügen vor Aufnahme des kommerziellen Betriebs macht.

Kennzahlen der Avelia Horizon:

+ 20 % Kapazität bei gleichem Komfort.
- 20 % Energieverbrauch.
- 30 % geringere Wartungskosten.
97 % der verwendeten Materialien sind recycelbar.
320 km/h Höchstgeschwindigkeit.
740 Fahrgäste in der Konfiguration mit höchster Kapazität.

FAZIT

Avelia Horizon zeigt, wie evolutionäres Design in Kombination mit modernen digitalen Werkzeugen und einem starken Fokus auf Nachhaltigkeit und Fahrgastbedürfnisse die Herausforderungen des zukünftigen Hochgeschwindigkeitsbahnverkehrs meistern kann. Durch mehr Kapazität, geringere Kosten und verbesserten Komfort innerhalb eines bewährten technischen Rahmens setzt er für die kommenden Jahrzehnte einen neuen Maßstab für sehr schnelle Doppelstockzüge.

Ralf Niklass
Technical Expert Very High Speed Trains
ALSTOM Transportation Germany GmbH

Logistik unter Dauerspannung

Warum klassische Steuerung nicht mehr ausreicht

Wer in den letzten Jahren verantwortlich für eine Lieferkette war, weiß, wovon die Rede ist. Corona hat Werke lahmgelegt, der Suez-Kanal-Vorfall hat Lagerhaltungsmodelle gesprengt, der Ukrainekrieg hat Beschaffungsstrukturen über Nacht neu gezeichnet. Und 2026 sieht die Welt erneut zu, wie engmaschig getaktete Logistikketten durch autokratische Entscheidungen zerbrechen. Was sich verändert hat, ist nicht die Häufigkeit von Krisen – es ist der Wegfall des Normalzustands zwischen ihnen.
Dazu kommen die internen Druckfelder: Fachkräftemangel auf allen Ebenen, Cyberangriffe auf Logistiksysteme, unzureichende Technologisierung, Kostendruck bei sinkender Nachfrage und steigende Personalkosten.

VON EFFIZIENZ ZU RESILIENZ

Jahrzehntelang war Logistik auf eine einzige Kennzahl ausgerichtet: Effizienz. Kosten senken, Bestände reduzieren, Durchlaufzeiten verkürzen, die Optimierungslogik des Just-in-Time hat viele Branchen geprägt und die Logistik auf die Rolle des Kostenfaktors reduziert. Solange die Rahmenbedingungen berechenbar blieben, war Optimierung erfolgreich.

In einem volatilen Umfeld wird hingegen die Fähigkeit zur Anpassung zum Erfolgsfaktor, denn Logistik ist keine singuläre nachgelagerte Funktion, sondern verbindet Markt, Produktion und Beschaffung und sichert damit unmittelbar die Wertschöpfung des Unternehmens. Unternehmen, die das erkannt und in ihrer Strategie verankert haben, kommen mit den volatilen Bewegungen der aktuellen Welt deutlich besser zurecht als jene, in denen Logistik nach wie vor mit erhöhten operativen Kosten gleichgesetzt wird. Die meisten Unternehmen überschätzen ihre eigene Resilienz und merken das erst, wenn es zu spät ist.

RESILIENZ ENTSTEHT IM UMGANG MIT SPANNUNGSFELDERN

Resilienz bedeutet nicht vielfältige Notfallpläne vorzubereiten. Sie entsteht im täglichen Umgang mit vier strukturellen Spannungsfeldern, die sich nicht auflösen lassen, sondern aktiv gestaltet werden müssen: Effizienz und Resilienz, Investition und Kostendruck, Technologie und Mensch sowie kurzfristige Reaktion und langfristige Ausrichtung.

Diese Spannungsfelder haben gemein, die Steuerungslogik grundlegend zu verändern. Klassische Logistik- und Unternehmensplanung minimiert Abweichungen, in volatilen Zeiten wird die Abweichung jedoch zum Normalzustand. Nicht die Abweichung ist das Problem, sondern die Unfähigkeit, mit ihr umzugehen. Resiliente Organisationen denken nicht daher in Plänen, sondern in Szenarien. Sie identifizieren kritische Abhängigkeiten in der Lieferkette, bevor sie reißen, sichern Entscheidungsqualität unter Druck und bauen robuste, anpassungsfähige Strukturen auf.

Dasselbe gilt für den Umgang mit Technologie. Digitale Systeme, KI und Automatisierung dann sinnvoll, wenn sie aus einer strategischen Entscheidung heraus eingeführt werden, nicht aus Personalnot. Das erfordert klare Leitplanken für Systementscheidungen, Prozessverständnis und definierte Verantwortungsbereiche. Transparenz entsteht nicht durch ein neues System, sondern dadurch, dass jemand versteht, was die Daten sagen.

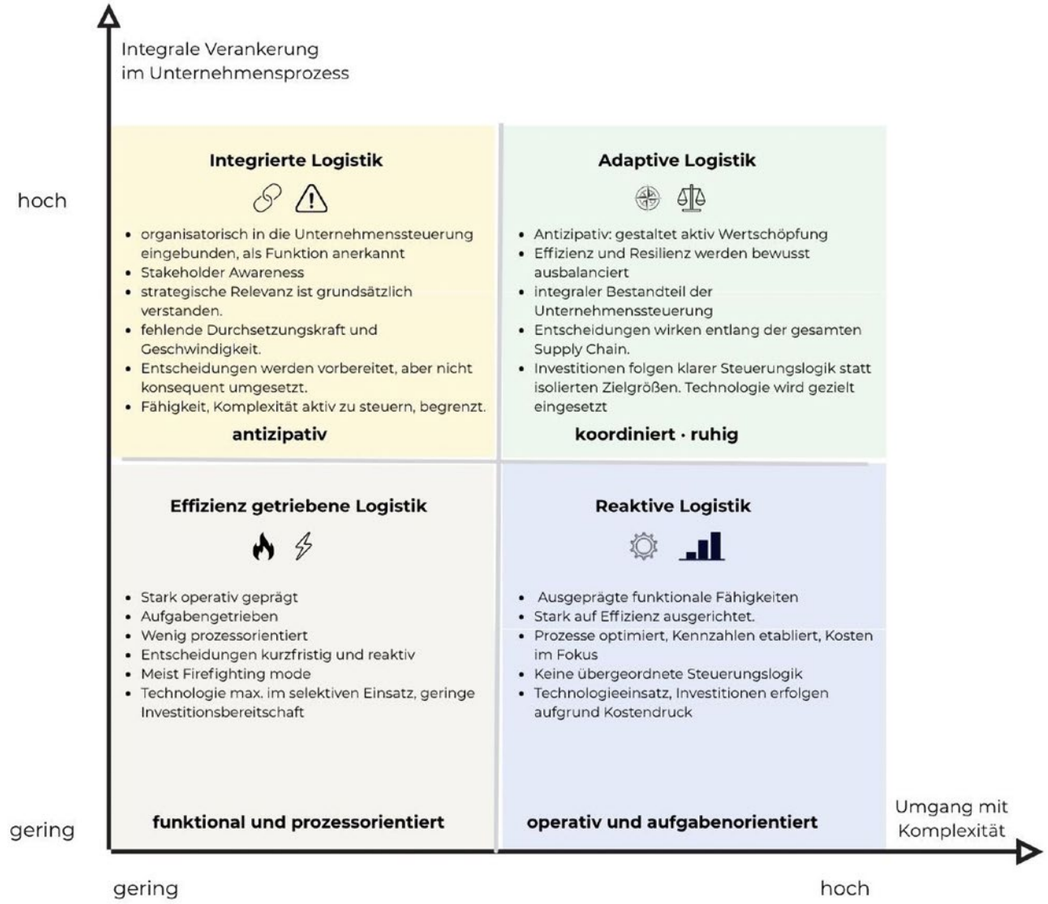


Abb. 1: Resilienzmatrix in der Logistik. © C. Vogel-Daniel

RESILIENZ-MATRIX ALS STANDORTBESTIMMUNG DER FÜHRUNG

Bevor man weiß, wohin man will, muss man wissen, wo man steht. Genau dafür dient die Resilienz-Matrix. Sie beschreibt den Reifegrad der Logistik entlang zweier Dimensionen: den Umgang mit Komplexität, die Fähigkeit, Effizienz und Resilienz auszubalancieren und Technologie sinnvoll einzusetzen, und die integrale Verankerung im Unternehmensprozess, wie stark Logistik tatsächlich in unternehmerische Entscheidungen eingebunden ist und strategisch wirkt.

Aus dieser Kombination entstehen vier Zustände: reaktive Logistik, die im Firefighting feststeckt; effizienzorientierte Logistik, die optimiert ist, aber fragil bleibt; integrierte Logistik, die koordiniert, aber langsam reagiert; und adaptive Logistik, die antizipativ handelt und Zielkonflikte ausbalanciert. Der Reifegrad entscheidet sich nicht an Strukturen oder Systemen, er entscheidet sich an der Fähigkeit, die 4 Spannungsfelder wirksam zu steuern und entsprechende Aktionen abzuleiten. Die Matrix unterstützt dabei.

FÜHRUNGSKOMPETENZEN ALS HEBEL DER TRANSFORMATION

Die Bewegung innerhalb der Matrix ist das Ergebnis von Führungsentscheidungen. Führung priorisiert, balanciert Zielkonflikte und übersetzt Unsicherheit in Handlungsfähigkeit, auch in Situationen unvollständiger Informationen oder fehlender Klarheit.

Das ist eine andere Art von Führung als die, die im Effizienzzeitalter gefragt war. Damals: klare Kennzahlen, schlanke Prozesse und Kostendisziplin. Heute: Urteilsvermögen unter Unsicherheit, Szenarienkompetenz, Verständnis crossfunktionaler Wirkungsketten.

Welche Fähigkeiten gefragt sind, hängt vom Standort der Organisation in der Matrix ab: reaktiver Modus erfordert Stabilisierung und operative Führungsstärke; effizienzorientierte Logistik braucht Prozesskompetenz und strukturiertes Denken; integrierte Logistik braucht Abstimmungsstärke und Schnittstellensteuerung; adaptive Logistik erfordert Szenariendenken,

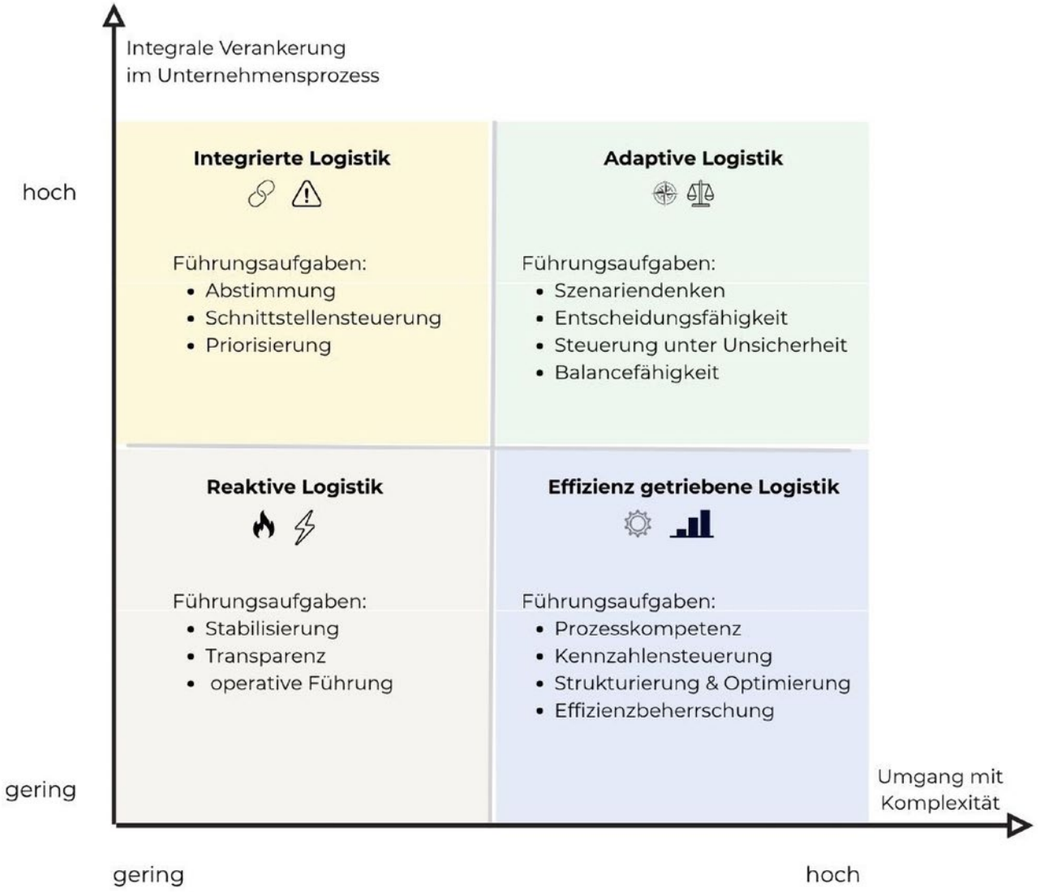


Abbildung 2: Führungskompetenzen entlang der Resilienzentwicklung

Entscheidungsfähigkeit unter Unsicherheit und die Fähigkeit, Zielkonflikte auszubalancieren. Diese Kompetenzen gezielt aufzubauen, bedeutet Transformation.

Führung in der heutigen Logistik bedeutet, Unsicherheit auszuhalten, ohne in Aktionismus zu verfallen, Zielkonflikte bewusst zu gestalten, statt sie zu vermeiden, und Verantwortung zu übernehmen, wo es keine Blaupause gibt.

Gleichzeitig gilt: Digitalisierung und Automatisierung verändern die Möglichkeiten, ersetzen jedoch keine Erfahrung. Langjähriges Prozessverständnis, Marktkenntnis und operative Intuition sind Grundlage wirksamer Steuerung. Neue Technologien entfalten ihren Wert erst dort, wo sie mit dieser Erfahrung verbunden werden. Neue Ideen in Verbindung mit bestehendem Wissen, zusammengeführt durch Führung, die beides verbindet, erzeugt Resilienz

RESILIENZ ENTSTEHT IN DER FÜHRUNG

Resilienz ist keine strukturelle Eigenschaft einer Lieferkette. Sie ist die Fähigkeit einer Organisation, sich unter veränderten Bedingungen wirksam zu steuern. Eine Fähigkeit, die nicht in Systemen oder Prozessen entsteht, sondern in der Qualität der Führung. Ohne Führung, die Unsicherheit akzeptiert, Szenarien denkt und Entscheidungen konsequent trifft, bleibt Resilienz das, was sie in vielen Unternehmen heute noch ist: ein gut klingender Begriff in der Strategie.

Claudia Vogel-Daniel
Global Vice President Logistics
Wilo Group

Thermomanagement im Güter- und Passagierverkehr – Effizienztreiber zwischen Antriebskühlung und Klimatisierung

THERMOMANAGEMENT ALS SCHLÜSSELTECHNOLOGIE

Ob im Nutzfahrzeug, im Schienenverkehr oder im Binnenschiff – überall dort, wo große Leistungen übertragen und Güter transportiert werden, entscheidet das Thermomanagement über Effizienz, Lebensdauer und Wirtschaftlichkeit. Während bei konventionellen Dieselantrieben vor allem der thermische Schutz von Motor und Getriebe mit der Reduktion von Kraftstoffverbrauch und Emissionen im Vordergrund stehen, stellen elektrifizierte Antriebe weitere Anforderungen an das thermische Gesamtsystem im Fahrzeug.

Elektrische Antriebe arbeiten in deutlich engeren Temperaturfenstern, die zudem auf einem deutlich niedrigeren Temperaturniveau liegen. Batterie, Leistungselektronik und E-Maschine müssen präzise temperiert werden, um optimale Wirkungsgrade zu erreichen und Alterungseffekte zu minimieren. Gleichzeitig entstehen neue Anforderungen durch Ladeprozesse, insbesondere beim Schnellladen, sowie durch dynamische Lastwechsel im Betrieb.

Außerdem müssen Fahrerarbeitsplätze und Passagierräume beheizt oder gekühlt werden. Während bei Dieselantrieben in der Regel genug Wärme für die Heizung zur Verfügung steht, fallen bei elektrischen Fahrzeugantrieben nur geringe Wärmeströme an, zudem auf einem deutlich geringerem Temperaturniveau. Dies führt dazu, dass die übliche Klimaanlage in E-Fahrzeugen durch eine Wärmepumpe ersetzt wird, die im Winter hohe Wärmeströme bei einer geringem Leistungsaufnahme aus der Batterie bereitstellt und damit die Fahrzeugreichweite erhöht.

ANTRIEBSKÜHLUNG IM ELEKTRIFIZIERTEN NUTZFAHRZEUG

Im elektrifizierten Nutzfahrzeug wird das Thermomanagement zu einem hochvernetzten Gesamtsystem, eingebunden in extrem enge Einbauräume. Mehrere Kühlkreisläufe – Hochtemperatur-, Niedertemperatur- und Batteriekreislauf – müssen intelligent miteinander interagieren, und dies im hoch-transienten Fahrbetrieb.

Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf der Temperierung der Traktionsbatterie. Übliche Li-Ionen-Batterien müssen im Winter schnell auf über -5°C aufgeheizt werden, um irreversible Alterung und Leistungseinbußen zu reduzieren. Im Sommer muss die Batterie auf ca. 25 – 30°C gekühlt werden, was bei Außentemperaturen über ca. 30°C nur durch die Einbindung in einen Kälteprozess möglich ist.

Bild 1: Elektrisch angetriebener Stadtbus. © TheSys GmbH

Eine Fahrzeug-Traktions-Batterie besteht aus mehreren Batteriemodulen, die ihrerseits jeweils 6 – 12 einzelne Batteriezellen beinhalten. Die technische Herausforderung der Batteriekühlung besteht darin, oft mehrere 100 Batteriezellen in einem extrem engen Temperaturband <=2K zu temperieren, um eine gleiche thermische Alterung aller Zellen zu erreichen. Die erste Batteriezelle, die den Hitzetod stirbt, führt zu Leistungs-Degradation oder zum Ausfall von Batteriemodul oder Gesamt-Batterie. Ermöglicht wird dies durch innovative Ausführungen von Batteriekühlplatten oder Kühlschlangen in Verbindung mit einer Integration in aktive Heiz- und Kühlkreisläufe.

Als neuer thermisch kritischer Betriebszustand kommt das schnelle Laden an Super-Chargern hinzu. Trotz der hohen Wirkungsgrade einer elektrischen Energiewandlung können hier Abwärmeströme über 50KW auftreten, die im Hochsommer auf aufgeheizten Parkplatzflächen abgeführt werden müssen, und dies bei Stand des Fahrzeuges ohne Kühlungsunterstützung durch den Fahrwind.

DER SIEGESZUG DER WÄRMEPUMPEN

Wärmepumpen übernehmen daher in elektrifizierten Fahrzeugen eine zentrale Rolle, da sie sowohl die Funktionen „Kühlung“ und „Heizung“ effizient bereitstellen. Der große Vorteil einer Wärmepumpe besteht darin, dass im Winter aus z. B. 1kW elektrischer Leistung für den Kompressor über 3 kW an Wärme erzeugt werden können. Im Sommer kann die Kühlung der Traktionsbatterie in den aktiven Kältekreislauf eingebunden werden und damit auch bei Temperaturen über 50°C die Batteriezellen zuverlässig auf unter 30°C gekühlt werden. Die Temperierung für Batterie, Fahrerarbeitsplatz, Passagiere und

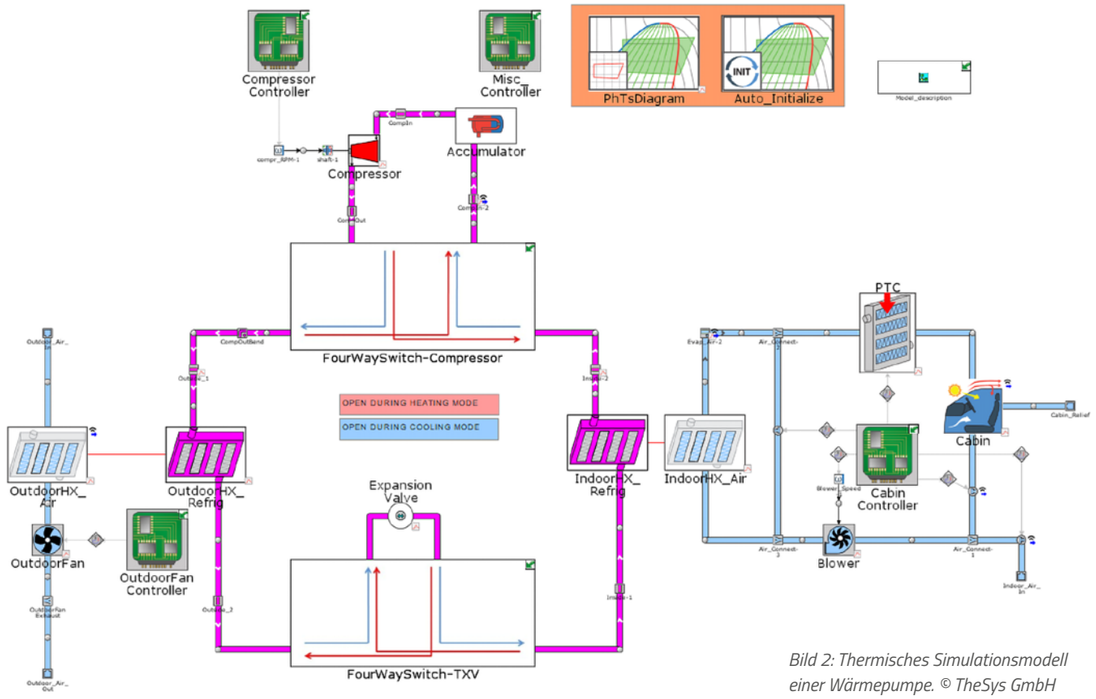


Bild 2: Thermisches Simulationsmodell einer Wärmepumpe. © TheSys GmbH

Transportgüter muss die individuellen Komfortansprüche auf unterschiedlichen Temperaturniveaus bedienen und auch bei transientem Fahrbetrieb zuverlässig bereitstellen.

THERMOMANAGEMENT IN BAHN UND BINNENSCHIFF UND „MEGATREND PRÄDIKTIVE BETRIEBSREGELUNG"

Auch im Schienenverkehr und in der Binnenschifffahrt bekommt das Thermomanagement eine zunehmende Bedeutung.

In der **Bahn** müssen neben der Kühlung des Antriebes sehr große Passagierräume temperiert werden, und dies zuverlässig auch unter extremen Betriebsbedingungen.

In **Schiffen** steht Wasser als effiziente Wärmesenke für die Kühlung zur Verfügung. Die Herausforderung liegt hier in einer Vernetzung der thermischen Systeme, um z. B. die Abwärme des Schiffsantriebes für die Beheizung und Kühlung von Passagierkabinen, Bordküche, Schwimmbad und Sauna zu nutzen.

Alle genannten Anwendungen, Nutzfahrzeug, Schiene und Schiff, verbindet dabei ein Mega-Trend, der erst durch die Elektrifizierung und Digitalisierung möglich wird:
Eine energie-effiziente und prädiktive Betriebsregelung aller Wärme- und Energieströme im Fahrzeug.

Möglich wird dies durch eine Vernetzung aller thermischen Subsysteme im Fahrzeug mit Implementierung einer prädiktiven Betriebsregelung. Die Voraussetzungen hierfür stehen bereit, effiziente elektrisch angetriebene Aktuatoren wie z. B. Lüfter, Pumpen und Ventile, leistungsfähige Hochvolt-Bordnetze und die Einbindung der Fahrzeuge in Car2x-Kommunikationsnetze.

WIE KÖNNTE DIES IN DER ZUKUNFT AUSSEHEN?

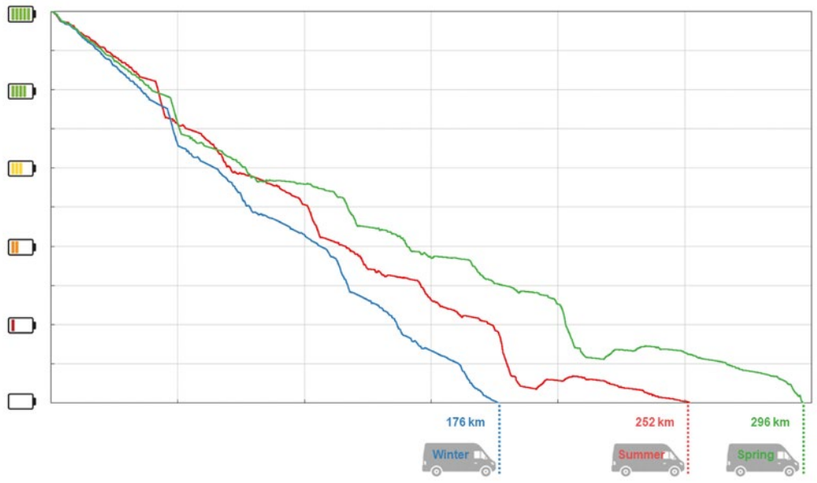
Am Beispiel eines Catering-Unternehmens wurde ein autonom fahrendes elektrisches Lieferfahrzeug konzipiert, welches im urbanen Umfeld Schulen, Kindergärten, Firmenkantinen und Krankenhäuser mit Speisen versorgt. Das betrachtete Fahrzeug transportiert warme Speisen und gekühlte Getränke und temperiert gleichzeitig die Batterie, Leistungselektronik, den E-Motor und einen Innenraum. Damit entsteht ein außergewöhnlich anspruchsvolles thermisches Gesamtsystem, das mehrere Temperaturzonen, schnelle Dynamiken und teilweise gegensätzliche Anforderungen der thermischen Verbraucher miteinander verbinden muss. Die Fahrtroute ist vorab bekannt, was eine prädiktive Betriebsregelung mit der Zielsetzung einer Maximierung der Fahrzeugreichweite erlaubt.

Im Fahrzeug wurden ein package-kompatibles Thermosystem mit Wärmepumpe und eine prädiktive Betriebsregelung implementiert, die

- die Batterie schnell und effizient ins optimale Temperaturfenster bringt,
- den Innenraumkomfort stabil hält,
- die Lebensmitteltemperierung (Heißraum, Kaltraum) jederzeit gewährleistet,

Bild 3: Nutzungs-Szenario für ein urbanes elektrisches Lieferfahrzeug. © TheSys, Bildagenturen: Henrik5000/istockphoto, titoOnz/istockphoto, Franck Boston/shutterstock, metamorworks/istockphoto, Herr Loeffler shutterstock, Kichigin/istockphoto, Ridofranz/istockphoto

Bild 4: Fahrzeugreichweite mit einem prädiktiven Thermomanagement in den Jahreszeiten. © TheSys GmbH



- die Wärmepumpe nur in energetisch günstigen COP-Fenstern nutzt und
- Lüfter, Pumpen und Ventile dynamisch und prädiktiv ansteuert.

und damit den Gesamtenergiebedarf signifikant reduziert. Die Fahrzeugreichweite konnte im Jahresmittel um rund 10 % gesteigert werden, bei Einhaltung aller Komfort- und Funktionsanforderungen.

Dr. Peter Ambros
Geschäftsführer
TheSys GmbH

Bidirektionales Laden: Wenn der eTruck zum Energiespeicher wird

Aus dem Forschungsprojekt SPIRIT-E bei MAN Truck & Bus mit Partnern

Abb. 1: Erste Live-Demonstration (Weltpremiere) des bidirektionalen Ladens | „Vehicle-ToGrid" | bei Lkws mit über 500 Gästen vor Ort und im eletrive.net-Livestream auf dem Depot der Spedition Schmid bei Regensburg. © MAN Truck & Bus

Bei der Elektrifizierung von schweren Lkw geht es nicht nur um Reichweite und Ladeleistung – sondern um das Zusammenspiel von Logistik und Energiesystem. Genau hier setzt das bidirektionale Laden an: Elektro-Lkw werden zu flexiblen Stromspeichern, die nicht nur laden, sondern Energie gezielt speichern und zurückspeisen können. MAN Truck & Bus hat diese Technologie nun erstmals unter realen Bedingungen demonstriert – und damit einen Baustein gezeigt, der die Wirtschaftlichkeit von eTrucks verbessern und gleichzeitig Netze entlasten kann.

Im Forschungsprojekt SPIRIT-E wurde das bidirektionale Laden auf dem Betriebsgelände der Spedition Schmid in Regensburg gezeigt – mit einem MAN eTGX mit 480 kWh nutzbarer Energie. MAN tritt damit gemeinsam mit den Projektpartnern als erster europäischer Nutzfahrzeughersteller auf, der bidirektionales Laden in alltagstauglicher und seriennaher Fahrzeugtechnik demonstriert. Entscheidend ist dabei der Praxisbezug: Nicht Laborwerte, sondern reale Energieflüsse standen im Mittelpunkt. Hier wurde der eTruck mit über 300 kW entladen, wie in Abb. 2 dargestellt.

Im praktischen Einsatz stehen drei Anwendungen im Fokus: Vehicle to Vehicle | V2V, Vehicle to Site | V2S und Vehicle to Grid | V2G. V2S – inklusive V2V – zielt auf den eigenen Standort: Ein Unternehmen nutzt den in der Lkw Batterie gespeicherten Strom unmittelbar, um Lastspitzen zu vermeiden, den Eigenverbrauch von Photovoltaikstrom zu erhöhen oder Infrastruktur am Depot zu unterstützen. Im Projekt wurde das bereits greifbar: eTrucks versorgten nachts ein Gebäude, zudem wurden Elektro Autos aus dem Lkw Speicher nachgeladen.

Der betriebswirtschaftliche Hebel ist beachtlich: Durch intelligente Stromnutzung lassen sich Energiekosten um rund 10 bis 20 Prozent senken. Bei einer Laufleistung von 100.000 Kilometern pro Jahr entspricht das – je nach Einsatz – bis zu 20.000 Kilometern „zum Nulltarif". Bidirektionales Laden kann damit einen gewichtigen Beitrag zur TCO Parität elektrischer Lkw leisten, besonders im Regionalverkehr, bei dem Fahrzeuge regelmäßig und länger am Depot stehen.

V2G erweitert dieses Potenzial über das Depot hinaus: Hier speist der eTruck Energie ins öffentliche Netz zurück – etwa in Zeiten hoher Strompreise oder zur Unterstützung der Netzstabilität. Betreiber könnten so künftig zusätzliche Erlöse erzielen. Mit dem Markthochlauf in ein bis zwei Jahren wird das ein zunehmend attraktives Geschäftsmodell, weil Energiemärkte, Netzdienste und Logistikprozesse Schritt für Schritt stärker miteinander verzahnt werden.

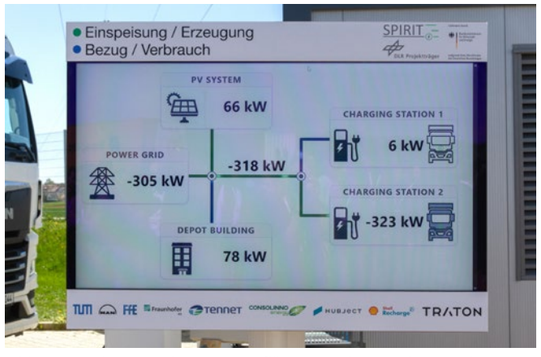


Abb. 2: Visualisierung der Leistungsflüsse; 323 kW werden aus dem Lkw geladen und der Großteil (305 kW) fließt zurück ins Stromnetz. © MAN Truck & Bus

Allerdings gilt auch: Bidirektionales Laden ist kein Automatismus auf jeden Anwendungsfall. Wo Logistikprozesse keine längeren Standzeiten am Depot erlauben, bleibt der Nutzen begrenzt – denn Flexibilität entsteht vor allem dann, wenn Fahrzeuge planbar stehen und dennoch Energie „im Tank" haben. Gerade deshalb ist der Ansatz besonders relevant für Regionalverkehre und planbare Depotlogistik unter 100.000 Kilometern jährlicher Fahrleistung.

Georg Grüneißl, Leiter der MAN Produktstrategie, bringt den Rollenwechsel auf den Punkt: „Bidirektionales Laden verändert die Rolle des Elektro-Lkw. Unsere eTrucks werden zu flexiblen Energiespeichern, die dazu beitragen können, die Energiekosten zu senken und gleichzeitig das Energiesystem stärken." SPIRIT-E habe gezeigt, „welches Potenzial in dieser Technologie steckt und wie Elektro-Lkw die Energiewende künftig mitgestalten".

Getragen wird SPIRIT-E von einem breiten Konsortium, das die gesamte Wertschöpfungskette abdeckt – von Fahrzeugtechnik über Energiewirtschaft bis zur Systemintegration. Dazu zählen die Technische Universität München | TUM als Konsortialführer, Fraunhofer IEE, Forschungsstelle für Energiewirtschaft | FfE, SBRS | Shell, TenneT, Hubject, Consolinno Energy sowie MAN Truck & Bus. Gemeinsam wurden Lösungen entwickelt und in einem Reallabor an einem Logistikstandort erprobt. Das Ziel: elektrische Lkw sollen künftig über ihre Transportaufgabe hinaus zu einem aktiven Element der Energieinfrastruktur werden – wirtschaftlich, vernetzt und bereit für die nächste Stufe der Elektrifizierung.

Was jetzt zählt: Für den Sprung in die Serie braucht es standardisierte Schnittstellen, passende Regulierung, einen klaren steuerrechtlichen Rahmen für Netzdienste – und Logistikkonzepte, die Standzeiten und Ladefenster mitdenken. Dann kann aus der Demonstration ein neuer Baustein für klimafreundlichen Güterverkehr werden.

Die Laufzeit des durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) geförderten Projektes beträgt drei Jahre.

Abb. 3: SPIRIT-E Projektteam mit Vertretern von Technische Universität München als Konsortialführer, MAN Truck & Bus, Consolinno Energy, Fraunhofer IEE, Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE), SBRS (Shell), TenneT und Hubject. © MAN Truck & Bus

Friedrich Fahlberg
eMob Solutions & Digital (SCCE)
MAN Truck & Bus

Dr. Christian Peterandel
Projektleiter Vorentwicklung
MAN Truck & Bus

RamZsam – eine neue Mitfahr-App

Mitfahr-Apps gibt's viele, aber was ist jetzt anders?

Es geht um Kurzstrecken, um weibliche Mobilität, und um spontane Mitfahrt und Mitnahme - im Gegensatz zu bisherigen Pendler- oder Langstreckensystemen.

Weibliche Mobilität ist anders, das haben Studien gezeigt und viele Frauen vermutlich schon gewusst. Es liegt nicht an den Frauen, sondern an der Tatsache, dass Frauen doch meist noch für die Care-Arbeit zuständig sind und sich so um Familie und Kinder kümmern. Gute Nachricht: das wird zukünftig sicher auch mehr Männer betreffen. Wer Care-Arbeit leistet, arbeitet häufig in Teilzeit, bringt Kinder zu Schule und Kindergarten, fährt einkaufen und kümmert sich meist noch um so vieles anderes. Es entstehen „andere Wege und andere Zeiten" – Stichwort Wegeketten.

Und Frauen haben ein anderes Sicherheitsbedürfnis. Sie vertrauen Frauen mehr als Männern – vor allem, wenn es darum geht, gemeinsam in ein Auto zu steigen – Stichwort Sicherheit.

Wer Kinder hat, weiß, dass es nicht immer leicht ist den Alltag zu organisieren. Vor allem, wenn dann auch noch möglicherweise Seniorenbetreuung dazu kommt. Wie soll man oder besser frau dann noch versuchen ihr Auto nicht allein zu nutzen – oder gar andersherum, wie sollen sich Alleinerziehende eigentlich ein Auto leisten?

Und hier kommen 2 Punkte zusammen:

1. Selbst, wenn es die Motivation gibt das Auto nicht allein zu nutzen, ist die vorherige Zusage zu einer Mitfahrgemeinschaft (z. B. zur Arbeit oder zur Schule) nicht verlässlich möglich. Kinder können krank sein, es kann sich alles verzögern, oder vielleicht geht ausnahmsweise ja doch mal alles schneller als geplant. Unter solchen Rahmenbedingungen fällt es schwer sich minutengenau festzulegen.

Der 2. Punkt sind die Frauen, die gar kein Auto im Zugriff haben – sehr häufig alleinerziehende. Auch hier ist der Frauenanteil deutlich größer als der Männeranteil. Wer mit jedem Euro rechnen muss, kann sich oft kein Auto leisten. Ist somit auf andere Verkehrsmittel angewiesen – häufig der ÖPNV, und dieser leider mit all seinen Einschränkungen von Fahrtzeiten über Routen, Ausfällen und Verzögerungen. Wer dann – weil niemand sonst da ist – verlässlich sein soll, tut sich schwer und gerät vor allem in Stress - Stichwort Mobilitätsarmut.

In Stress geraten oft auch Menschen, die körperliche oder neurologische Einschränkungen haben. Sie schaffen es oft nicht tagtäglich in volle Fahrzeuge des ÖPNV zu steigen. Oder vielleicht schaffen andere mit körperlichen Einschränkungen es gar nicht richtig zur Haltestelle. Manchmal ist der Weg zur Haltestelle oder in die Stadtmitte in ländlichen Regionen auch für ältere Menschen ein Hindernis, wenn sie keine verlässlichen Transportmittel zur Verfügung haben. Gerade Seniorinnen sind hier häufig betroffen, denn viele haben keinen Führerschein oder kein Auto.

Was RamZsam schaffen möchte, ist eine Mitfahr-App mit
- Fokus auf Frauen
- Fokus Teilhabe und
- Kurzstrecke.

Wobei der Fokus Frauen sich auf das Thema der Wegeketten, Kurzstrecken und deren Sicherheitsbedürfnis bezieht.

Es wird kein reines Frauensystem bleiben, denn es soll niemand ausgesperrt werden. Vorgesehen ist aber erstmal ein Start nur für Frauen. Denn „was für Frauen funktioniert, funktioniert für die ganze Gesellschaft". Ein Spruch, der zwar aus der Stadtplanung kommt, sich aber ebenso auf die Mobilität übertragen lässt.

Es soll eine sichere, sichtbare, seriöse Mitfahr-App entstehen, die spontane Mitfahrt und Mitnahme ermöglichen soll mit zusätzlichen sozialen Aspekten, wie z. B. der Option Menschen auch kostenlos mitnehmen zu können.

Das Ziel ist, Alleinfahrten und Kurzstrecken zu reduzieren, eine neue Mobilitätsoption zu schaffen, die für jede und jeden auf Alltagswegen nutzbar sein soll – sowohl als digitale, als auch als analoge Lösung - und kostengünstig.

Es soll Mobilitätsarmut reduzieren helfen, den Besetzungsgrad der Autos erhöhen und in Folge hoffentlich die Verkehrsdichte sinken und vielleicht auch das eine oder andere Zweitfahrzeug in Familien obsolet werden.

Der Weg zum ÖPNV, zum Supermarkt, eine Überbrückung für Kurzstrecken, eine sichere Mitfahrmöglichkeit für Frauen, ein sicherer Weg nach Hause ist das Ziel.

WAS IST RAMZSAM UND WO STEHT RAMZSAM?

RamZsam ist im Moment erstmal der Name für die App. Es gibt eine Landingpage unter www.ramzsam.de. Gerade entsteht ein MVP (also ein Minimal Viable Product), um erste Tests durchführen zu können. Pilotregion wird voraussichtlich der Kölner Süden. Pilotstart voraussichtlich August/September.

Die App soll im Weiteren ausgebaut werden in eine barrierefreie und zusätzlich analoge Lösung. Es wird eine Abo-Modell-Lösung und „Sicherheit" bedeutet nicht nur auf Wegen, sondern auch bei Daten.

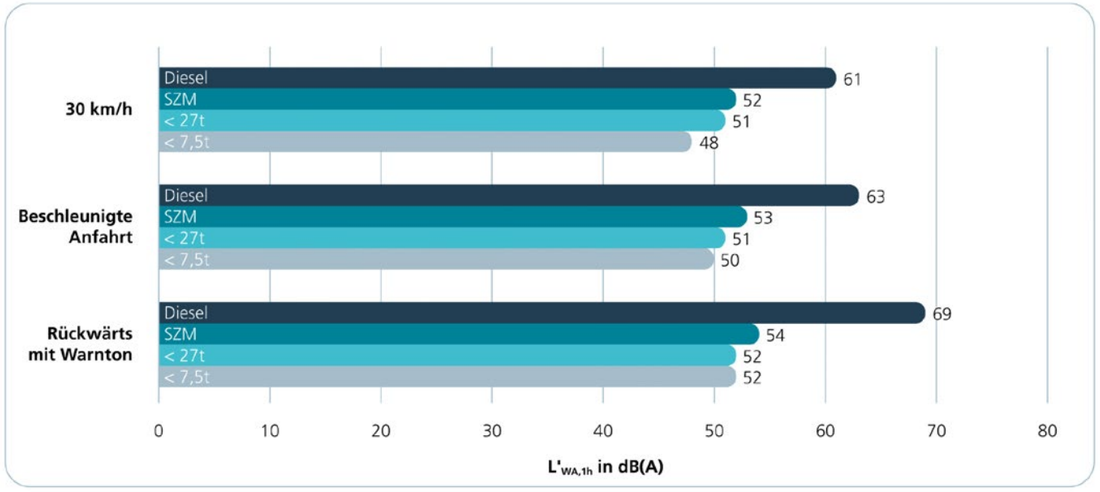
RamZsam soll für Privatpersonen, Kommunen, im Tourismus, auf dem Land und in der Stadt, auf Events, für kleinere Unternehmen und für den ÖPNV ein guter Partner und Ergänzung sein und so eine kostengünstige, alltagstaugliche, zusätzliche Mobilitätsoption bieten.
Seien Sie gespannt!

Monika Scherfer
Freiberuflerin IT
RamZsam

Geräuscharme Logistik als Baustein für stadtverträglichen Güterverkehr

Die Ver- und Entsorgung von Städten mit Waren ist eine zentrale Voraussetzung für das Funktionieren urbaner Räume. Gleichzeitig führt das steigende Güterverkehrsaufkommen insbesondere in Innenstädten zu einer zunehmenden Belastung der Verkehrsinfrastruktur. Hohe Verkehrsbelastungen, konkurrierende Nutzungsansprüche und begrenzte Flächen führen zu Staus und somit ineffizienten Lieferprozessen. Hieraus resultieren steigende Umweltbelastungen durch Luftschadstoffe und Lärm. Die urbane Logistik wird zunehmend zu einem Spannungsfeld zwischen Versorgungsanspruch und Lebensqualität.

Ein Ansatz zur Entlastung ist die Verlagerung von Lieferverkehren in die Tagesrand- und Nachtzeiten. In vielen Städten wird ein Großteil der Versorgungsverkehre während der Vormittagsstunden abgewickelt. Mit zunehmender Verkehrsbelastung sinken die Durchschnittsgeschwindigkeiten auf den Straßen deutlich. Für typische innerstädtische Touren kann sich die reine Fahrzeit am Tag im Vergleich zur Nacht um mehr als 30 Minuten erhöhen und der Kraftstoffverbrauch



Vergleich Messwerte E-Lkw mit Literaturwerten Diesel-Lkw (Studie vom Hessischen Landesamt für Natur und Geologie von 2024) (Quelle: Handbuch „Geräuscharme Logistik").

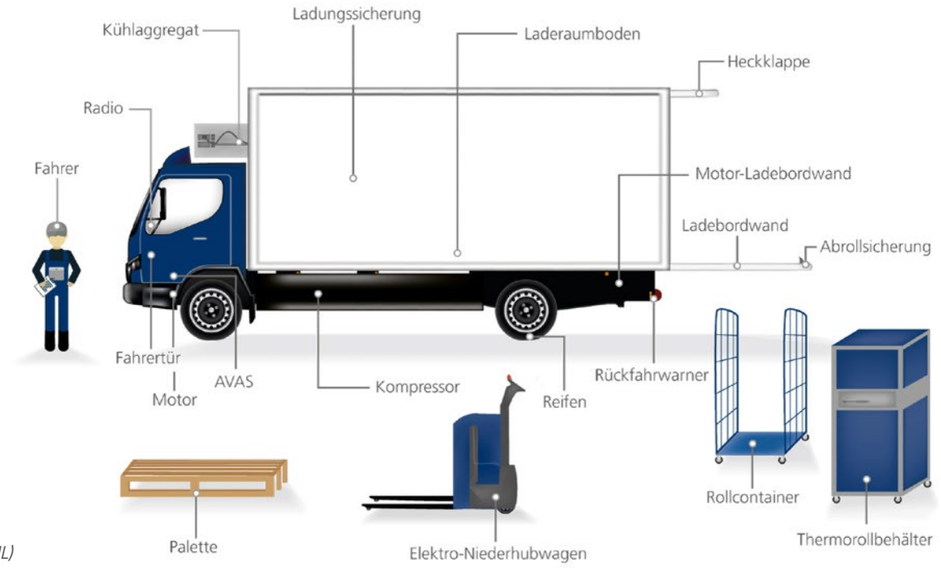
im Stop-and-Go-Verkehr um 10 bis 20 Prozent zunehmen. Nachtlogistik kann dazu beitragen, die Verkehrsspitzen am Tag zu reduzieren und Lieferprozesse effizienter zu gestalten. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine geräuscharme Abwicklung, da die Nachtruhe gesetzlich geschützt ist und Verkehrslärm als besonders störend wahrgenommen wird. Insbesondere der Einsatz geräuscharmer Fahrzeuge mit alternativen Antrieben eröffnet hier neue Potenziale.

Technologisch bieten alternativ angetriebene Nutzfahrzeuge neue Möglichkeiten. Im Rahmen der welche vom Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen geförderten Mobilitätsstudie „Geräuscharme Logistik" wurden Nutzfahrzeuge mit alternativen Antrieben (batterieelektrisch, Gas, Wasserstoff) und verschiedenen Gewichtsklassen auf ihre Schallemissionen bei Anlieferprozessen untersucht. Die Messungen erfolgten nach einem einheitlichen Messaufbau entsprechend der Richtlinie 70/157/EWG auf definierten Streckenabschnitten und betrachteten die typischen Fahrbewegungen wie gleichmäßige Vorbeifahrt, beschleunigte Anfahrt und Rückwärtsfahrt. Die Ergebnisse zeigen, dass batterieelektrische Lkw bei gleichmäßiger Vorbeifahrt um bis zu neun Dezibel und bei beschleunigter Anfahrt um bis zu zehn Dezibel leiser als vergleichbare Diesel-Lkw sind. Solch eine Reduktion um zehn Dezibel bedeutet für das menschliche Ohr in etwa eine Halbierung der subjektiv wahrgenommenen Lautstärke. Die Messungen haben gezeigt, dass geräuscharme Logistik die Möglichkeit bietet, die erforderlichen Immissionsrichtwerte der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm | TA Lärm einzuhalten und Nachtanlieferungen, je nach Gebietsausweisung, auch in innerstädtischen Lagen genehmigungsfähig zu gestalten.

Diese Betrachtung endet jedoch nicht beim Fahrzeugantrieb. Ein wesentlicher Anteil der Geräuschemissionen bei der Belieferung entsteht beim Be- und Entladeprozess an der Rampe. Durch das Verfahren von Rollwagen, das Überfahren von Ladebordwänden, durch Kühlaggregate oder das Anschlagen von Ladungssicherungselementen. Die aktuelle Studie des Fraunhofer IML untersucht durch eine Kombination aus Schallpegelmessungen und einer sensorgestützten Prozessanalyse genau diese Arbeitsschritte während der Be- und Entladeprozesse an Einzelhandelsfilialen mit bodentiefer und Rampenentladung. Dabei wird zwischen einem Ist-Zustand unter Realbedingungen und optimierten Belieferungen mit geräuscharmem Equipment sowie angepasstem Mitarbeiterverhalten unterschieden. Erste Ergebnisse zeigen, dass technische Maßnahmen (z. B. lärmarme Rollen) und Änderungen im Mitarbeiterverhalten Reduktionen ermöglichen.

Rechtlich bildet die TA Lärm in Deutschland den maßgeblichen Rahmen. Bei der Genehmigung oder Änderung von Betriebszeiten ist zu prüfen, ob die Immissionsrichtwerte am nächstgelegenen schutzbedürftigen Immissionsort, wie bspw. einer Wohnung, eingehalten werden. Die zulässigen Werte variieren je nach Gebietsausweisung (z. B. Gewerbe-, Misch- oder Wohngebiet). Für Unternehmen bedeutet dies, dass jede Nachtbelieferung standortspezifisch bewertet werden muss, wobei der Abstand zur Wohnbebauung, die Anzahl und Dauer der Anlieferungen und die eingesetzte Technik die Genehmigungsfähigkeit beeinflussen.

Die Ergebnisse zeigen, dass geräuscharme Nachtlogistik als Konzept funktioniert und umgesetzt werden kann. Zur Einschätzung der Eignung von Filialen für Nachtbelieferungen hat das Fraunhofer IML mit der Software SNAP eine digitale Entscheidungsunterstützung entwickelt. Sie basiert auf Geodaten und vereinfachten Abstandsmodellen und ermöglicht eine erste Bewertung, ob Standorte geeignet, bedingt geeignet oder nicht geeignet sind. Detaillierte Prognosen durch Lärmgutachter bleiben zwar weiterhin erforderlich, können aber gezielter angestoßen werden.



Geräuschquellen bei der Filialanlieferung (Quelle: Fraunhofer IML)

Zusammenfassend zeigt sich: Geräuscharme Logistik ist kein Nischenthema, sondern ein integraler Baustein nachhaltiger urbaner Logistikverkehre. Durch die Kombination aus batterieelektrischen Antrieben und geräuscharmen Umschlagprozessen lassen sich Zielkonflikte zwischen Versorgungssicherheit und Lebensqualität entschärfen. Die Ausweitung von Zustellzeiten bei nachweislich geräuscharmer Anlieferung kann dabei sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile realisieren und führt nicht nur in der Nacht zur stärkeren Nutzung lokal emissionsfreier Fahrzeuge, sondern auch am Tage.

Download Studie: https://s.fhg.de/Handbuch-Geraeuscharme-Logistik

Daniela Kirsch
Teamleiterin Urbane Logistik
und Elektromobilität
Fraunhofer IML

Mehr Freiheitsgrade im DC Bahnstromnetz: Wann gesteuerte Stromrichter sinnvoll sind

Im Zuge der Neufassung der IEC 62590-2-2 [1] werden gesteuerte Stromrichter für die Energieversorgung gleichspannungsbetriebener Bahnen sowie deren grundlegende Einstellmöglichkeiten beschrieben. Ein Fachbeitrag in [2] greift dieses Thema auf und konkretisiert, welche Aspekte bei der Parametrierung und beim Betriebsverhalten gesteuerter Stromrichter zu berücksichtigen sind.

Während konventionelle Diodengleichrichter durch ihre Robustheit, hohe Verfügbarkeit und ihren hohen Wirkungsgrad weiterhin klare Vorteile für Betreiber bieten, sind die Freiheitsgrade im Betrieb aufgrund des passiven Betriebsverhaltens der Dioden begrenzt. Aktiv regelbare Stromrichter eröffnen demgegenüber zusätzliche Optionen für einen flexibleren Netzbetrieb.

Nicht zuletzt durch die Neunovellierung von [1] rücken gesteuerte Stromrichter sowohl bei Neubau („Greenfield"-) als auch bei Modernisierungsvorhaben bestehender Netze („Brownfield"-Projekte) stärker in den Fokus. Gleichzeitig bleiben konkrete Anwendungsfälle und Betriebsszenarien in Normen und Richtlinien häufig abstrakt, was auf Betreiberseite zu Unsicherheiten hinsichtlich Nutzen, Grenzen und Einsatzbedingungen solcher Systeme führt. Es lohnt sich demnach einen genaueren Blick auf dieses Thema zu richten.

ARCHITEKTUREN GESTEUERTER STROMRICHTER FÜR DEN EINSATZ IN GUW

Generell wird zwischen zwei Architekturen von regelbaren Stromrichtern für den Einsatz in einem Gleichrichterunterwerk (GUW) unterschieden:

- In beiden mögliche Lastflussrichtungen aktive Vierquadrantensteller (4QS) als „All-In-One"-Lösung und
- eine Kombination aus konventionellem Diodengleichrichter mit antiparallelem steuerbarem Stromrichter sowie Anpasstransformator.

Beiden Architekturen ist gemein, dass sie überschüssige Bremsenergie in das vorgelagerte Netz zurückspeisen und somit zur Steigerung der Energieeffizienz des Gesamtsystems beitragen können. Diese Eigenschaft gewinnt zunehmend auch aus Sicht von Planern und Betreibern an Bedeutung.

Darüber hinaus ermöglichen 4QS zusätzliche Freiheitsgrade im Betrieb, etwa die dynamische Regelung der Sammelschienenspannung sowie das in seinen technischen Grenzen frei einstellbare Blindleistungsverhalten am Netzanschlusspunkt. Damit können diese „All-In-One"-Lösungen über die Rückspeisefähigkeit hinaus auch einen Beitrag zur Netzstabilität bei sich ändernden betrieblichen Anforderungen leisten.

In Fachzeitschriften und bei Herstellern werden hierzu vielfältige Anwendungsmöglichkeiten beschrieben, die jedoch stets im konkreten Netz und Betriebskontext bewertet werden müssen und daher in diesem Beitrag nicht weiter vertieft werden. Ausgewählte Anwendungen sind in [3; 4; 5; 6] zu finden.

VORGEHENSWEISE, UM SICH EINEM STEUERBAREN STROMRICHTER FÜR DEN BETRIEB ZU NÄHERN

Die nachfolgenden Darstellungen werden durch Bild 1 unterstützt.

Am Beginn jeder Betrachtung sollte die Frage stehen, welche aktuellen oder absehbaren Schwachstellen und Handlungsbedarfe im jeweiligen Bahnenergieversorgungsnetz bestehen. Diese können sich aus Netzberechnungen, geplanten Neu-/Ausbauvorhaben, betrieblichen Erfahrungen oder Änderungen im Betriebsablauf, zum Beispiel Taktverdichtungen im Fahrplan, ergeben.

Bereits die Beantwortung dieser Frage entscheidet darüber, ob der Einsatz gesteuerter Stromrichter gegenüber konventionellen Lösungen überhaupt einen Mehrwert bieten kann. Erst in einem zweiten Schritt ist zu bewerten, inwieweit identifizierte Handlungsbedarfe technisch tatsächlich durch regelbare Stromrichter adressierbar sind.

Die Rückspeisung von Bremsenergie stellt dabei lediglich einen möglichen Nutzen dar. Weitere Funktionen, wie die dynamische Spannungsregelung innerhalb der in EN 50163 [7] definierten Grenzen, können die Betriebsstabilität durch eine verbesserte Spannungshaltung an den Fahrzeugstromabnehmern entlang der Strecke erhöhen, (n 1)-Betriebsfälle abfedern und eine gezielte Lastverschiebung zwischen GUW ermöglichen.

Nachgelagert sind prinzipielle Integrationsaufwände zu betrachten. Diese Aufwände umfassen Belüftungs- und Akustikkonzepte sowie die Ermittlung von Platzreserven in den für den gesteuerten Stromrichtereinsatz ausgemachten GUW.

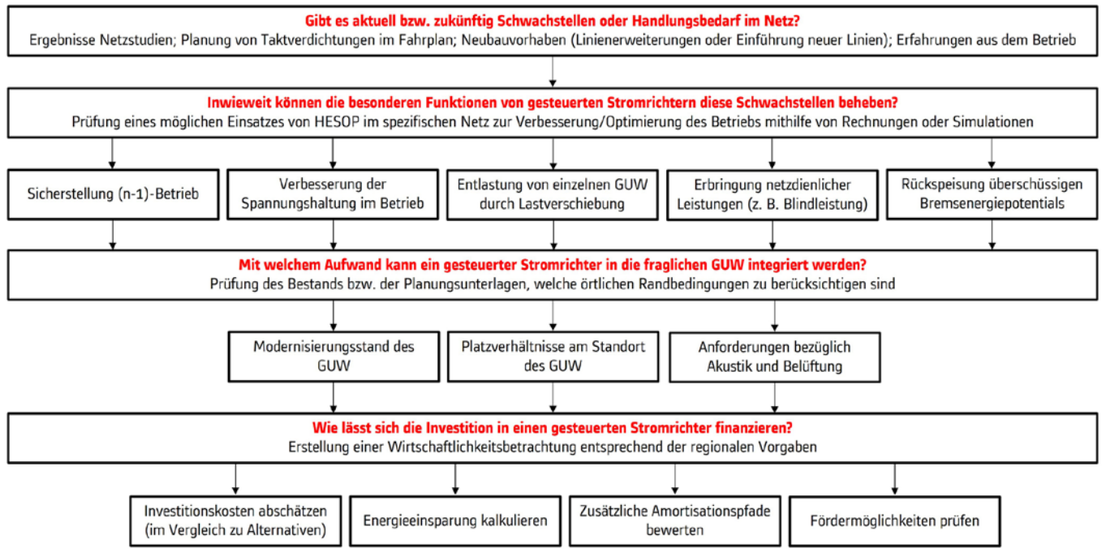


Bild 1: Vorgehensweise bezüglich der Entscheidungsfindung zur Beschaffung gesteuerter Stromrichter. © ALSTOM Transport Deutschland GmbH

Weiterhin sollte bei Brownfield-Projekten das fragliche GUW zumindest einen gewissen Modernisierungsbedarf, z. B. im Zuge von Retrofit-Maßnahmen, aufweisen, um für den Umbau in Frage zu kommen.

Erst zum Schluss sollte in einem Differenzenvergleich unter Einbeziehung wirtschaftlich-betrieblicher Faktoren die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung vollzogen werden.

Der Einsatz gesteuerter Stromrichter ist kein Selbstzweck, sondern stets im Kontext der netzspezifischen Randbedingungen, betrieblichen Anforderungen und langfristigen Planungen zu bewerten. Da jedes Bahnenergieversorgungsnetz individuelle Charakteristika aufweist, erfordert die Auslegung einer geeigneten Lösung einen frühen und offenen Dialog zwischen Betreiber, Planer und Industrie.

Literatur

[1] prEN IEC 62590-2-2:2024: Bahnanwendungen – Leistungstechnische Stromrichter für ortsfeste Anlagen – Teil 2-2: Gleichstrom Anwendungen – Gesteuerte Stromumrichter (IEC 9/3105/CDV: 2024)

[2] Halank, A.; Drücke, J.: Betriebspunktoptimierung in DC-Bahnenergieversorgungssystemen mittels Kennliniendesign. Erschienen in: Elektrische Bahnen (eb) 124 (2026), Heft 3, S. 86-94.

[3] Hüttig, F.; Stephan, A.; Lauwerie, P.; Robrade, A.-L.; Söffker, C.: Systemoptimierung von DC-Bestandsnetzen durch gezielten Einsatz von Hesop. Erschienen in: Elektrische Bahnen (eb) 120 (2022), Heft. 8, S. 286-294.

[4] Jonassen, I.; Maurin, F.; Söffker, C.: Betriebsaufnahme von Hesop bei der Hamburger Hochbahn AG. Erschienen in: Elektrische Bahnen (eb) 120 (2022), Heft. 3, S. 74-82.

[5] Meishner, F.; Hüttig, F.: Lastflussmanagement mittels Stromrichterregelung zur Erhöhung von Speiseabschnittslängen. Erschienen in: Elektrische Bahnen (eb) 124 (2026), Heft 3, S. 95-101.

[6] Söffker, C.; Hüttig, F.; Peppel, T.; Harmening, T.; Klausner, S.: Erkenntnisse aus dem Betrieb des neuartigen Gleichrichterunterwerkes GUW+ bei der ÜSTRA in Hannover. Erschienen in: DER NAHVERKEHR 42 (2024), Hft 6, S. 29-36

[7] EN 50163:2005: Bahnanwendungen – Speisespannungen von Bahnnetzen.

Felix Hüttig
Sales Manager
ALSTOM Transport Deutschland GmbH

Radlogistik 2026: Stagnation auf hohem Niveau – Potenziale bleiben groß

Der Branchenreport Radlogistik 2026 zeigt ein ambivalentes Bild: Nach mehreren Jahren dynamischen Wachstums erreicht die Branche aktuell eine „rote Null". Das bedeutet wirtschaftliche Stagnation – allerdings auf einem deutlich höheren Niveau als noch vor wenigen Jahren.

Die Radlogistik hat sich zu einem eigenständigen Wirtschaftsökosystem entwickelt. Insgesamt umfasst die Branche rund 258 Akteure, verteilt auf drei zentrale Säulen: operative Logistikunternehmen (107), Hersteller (64) sowie Dienstleister (75). Während Hersteller und Dienstleister weiter wachsen, zeigt sich bei den operativen Unternehmen erstmals ein leichter Rückgang – ein Hinweis auf beginnende Konsolidierung.

Die Branche entfernt sich damit zunehmend von ihrer Nischenrolle und etabliert sich als fester Bestandteil urbaner Logistiksysteme. Gleichzeitig steigen Professionalisierung und Wettbewerbsdruck.

Unternehmenstyp Radlogistik	Anzahl
Beratung, Kommunikation, Marketing u. ä.	34
Handel, Service, Werkstätten und ähnliche Dienstleistungen	41 (+4)
F&E-Einrichtung	12
Transport von Waren und Gütern mit Lastenrädern/-anhängern	107 (-5)
Hersteller/Marke von Aufbauten und anderen Komponenten	32 (+2)
Hersteller von Lastenrädern oder Anhängern	32 (+3)

Tabelle 1: Strukturdaten des Ökosystems Radlogistik

Trotz der angespannten wirtschaftlichen Lage bleibt der Arbeitsmarkt robust. Seit 2020 hat sich die Zahl der Beschäftigten sich mehr als verdoppelt auf rund 5.500. Für 2026 erwarten 81 % der Unternehmen konstante oder steigende Beschäftigtenzahlen (s. Abb. 1).
Diese Entwicklung zeigt: Die Branche hat sich als relevanter Arbeitgeber im Kontext der Verkehrswende etabliert – auch wenn aktuell erste Konsolidierungseffekte sichtbar werden.

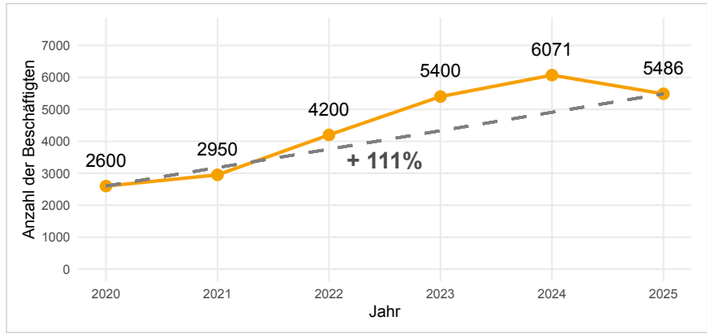


Abb. 1: Entwicklung der Beschäftigtenzahlen im Ökosystem Radlogistik (2021 – 2025). © Radlogistikverband Deutschland e. V.

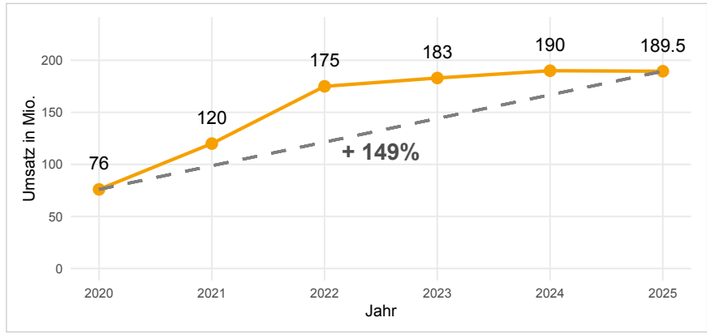


Abb. 2: Umsatzentwicklung im Ökosystem Radlogistik (2021 – 2025). © Radlogistikverband Deutschland e. V.

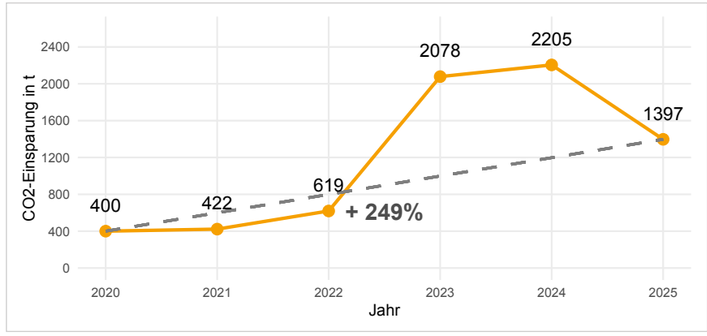


Abb. 3: Entwicklung der durch die operative Radlogistik induzierten CO_2-Einsparungen (2021 – 2025). © Radlogistikverband Deutschland e. V.

Der Branchenumsatz liegt bei rund 189,5 Mio. € und konnte im Vergleich zum Vorjahr stabil gehalten werden. Seit 2020 entspricht das einem Wachstum von 149 % (s. Abb. 2).
Für die kommenden Jahre bleibt die Erwartung positiv: Unternehmen rechnen im Schnitt mit einem jährlichen Wachstum von 14 %.

Trotz kurzfristiger Zurückhaltung deutet vieles auf eine langfristig stabile Marktentwicklung hin.

Die Produktion von Lastenrädern und Anhängern bleibt stabil bei rund 36.900 Einheiten jährlich. Besonders prägend ist der hohe Anteil elektrifizierter Fahrzeuge: 79 % der verkauften Modelle sind Pedelecs.
Deutschland bleibt wichtigster Absatzmarkt, gleichzeitig wächst die internationale Bedeutung. 43 % der Hersteller exportieren ihre Produkte, vor allem innerhalb Europas. Diese Entwicklung zeigt: Die Radlogistik ist technologisch ausgereift und zunehmend international wettbewerbsfähig.

Ein zentrales Argument für die Radlogistik bleibt ihre ökologische Wirkung. 2025 wurden rund 5,4 Mio. Kilometer per Lastenrad zurückgelegt und etwa 1.400 Tonnen CO_2 eingespart. Damit steigen die Einsparungen seit 2020 um den Faktor 2,5 – ein deutlicher Beleg für die steigende Relevanz im Klimaschutz (s. Abb. 3).

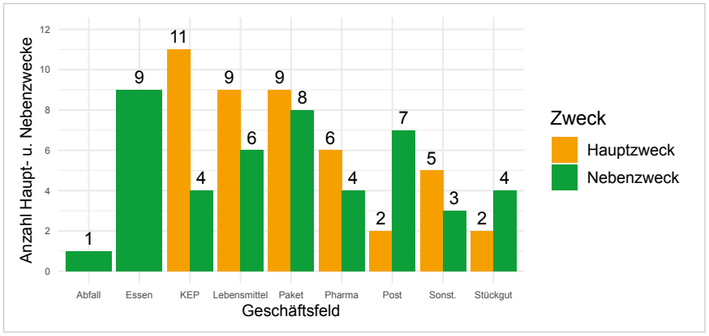


Abb. 4: Haupt- und Nebenzwecke der Radlogistikunternehmen (Mehrfachnennung möglich) 2026.
© Radlogistikverband Deutschland e. V.

Zudem benötigen Commercial Cargo Bikes nur etwa 10 % der Energie konventioneller Nutzfahrzeuge – ein klarer Kostenvorteil im Betrieb.

Die operative Radlogistik ist stark lokal geprägt: 92 % der Unternehmen sind innerhalb einzelner Städte oder Regionen aktiv. Schwerpunkte liegen weiterhin im KEP- und Lebensmittelsektor, gleichzeitig wächst die Bedeutung spezialisierter Anwendungen. Die Branche entwickelt sich zunehmend zu einem flexiblen Problemlöser für urbane Logistik (s. Abb. 4).
Parallel nimmt die Integration in Wertschöpfungsketten zu: Rund 15 % der Umsätze entstehen in ergänzenden Bereichen wie IT, Wartung oder Lagerlogistik.

Trotz positiver Perspektiven bestehen weiterhin strukturelle Hürden: der Mangel an innerstädtischen Flächen für Micro-Hubs, unzureichende Radverkehrsinfrastruktur, Fehlanreize zugunsten fossiler Antriebe sowie bürokratische Hürden.

Die Branche fordert daher klare politische Maßnahmen: Ausbau der Infrastruktur, stabile Förderprogramme, Zero-Emission-Zonen sowie einen innovationsfreundlichen Rechtsrahmen.

Die Radlogistik befindet sich 2026 in einer Transformationsphase. Das starke Wachstum der vergangenen Jahre geht in eine Phase der Stabilisierung über. Die zentralen Stärken – Effizienz, Klimawirkung und urbane Eignung – bleiben bestehen. Entscheidend für die weitere Entwicklung wird sein, ob es gelingt, die politischen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen anzupassen.

Langfristig bleibt die Radlogistik damit ein Schlüsselbaustein für eine nachhaltige und stadtverträgliche Logistik.

Der Branchenreport Radlogistik 2026 des Radlogistikverbands Deutschland basiert auf einer Umfrage unter Unternehmen und Organisationen der Branche. Insgesamt wurden 74 vollständig ausgefüllte Fragebögen ausgewertet. Die Ergebnisse werden anhand von Strukturdaten auf das gesamte Ökosystem hochgerechnet und sind daher als vorsichtige Extrapolation zu verstehen. Große Logistiksystemdienstleister sowie Hersteller mit starkem Fokus auf Privatkund:innen sind nicht Bestandteil der Analyse.

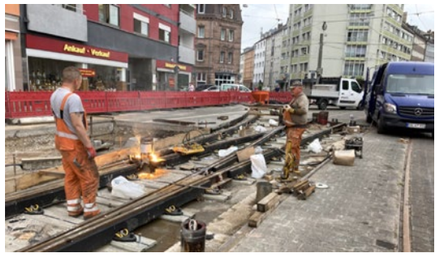
Laurin Neusch
Leitung der Geschäftsstelle
Radlogistikverband Deutschland e. V.

Instandhaltung der Schieneninfrastruktur bei der VAG Nürnberg

Strategische Verantwortung für Qualität, Sicherheit und Resilienz im urbanen öffentlichen Verkehr

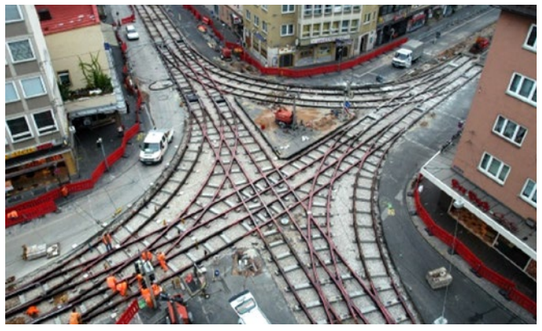
Die Leistungsfähigkeit des öffentlichen Personennahverkehrs auf der Schiene hängt neben dem Fahrbetrieb und der Fahrzeuge in erheblichem Maße von der Qualität und Verfügbarkeit seiner Infrastruktur ab. Als Betreiberin des U Bahn und Straßenbahnnetzes in Nürnberg trägt die Verkehrs Aktiengesellschaft Nürnberg (VAG) eine zentrale Verantwortung für die sichere, zuverlässige und wirtschaftliche Bereitstellung dieser technischen Systeme. Die Instandhaltung ist dabei weit mehr als eine operative Aufgabe. Sie ist ein strategisches Handlungsfeld, das maßgeblich zur Funktionsfähigkeit des Verkehrssystems, zur Akzeptanz des ÖPNV und zur nachhaltigen Entwicklung urbaner Mobilität beiträgt.

Stellwerk Relaisbauigruppen. © VAG Nürnberg



Herstellen Schweißverbiundung. © VAG Nürnberg

Fahrgastinformation Reparatur. © VAG Nürnberg



Weiche Reparatur. © VAG Nürnberg

Ziel der Instandhaltung ist die tägliche Bereitstellung einer qualitativ hochwertigen, sicheren und verfügbaren Infrastruktur. Dieser Anspruch basiert auf qualifizierten und engagierten Mitarbeitenden, klar definierten Strukturen sowie transparenten Prozessen und Verantwortlichkeiten. Neben der reaktiven Behebung von Störungen ist der präventive und vorausschauende Ansatz ein wichtiger Aspekt. Durch systematische Zustandsbewertung, risikobasierte Priorisierung und langfristige Planung sollen ungeplante Ausfälle reduziert und die Lebensdauer der Anlagen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimiert werden.

Die Schieneninfrastruktur der VAG gliedert sich in unterschiedliche Gewerke mit jeweils spezifischen technischen und organisatorischen Anforderungen. Zu den baulichen Anlagen zählen Tunnel, Brücken, Rampen, Stützmauern, Leitstellengebäude sowie Haltestellenbauwerke mit ihren betrieblichen, sicherheitsrelevanten und kundenorientierten Einrichtungen. Der mechanische Bereich umfasst Gleise, Weichen, den Oberbau sowie Fahrleitungs und Stromschienenanlagen. Eine stabile und ausfallsichere Energieversorgung wird durch Transformatoren, Gleichrichter, Schaltanlagen, unterbrechungsfreie Stromversorgungen und Notstromsysteme sichergestellt. Weiterhin sind IT Systeme, Funk und Videoanlagen sowie dynamische Fahrgastinformationssysteme heute integraler Bestandteil der Schienenbahninfrastruktur. Die U-Bahn verfügt zusätzlich über ein Zugsicherungssystem bestehend aus Stellwerken, einem Betriebsleitsystem und auf den Linien U2 und U3 über ein ATC-System und Bahnsteigsicherungssystem, was einen automatischen Zugbetrieb ohne Fahrer ermöglicht.

Die Verfügbarkeit der Anlagen beeinflusst unmittelbar die Pünktlichkeit und die wahrgenommene Qualität des Angebots. Redundanzen ermöglichen auch unter besonderen Betriebs- oder Störfallbedingungen einen sicheren und verfügbaren Betrieb. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an IT Betrieb, Informationssicherheit und Risikomanagement, da Verkehrsunternehmen als Teil der kritischen Infrastruktur einem erhöhten Schutzbedarf unterliegen.

Die Organisation der Instandhaltung bei der VAG ist konsequent an definierten Qualitätszielen ausgerichtet. Dazu zählen insbesondere eine hohe Anlagenverfügbarkeit, sichere und ordnungsgemäße Betriebszustände sowie hochwertige Haltestellen und Informationsangebote. Für die U Bahn und Straßenbahninfrastruktur bestehen konkrete Verfügbarkeitsziele, die als Steuerungsgrößen für Planung, Priorisierung und Ressourceneinsatz dienen. Störungen werden anhand ihrer betrieblichen und sicherheitsrelevanten Auswirkungen klassifiziert und abhängig von ihrer Kritikalität innerhalb klar definierter Servicelevels bearbeitet. Die transparente Überwachung der Zielerreichung ist fester Bestandteil des Qualitätsmanagements.

Grundlage einer wirksamen Instandhaltung ist eine systematische Zustandsbewertung der Anlagen sowie eine gesicherte Ersatzteilverfügbarkeit. Die Planung von Maßnahmen berücksichtigt neben technischen Erfordernissen auch betriebliche Auswirkungen, Fahrplanstabilität, Sicherheitsanforderungen und die rechtzeitige Information der Fahrgäste. Planung und Durchführung erfolgen in klar abgegrenzten Rollen mit eindeutiger Verantwortung für Arbeitssicherheit, betriebliche Sicherheit und fachgerechte Ausführung.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor ist die Qualifikation des Personals. Die Vielfalt der Gewerke erfordert unterschiedliche fachliche Grund und Zusatzqualifikationen, ergänzt durch regelmäßige Schulungen, medizinische Tauglichkeiten sowie die kontinuierliche Anpassung an rechtliche, technische und normative Entwicklungen.

Vor dem Hintergrund von Urbanisierung, Klimawandel und technologischem Fortschritt gewinnt zudem die langfristige Resilienz der Schieneninfrastruktur an Bedeutung. Zunehmende Extremwetterereignisse, steigende Anforderungen an Energieeffizienz sowie die fortschreitende Digitalisierung verändern die Rahmenbedingungen der Infrastrukturinstandhaltung nachhaltig. Für Verkehrsunternehmen bedeutet dies, Instandhaltungsstrategien kontinuierlich weiterzuentwickeln, Zustandsdaten stärker datenbasiert zu nutzen und Schnittstellen zwischen Technik, Organisation und IT enger zu verzahnen.

Die Instandhaltung übernimmt dabei eine vermittelnde Rolle zwischen Betrieb, Investitionsplanung und strategischer Unternehmensentwicklung. Sie trägt zur Stabilität des laufenden Betriebs ebenso bei wie zur Vorbereitung zukünftiger Anforderungen, etwa durch neue Fahrzeugkonzepte, Automatisierung oder veränderte Nutzungsmuster im Mobilitätsverhalten. Damit wird sie zunehmend zu einem zentralen Element der Governance urbaner Verkehrssysteme.

Die Instandhaltung der Schieneninfrastruktur bei der VAG Nürnberg steht damit exemplarisch für einen integrierten Ansatz, der Technik, Organisation und Digitalisierung miteinander verbindet. Sie leistet einen wesentlichen Beitrag zur Resilienz urbaner Verkehrssysteme und schafft die Grundlage für einen leistungsfähigen, sicheren und zukunftsfähigen öffentlichen Verkehr.

Konrad Schmidt
Director Infrastructure Light Rail and Metro
VAG Nürnberg

Emissionen im Straßenverkehr | Mehr als Abgase

Am Institut für Thermodynamik und nachhaltige Antriebssysteme | ITnA der TU Graz werden unter anderem Messungen und Simulationen zu Energieverbrauch, Abgas- und Nicht-Abgasemissionen von Kfz durchgeführt. Am ITnA wird seit über 20 Jahren dafür ein detailliertes Fahrzeugmodell stetig weiterentwickelt, mit dem sich Kfz vom Mofa bis zum großen Sattelzug virtuell im realen Verkehr bewegen. Kräfte, Drehmomente, Leistungen etc. werden dabei für alle relevanten Komponenten mit Hilfe der Fahrzeugdynamik modelliert, die Emissionen damit dann aus gemessenen Abhängigkeiten berechnet. Mit diesem Modell „PHEM" werden alle „Real-World" Daten für das EU-weit genutzte Handbuch Emissionsfaktoren | www.hbefa.net | berechnet.

Die Messmethoden zu den „Nicht-Abgasemissionen" sind derzeit weitgehend noch nicht standardisiert, Ausnahme ist der Bremsentest für PKW und leichte Nutzfahrzeuge. Weiters werden bei vielen internationalen Messkampagnen nicht alle wesentlichen Größen der Fahrten erfasst, sodass bislang nur nutzbare Messdaten an acht Bremsen und sechs Reifen als Modellbasis verfügbar sind. Dementsprechend beinhalten die hier vorgestellten Mess- und Simulationsergebnisse noch einige Unsicherheiten.

Die Ergebnisse der Emissionssimulation zeigen, dass Bremsstaub den größten Anteil an PM10[1] des Straßenverkehrs hat, gefolgt von Straßen- und Reifenabrieb. PM10 aus dem Abgas hat in den meisten Verkehrssituationen bereits einen Anteil von weniger als zehn Prozent. Der Beitrag von aufgewirbelten Partikeln hängt von den örtlichen Bedingungen ab und kann höher sein als der von Straßen- und Reifenabrieb.

Mit der Euro-7 Emissionsgesetzgebung werden erstmals Grenzwerte für PM10 von Bremsenabrieb sowie für gesamten Abrieb von Reifen eingeführt. Für schwere Nutzfahrzeuge sind dafür derzeit noch weder die Testverfahren noch die Grenzwerte fixiert, sollen aber für neue Typen ab Jänner 2030 für Bremsen und ab April 2030 für C2-Reifen und 2 Jahre danach auch für C3 Reifen gelten. Hier folgt die EU einem sehr ambitionierten Zeitplan, der wegen notwendiger Entwicklungszeiten bei den Fahrzeugherstellern schwer umsetzbar sein wird.

Durch diese Grenzwerte und die zunehmende Elektrifizierung von Fahrzeugantrieben werden die Brems- und Abgasemissionen in Zukunft höchst wahrscheinlich deutlich sinken. Das Reduktionspotenzial für Reifenabrieb ist dagegen aus heutiger Sicht eher begrenzt. Folglich wird der relative Anteil von Reifen- und Straßenabrieb sowie von aufgewirbelten Partikeln an den gesamten PM-Emissionen des Verkehrs zunehmen.

[1] PM10 beschreibt die Masse der emittierten Partikel mit einem Durchmesser unter 10 Mikrometern.

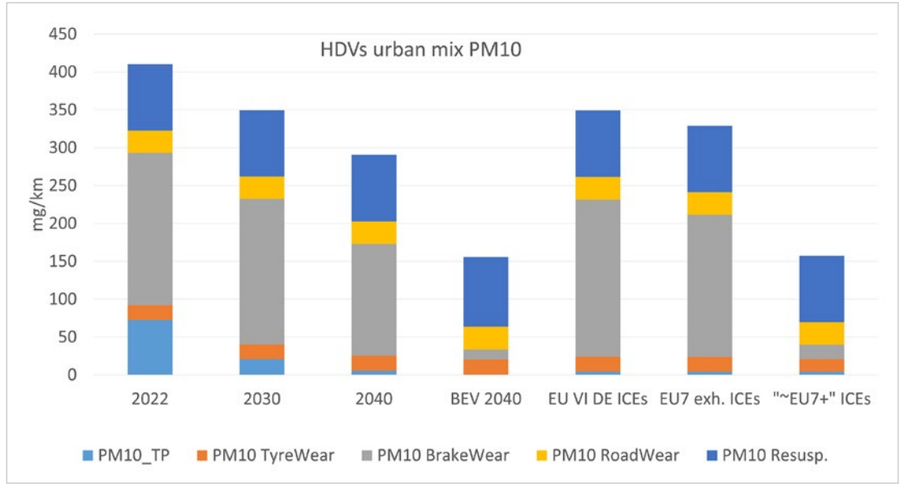


Abb. 1: Berechnete Partikelemissionen aus Abgas und Abrieb der Nutzfahrzeug-Flotte im Innerortsverkehr. © TU Graz

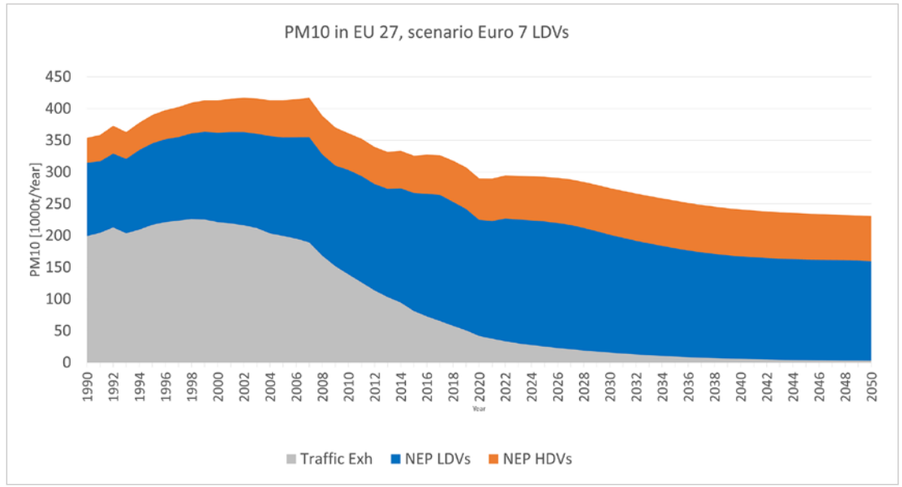


Abb. 2. © TU Graz

Abbildung 1 zeigt die berechneten PM10-Emissionen von schweren Nutzfahrzeugen im Innerortsverkehr. Dabei sind unterschiedliche Fahrmuster für Morgen- und Abendspitzen, freier Verkehr in Randstunden etc. berücksichtigt. Die Flotte der Heavy Duty Vehicles | HDVs 2022 bis 2040 zeigt den Mix aus allen Antriebsystemen, wobei der Anteil batterieelektrischer | BEV und hybrider Antriebe zunehmen wird. Wegen der Möglichkeit von elektrischem, rekuperativem Bremsen haben diese weniger Bremsabrieb, was die etwas höheren Reifen- und Fahrbahnabriebpartikel wegen der höheren Fahrzeugmasse deutlich überkompensieren dürfte. „Euro VI DE ICEs" stellen den Mittelwert von derzeitigen Typen an LKW mit Dieselmotoren dar, „Euro 7+ ICE" zeigt das Potenzial kommender Euro 7 Technologien mit Verbrennungsmotoren, wobei niederemittierende Bremssysteme mit beschichteten Scheiben oder Trommelbremsen und optimierte Dauerbremsen verwendet werden müssten, um diese Bremsemissionen zu erreichen. Mit diesen Technologien hätten LKW mit Verbrennungsmotor dann ähnliche Partikelemissionsniveaus wie elektrische LKW, während sie heute im Vergleich zu BEVs insbesondere im Stadtverkehr hohe Bremsemissionen aufweisen.

Der Bremsverschleiß auf Autobahnen ist deutlich geringer als im Stadtverkehr, da die Anzahl der Bremsvorgänge pro Kilometer deutlich geringer ist. Bei schweren Nutzfahrzeugen reduziert der effizientere Einsatz der Dauerbremsen (Motor und Retarder) im Autobahnbereich im Vergleich zum Stadtverkehr zusätzlich die Bremsemissionen.

Abbildung 2 zeigt Simulationsergebnisse für PM10 des Straßenverkehrs nach Abgas | Exhaust und Nicht-Abgas | NEP für PKW, leichte Nutzfahrzeuge | LDVs und schwere Nutzfahrzeuge | HDVs. Während die Abgasemissionen dank moderner Filtertechnologien deutlich sinken, nehmen die Nicht-Abgasemissionen in Summe wenig ab. Zwar sinken die Bremsemissionen merklich, die steigenden Verkehrsmengen dürften die Minderungen im Bremsenabrieb durch mehr Straßenabrieb und Wiederaufwirbelung jedoch fast kompensieren.

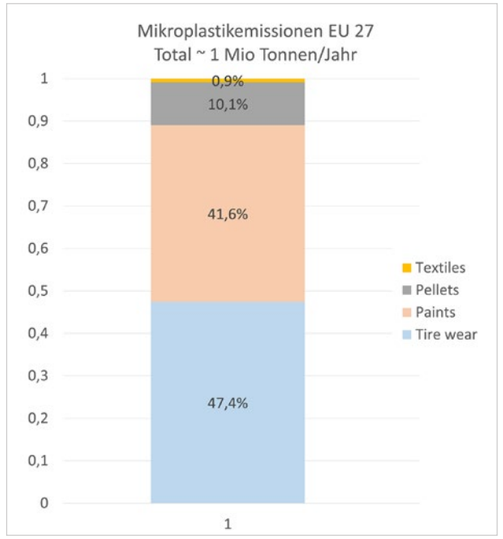


Abb. 3: Berechnete Anteile an den Mikroplastikemissionen in der EU. © TU Graz

Neben den luftgetragenen und damit lungengängigen Partikeln (PM10 und kleiner) ist auch die gesamte Partikelmenge wegen der Kontaminierung von Boden und Wasser relevant. Hier sind insbesondere die „Mikroplastik" Emissionen relevant. Zu diesen trägt der Reifenabrieb etwa 45 Prozent bei, siehe Abbildung 3. Die kommenden Euro 7 Limits für Reifenabrieb werden aus heutiger Sicht etwa die steigenden Verkehrsmengen kompensieren, aber zu keiner Reduktion führen.

Unsere Forschungen zu dem Thema werden unter anderem vom Schweizer BAFU und einem Lead Projekt der TU Graz (NExT, Non Exhaust Topics) unterstützt.

Prof. Dr. Stefan Hausberger
Institut für Thermodynamik und nachhaltige Antriebssysteme
TU Graz

I.N.T.E.R.V.I.E.W

Stephan Rabl
Geschäftsführer des Landesverbands Bayerischer Omnibusunternehmen (LBO) e. V.

Der LBO setzt sich als Landesverband Bayerischer Omnibusunternehmen für knapp 1.000 Bus-Unternehmen in Bayern ein. Was sind aktuell die größten Herausforderungen für die Branche?

Die Herausforderungen sind derzeit so vielfältig wie selten zuvor. Unsere überwiegend familiär geführten kleinen und mittelständischen Unternehmen stehen unter erheblichem wirtschaftlichem Druck: hohe und schwer langfristig kalkulierbare Energie-, Personal- und Finanzierungskosten treffen auf langjährige Verkehrsverträge, die solche Entwicklungen oft nicht oder nur verzögert abbilden. Gleichzeitig erwarten Politik und Gesellschaft zurecht mehr Klimaschutz, moderne Fahrzeuge und attraktive, kostengünstige Mobilitätsangebote – gerade auch im ländlichen Raum.

Hinzu kommen immer komplexere gesetzliche Vorgaben und ein enormer bürokratischer Aufwand (Stichwort: Deutschlandticket). Viele Unternehmer verbringen inzwischen deutlich mehr Zeit im Büro als in der Werkstatt oder auf der Straße. Dabei sind es gerade die Familienbetriebe, die in vielen Regionen Bayerns tagtäglich zuverlässig Mobilität sichern – ob im Schülerverkehr, im ÖPNV, im Reiseverkehr oder auch als Partner bei Schienenersatzverkehren.

Der LBO blickt auf 80 Jahre erfolgreiche Verbandsarbeit zurück. Wie hat sich diese Arbeit verändert – und warum braucht es den LBO heute mehr denn je?

Der LBO war immer Interessenvertretung, Sprachrohr und Dienstleister der Branche zugleich. Aber die Rahmenbedingungen sind deutlich komplexer geworden. Früher ging es oft um klassische Verkehrs- oder Gewerbefragen. Heute sprechen wir zusätzlich über Digitalisierung, Energiewende, alternative Antriebe, Fachkräftesicherung, Vergaberecht oder auch Cybersicherheit. Daneben ist auch die öffentliche und politische Wahrnehmung für die Branche gestiegen. Gerade deshalb braucht es einen starken Verband.

Die Mehrzahl unserer Mitgliedsbetriebe könnte die Vielzahl an politischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Entwicklungen und Vorgaben alleine nicht überblicken. Hierin sehe ich DIE Kernaufgabe eines Verbands: die Mitglieder zu entlasten, indem alle relevanten Dinge gebündelt, verständlich aufbereitet und entsprechend ihrer Wichtigkeit den Mitgliedern kommuniziert werden. Der LBO stellt das sicher, bündelt die Interessen der Branche und bringt die praktische Perspektive der Unternehmen in politische Entscheidungen ein. Und er schafft Austausch – denn viele Herausforderungen lassen sich gemeinsam besser lösen als allein.

Der Bustourismus – insbesondere Kurzreisen – erlebt derzeit einen Aufschwung. Worin sehen Sie die Gründe dafür?

Busreisen treffen den Zeitgeist. Viele Menschen wollen bewusst verreisen, aber ohne großen persönlichen Planungsaufwand. Dafür jedoch stressfrei und umweltfreundlich. Der Bus bietet hier ein sehr komfortables und gleichzeitig ein für jeden Geldbeutel attraktives Gesamtpaket. Dazu kommt: Busreisen sind gesellig, informativ und unkompliziert.

Gerade bei Kultur-, Wellness- oder Städtereisen schätzen viele Fahrgäste die Möglichkeit, entspannt anzukommen, ohne selbst fahren zu müssen. Unsere Unternehmen haben ihr Angebot in den vergangenen Jahren zudem stark modernisiert und professionalisiert. Moderne Reisebusse bieten heute ein Komfortniveau, das viele überrascht.

Fahrer- und Fachkräftemangel bleiben große Themen. Wie geht die Branche damit um?

Der Fahrermangel ist und bleibt eine der größten Herausforderungen. Viele Unternehmen investieren intensiv in Ausbildung, Mitarbeiterbindung und moderne Arbeitsbedingungen. Auch als Tarifpartner sind wir bemüht, gemeinsam mit der Gewerkschaft einen attraktiven tariflichen Rahmen zu schaffen, der neues Personal lockt und bestehendes bindet.

Aber: das Berufsbild muss insgesamt attraktiver werden. Der Busfahrer trägt enorme Verantwortung und leistet einen wichtigen Beitrag für unsere Gesellschaft! Das verdient mehr öffentliche Anerkennung. Gleichzeitig braucht es auch politische Unterstützung – insbesondere bei der Reform der Ausbildung. Kosten für Führerschein und Berufskraftfahrerqualifikation von mittlerweile rd. 15.000 Euro sind nicht mehr sachgerecht. Als LBO fordern wir seit Jahren eine Angleichung der Ausbildung an viele unserer europäischen Nachbarländer. Dort sind die Kosten ein vielfaches niedriger und die Ausbildungsqualität gleichermaßen hoch.

Blicken wir nach vorne: Wie wird die Busbranche in zehn oder zwanzig Jahren aussehen?

Der Bus wird auch in Zukunft ein unverzichtbarer Bestandteil moderner Mobilität sein – gerade in einem Flächenland wie Bayern. Die Branche wird digitaler, vernetzter und technologisch vielfältiger werden. E-Busse werden im Nah- wie auch im Fernverkehr die Regel sein. Daneben wird es eine Nische geben für z. B. H2-Fahrzeuge. Viele Busse im Nahverkehr werden autonom und auf Abruf des Fahrgastes (on demand) unterwegs sein.

Insgesamt ist unsere Hoffnung, dass der Bus den Stellenwert erhält, den er – angesichts der Herausforderungen gerade im Verkehrssektor, wie z. B. Klimaschutz, Bezahlbarkeit, Entlastung der Infrastruktur – verdient.

Entscheidend wird aber sein, dass Politik und Gesellschaft die mittelständischen Strukturen der Branche in der Fläche erhalten. Denn verlässliche öffentliche Mobilität vor Ort sichern einzig und allein lokal verwurzelte Unternehmen.

Die berechnete Reise: Wie KI den Bahnverkehr planbarer macht

Wenn Züge später fahren als geplant, entscheidet nicht allein die Abweichung vom Fahrplan über die wahrgenommene Reisequalität – sondern die Verlässlichkeit der Information. Moderne Prognosesysteme auf Basis von Künstlicher Intelligenz berechnen heute Millionen von Vorhersagen in Echtzeit. Sie machen komplexe Betriebslagen transparenter, unterstützen Planung und Kommunikation und zeigen, welchen Beitrag intelligente Datenverarbeitung für eine verlässlichere Mobilität leisten kann.

Abb. 1: Reisendeninformation. © Deutsche Bahn AG

„ICE 578 nach Hamburg, Abfahrt 14:50 Uhr, heute ca. 25 Minuten später."
In einem hoch ausgelasteten Schienennetz mit sehr hohem Bauvolumen, komplexen Betriebsabläufen und steigenden Anforderungen an die Infrastruktur leidet die Pünktlichkeit. Gerade hierbei kommt es darauf an, Fahrgäste verlässlich mit Echtzeitinformationen zu ihrer Reise zu versorgen.

ECHTZEITBEWERTUNG EINES KOMPLEXEN SCHIENENSYSTEMS

Damit gewinnt eine technische Lösung an Bedeutung, die für Reisende im Regelbetrieb unsichtbar bleibt: der KI-Prognoseautomat der Deutschen Bahn AG. Als Teil des Produktportfolios der Reisendeninformation verarbeitet er täglich mehrere Millionen Echtzeitdaten aus mehr als 20.000 Zugfahrten und berechnet dabei rund 150 Millionen Prognosen. Ziel ist es, Reisenden möglichst präzise Vorhersagen zu Ankünften, Abfahrten und Anschlüssen bereitzustellen – kontinuierlich aktualisiert und in Echtzeit verfügbar.

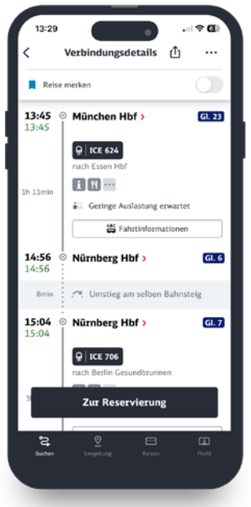


Abb. 2: Prognose im DB Navigator. © Deutsche Bahn AG

Die technischen Herausforderungen dahinter sind enorm. Der Bahnverkehr ist kein statisches System, sondern ein hochdynamisches Netzwerk gegenseitiger Abhängigkeiten. Die Verspätung eines Zuges kann Auswirkungen auf viele andere Züge haben und zum Beispiel Anschlüsse sowie Folgefahrten gefährden. Hinzu kommen kurzfristige infrastrukturelle Einflüsse wie Baustellen, Langsamfahrstellen oder Umleitungen. Klassische Fahrpläne stoßen unter diesen Bedingungen schnell an ihre Grenzen, da sie primär den geplanten Sollzustand abbilden.

Der Prognoseautomat setzt genau an dieser Stelle an. Mithilfe von Machine-Learning-Verfahren und einem Big-Data-Ansatz wird gelerntes Wissen mit aktuellen Echtzeitinformationen kombiniert. Das System erkennt Muster im Betriebsgeschehen, bewertet laufende Entwicklungen und berechnet daraus fortlaufend aktualisierte Prognosen für den weiteren Reiseverlauf. Dabei entstehen keine statischen Werte, sondern dynamische Vorhersagen, die die aktuelle Lage auf dem Netz abbilden und sich mit jeder neuen Information verändern können.

Besonders relevant ist dies bei komplexen Betriebssituationen. So fließen beispielsweise Sondermodelle für Langsamfahrstellen, baubedingte Umleitungen oder betriebliche Zugkonflikte (etwa bei eingleisigen Streckenabschnitten) in die Prognose-Berechnungen ein. Gerade in einem stark beanspruchten Netz können bereits kleine Abweichungen erhebliche Folgewirkungen erzeugen. Die Qualität der Prognose ist entscheidend dafür, wie frühzeitig und verlässlich Reisende auf Abweichungen reagieren und ihre Reise entsprechend anpassen können.

VERLÄSSLICHE INFORMATIONEN ALS ZENTRALER BESTANDTEIL DER REISE

Für Fahrgäste sind Konsistenz und Verlässlichkeit der Informationen immer wichtiger. Entscheidend ist nicht allein, ob ein Zug verspätet ist, sondern ob die angezeigte Prognose belastbar und nachvollziehbar bleibt – auf dem Bahnsteig, in den Fahrzeugen und in allen digitalen Auskunftskanälen, wie dem DB Navigator. Somit gewinnt die Reisendeninformation zunehmend an Bedeutung. Informationen begleiten den Verkehr nicht mehr nur – sie werden selbst zu einem zentralen Bestandteil eines verlässlichen Mobilitätssystems.

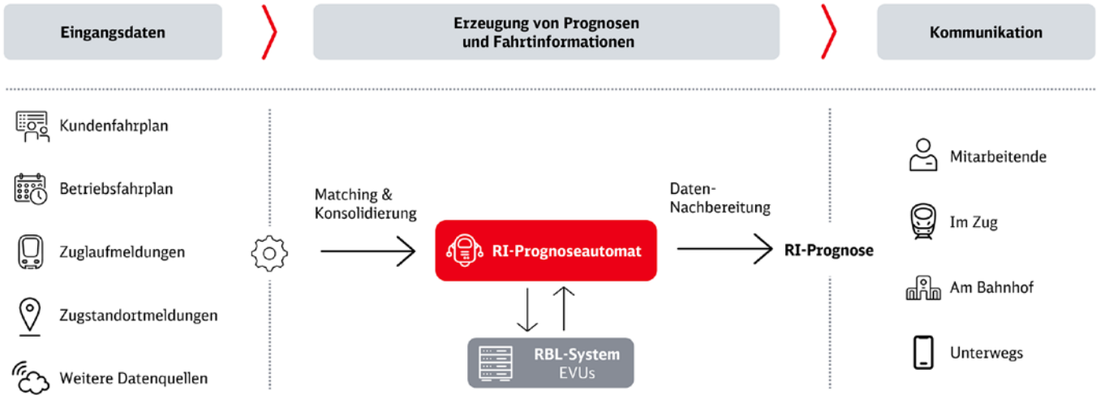


Abb. 3: Prozessablauf Prognoseberechnung - vereinfachte Darstellung. © Deutsche Bahn AG

Gleichzeitig bleibt allerdings wichtig zu verstehen, was eine Prognose leisten kann – und was nicht. Eine prognostizierte Abfahrtszeit ist keine Garantie und keine „neue Fahrplanzeit", sondern eine datenbasierte Einschätzung auf Grundlage der aktuell verfügbaren Informationen. Ändert sich die Betriebslage kurzfristig oder ist die zugrundeliegende Datenbasis unvollständig, verändern sich zwangsläufig auch die Vorhersagen.

DIGITALE PROGNOSEN ALS BAUSTEIN EINES PLANBAREN GESAMTSYSTEMS

Entscheidend ist daher nicht der Anspruch auf absolute Vorhersehbarkeit, sondern ein professioneller, nachvollziehbarer und konsistenter Umgang mit dynamischen Situationen. Moderne Prognosesysteme liefern genau das: Sie erhöhen die Verlässlichkeit von Informationen deutlich, machen Abweichungen frühzeitig sichtbar und ermöglichen es, fundierter zu planen und zu kommunizieren – für den Betrieb ebenso wie für Fahrgäste.

Der Prognoseautomat steht exemplarisch für diese Entwicklung. Er ersetzt keine Infrastrukturmaßnahmen und löst nicht auf direktem Weg Kapazitätsengpässe. Aber er zeigt, welchen Beitrag intelligente Datenverarbeitung leisten kann, um Mobilität trotz wachsender Komplexität planbarer zu machen. Der Bahnverkehr der Zukunft wird deshalb nicht allein durch neue Gleise und moderne Fahrzeuge geprägt sein, sondern ebenso durch die Qualität seiner digitalen Informationssysteme.

Der Prognoseautomat wird im Auftrag der DB InfraGO betrieben und steht allen Eisenbahnverkehrsunternehmen kostenlos zur Verfügung.

Mario Theis
Leiter Reisendeninformation
Deutsche Bahn AG

Timo Steegmans
Strategische Partnerschaften
Reisendeninformation
Deutsche Bahn AG

Effizienzsteigerungspotentiale bei Reisezugwaggons

Die Effizienz des Schienenpersonenverkehrs wird in unter anderem durch das Fahrzeuglayout beeinflusst, da dieses sowohl die reale Nutzbarkeit der Sitzplätze als auch die Dauer des Haltezeit bestimmt. Vor diesem Hintergrund wurden seit 2001 an der TU Wien umfassende empirische Untersuchungen durchgeführt, um die Auswirkungen der Innenraumgestaltung von Schienenfahrzeugen auf betriebliche und nutzerbezogene Kenngrößen systematisch zu erfassen.

EINLEITUNG UND METHODIK

Die Analyse stützt sich auf die Beobachtung von über 400.000 Fahrgästen in mehr als 100 Fahrzeugtypen in Mitteleuropa sowie auf Befragungen von rund 60.000 Reisenden. Ergänzt wurden diese Erhebungen durch mehrere Tausend detaillierte Gepäckvermessungen, Videoanalysen von über 20.000 Ein- und Aussteigevorgängen sowie kontrollierte Fahrgastwechseltests in etwa 20 unterschiedlichen Layoutvarianten. Auf Basis dieser Daten wurde ein Rechenmodell entwickelt, das die zu erwartende Fahrgastwechselzeit, die Verstaubarkeit des Gepäcks und die tatsächliche Sitzplatznutzbarkeit quantifiziert; dieses Modell bildet die Grundlage der Software TrainOptimizer® zur Bewertung und Optimierung von Fahrzeuglayouts.

FAHRGASTWECHSEL UND GEPÄCKUNTERBRINGUNG

Die Untersuchungen zeigen, dass Fahrgastwechselzeit und Gepäckunterbringung eng miteinander verknüpft sind. Insbesondere im Fernverkehr entstehen Verzögerungen dann, wenn Reisende nach dem Einstieg im Tür- und Einstiegsbereich aufgehalten werden, etwa durch unzureichende Gepäckkapazitäten, schmale Gänge oder schlecht verteilte Ablagen. Für die Gepäckunterbringung erwiesen sich zwei Anforderungen als zentral: Reisende möchten ihr Gepäck möglichst nicht heben und zugleich Sichtkontakt dazu behalten. Klassische Überkopfablagen erfüllen diese Anforderungen nur eingeschränkt, da 80 % der Reisenden großes und 50 % mittleres Reisegepäck dort nicht unterbringen können oder wollen. Werden diese Bedürfnisse im Layout nicht berücksichtigt, wird Gepäck auf

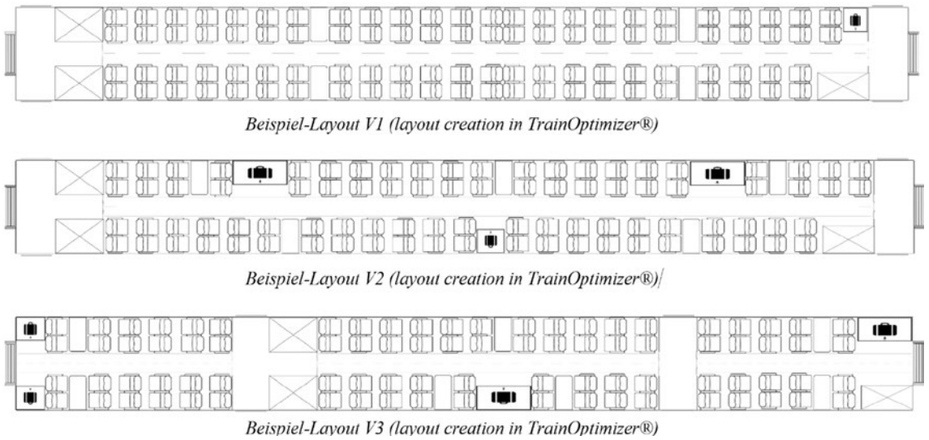


Abb. 1: Beispiel-Layouts V1, V2 und V3 im Vergleich. © TU Wien

Abb. 2: Nicht verstaubare Gepäckstücke und tatsächlich nutzbare Sitzplätze im Layoutvergleich..© TU Wien

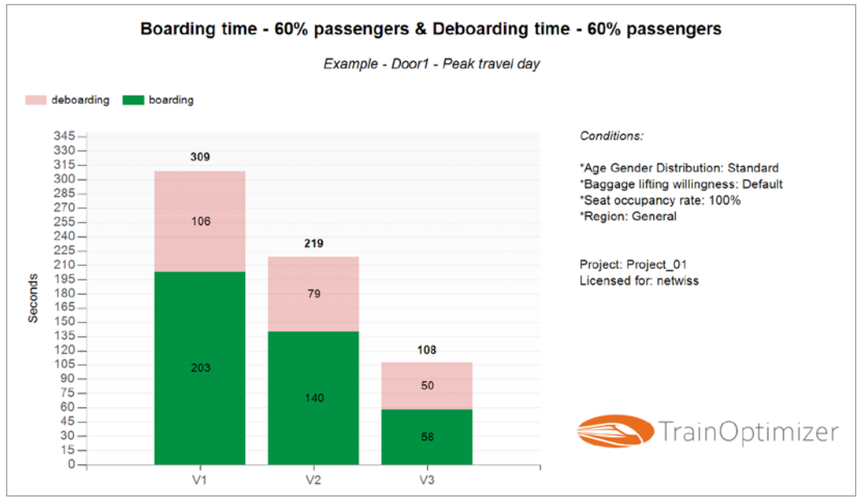


Abb. 3: Zeitbedarf beim Einstieg und beim 60-%-Fahrgastwechsel im Layoutvergleich. © TU Wien

Sitzen, in Gängen oder in Einstiegsbereichen abgestellt, was Komfort, Sicherheit und Betriebsablauf gleichermaßen beeinträchtigt.

LAYOUTVERGLEICHE

Im Zentrum dieses Artikels stehen drei exemplarische Layoutvarianten klassischer Reisezugwagen (Abb. 1), die hinsichtlich Sitzplatzzahl, Gepäckorganisation und Türanordnung verglichen wurden. Layout V1 weist 94 Sitzplätze auf und verfügt überwiegend über Überkopfablagen, während Layout V2 mit 86 Sitzplätzen bessere und den Fahrgastanforderungen entsprechendere Gepäcklösungen bietet. Layout V3 reduziert die Sitzplatzzahl auf 84 und ergänzt die verbesserte Gepäckorganisation durch Türen in den Viertelpunkten des Wagens, wodurch sich der Fahrgaststrom nach dem Einstieg auf zwei Richtungen aufteilen kann.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass eine Maximierung der nominellen Sitzplatzzahl keinen betrieblichen Vorteil erzeugt, wenn das Gepäck nicht adäquat verstaut werden kann. Im Layout V1 sind 48 Gepäckstücke nicht verstaubar, im Layout V2 20 und im Layout V3 nur 11. Infolge blockierter Sitzbereiche sind im Layout V1 trotz 94 vorhandener Sitze nur 79 tatsächlich nutzbar; im Layout V2 sind ebenfalls 79 Sitze nutzbar, obwohl die nominelle Kapazität geringer ist, und im Layout V3 steigt die Zahl der effektiv nutzbaren Sitze auf 80 bei nur 84 eingebauten Sitzplätzen. Damit zeigt sich, dass eine moderate Reduktion der Sitzplatzzahl in Verbindung mit einer funktionalen Gepäckorganisation die reale Kapazität steigern kann (siehe Abb. 2).

Auch im Hinblick auf den Fahrgastwechsel ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen den Layouts. Für ca. 40 einsteigende Fahrgäste beträgt der durchschnittliche Zeitbedarf im Layout V1 etwa 350 Sekunden, im Layout V2 etwa 280 Sekunden und im Layout V3 nur rund 110 Sekunden. Beim sogenannten 60-%-Fahrgastwechsel, bei dem 60% der Fahrgäste aussteigen und dieselbe Anzahl wieder einsteigt, liegt die gesamte Fahrgastwechselzeit des Layouts V1 bei etwa 6 Minuten und damit rund 40% über jener von Layout V2. Im Layout V3 wird diese Zeit im Vergleich zu den konventionelleren Varianten um ungefähr 50-70% reduziert. Ausschlaggebend sind hierbei nicht nur die Türpositionen, sondern auch die bessere Weiterleitung der Fahrgäste im Innenraum sowie die Vermeidung von Rückstaueffekten durch verteilte und funktional dimensionierte Gepäckablagen.

CONCLUSIO

Die Ergebnisse belegen, dass die Effizienz eines Schienenfahrzeugs nicht mit der maximalen Zahl eingebauter Sitze gleichgesetzt werden kann. Maßgeblich ist vielmehr, in welchem Ausmaß Sitzplätze tatsächlich nutzbar sind und wie stark das Layout einen zügigen, staufreien Fahrgastwechsel unterstützt. Layouts mit besser verteilter Gepäckunterbringung, funktionsgerechter Sitzanordnung und günstiger Türpositionierung erreichen sowohl eine höhere reale Kapazität als auch deutlich kürzere Haltezeiten. Der Fokus auf funktionale Layoutqualität anstelle reiner Sitzplatzmaximierung stellt somit einen wesentlichen Beitrag zur betrieblichen Leistungsfähigkeit, zur Pünktlichkeit und zur Attraktivität des Systems Bahn dar.

Prof. Dr. Bernhard Rüger
Forschungsbereich Spurgebundene Verkehrssysteme
TU Wien

Der EU Cyber Resilience Act (CRA): Was Hersteller in der Bahntechnik jetzt wissen müssen

Die neue EU-Verordnung stellt die Cyber Security von Produkten mit digitalen Elementen in den Fokus. Wer betroffen ist, was gefordert wird und warum gezieltes Handeln entscheidend ist.

Die Digitalisierung in der Bahntechnik schreitet unaufhaltsam voran. Von modernen Zugsicherungssystemen über digitale Stellwerke bis hin zu Fahrgastinformationssystemen – kaum eine Komponente kommt heute ohne Software und Vernetzung aus. Mit dieser Entwicklung wächst jedoch auch die Angriffsfläche für Cyber-Bedrohungen. Um die Sicherheit und Resilienz digitaler Produkte europaweit zu stärken, hat die EU den Cyber Resilience Act (CRA) beschlossen. Er tritt nun schrittweise in Kraft. Diese Verordnung hat weitreichende Konsequenzen für die gesamte Wertschöpfungskette der Bahnindustrie.

WAS IST DER CYBER RESILIENCE ACT UND WER IST BETROFFEN?

Der CRA ist eine EU-Verordnung, die grundlegende Cyber-Security-Anforderungen für alle „Produkte mit digitalen Elementen" festlegt, die auf dem europäischen Markt bereitgestellt werden. Das betrifft praktisch jede Hardware- oder Softwarekomponente, die eine direkte oder indirekte Datenverbindung zu einem anderen Gerät herstellen kann.

Für die Bahntechnik bedeutet das: Betroffen sind nicht nur offensichtliche IT-Systeme, sondern potenziell auch Sensoren, Steuergeräte, Kommunikationsmodule und andere Subsysteme, sofern sie digitale Elemente enthalten. Die Verantwortung liegt dabei nicht nur bei den Herstellern, sondern erstreckt sich auch auf Importeure und Händler. Der CRA schließt dabei eine Lücke: Betreiber haben bereits oft regulatorische Cyber Security-Anforderungen (beispielsweise durch NIS2), sind jedoch abhängig von der Cyber Security der eingesetzten Produkte. Die Hersteller dieser Produkte bekommen durch den CRA nun selbst direkte regulatorische Anforderungen.

DIE KERNANFORDERUNGEN DES CRA IM ÜBERBLICK

Der CRA verpflichtet Hersteller, Cyber Security über den gesamten Entwicklungs- und Lebenszyklus ihrer Produkte zu berücksichtigen. Dies umfasst im Wesentlichen sechs Bereiche:

1. **Bewertung der Cybersicherheitsrisiken:** Hersteller müssen eine umfassende Cyber Security-Risikobewertung für ihr Produkt durchführen. Dabei wird dokumentiert, welche Risiken bei vorhersehbarer Verwendung des Produkts existieren, welche Risiken akzeptierbar sind, und welche adressiert werden müssen.

2. **Essenzielle Sicherheitsanforderungen:** Das Produkt muss so konzipiert, entwickelt und hergestellt werden, dass es ein dem Risiko angemessenes Maß an Cyber Security gewährleistet. Dazu gehören Maßnahmen wie sichere Standardkonfigurationen, Schutz vor unbefugtem Zugriff, Schutz der Datenvertraulichkeit und -integrität sowie die Begrenzung von Angriffsflächen.

3. **Schwachstellen-Monitoring:** Hersteller sind verpflichtet eine sogenannte Software-Bill-of-Material (SBOM) zu erstellen und zu pflegen, in der die im Produkt eingesetzten Softwarekomponenten dokumentiert sind. Basierend auf der SBOM muss der Hersteller nach dem Inverkehrbringen kontinuierlich prüfen, ob für die eingesetzten Komponenten neue Schwachstellen bekannt wurden und ob für die Cyber Security des Produkts Handlungsbedarf besteht, beispielsweise durch Sicherheitsupdates.

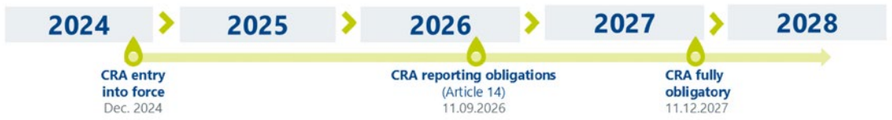
4. **Meldepflichten:** Aktiv ausgenutzte Schwachstellen und schwerwiegende Sicherheitsvorfälle müssen innerhalb kurzer Fristen (24 Stunden für eine Erstwarnung) an die europäische Agentur für Cyber Security (ENISA) und nationale Behörden gemeldet werden. Es besteht insgesamt eine mehrstufige Meldepflicht.

5. **Dokumentation:** Die Konformität mit dem CRA muss durch eine umfangreiche technische Dokumentation und eine EU-Konformitätserklärung nachgewiesen werden. Für die meisten Produkte genügt meistens eine Selbstbewertung, eine Fremdprüfung ist nur für als wichtig eingestufte Produkte vorgesehen. Allerdings werden Marktaufsichtsbehörden auch für nicht-wichtige Produkte stichprobenartig sogenannte „Sweeps" durchführen, um Missbrauch der Selbstbewertung vorzubeugen.

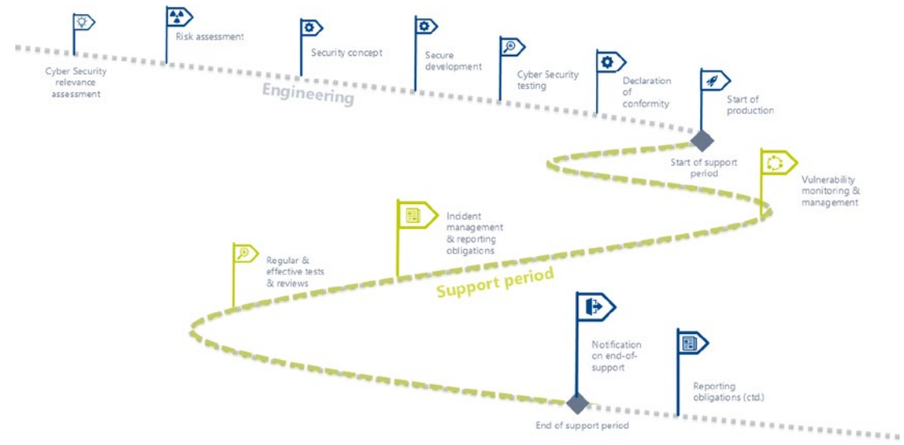
6. **Support-Zeitraum:** Schwachstellen-Monitoring und Sicherheitsupdates sind für einen „angemessenen" Zeitraum bereitzustellen. Dieser richtet sich insbesondere nach der zu erwarteten Nutzung.

Bei Verstößen oder fälschlich ausgestellten EU-Konformitätserklärungen drohen empfindliche Strafen von bis zu 15 Millionen Euro oder 2,5 % des weltweiten Jahresumsatzes sowie mögliche Produktrückrufe.

Grafik 1: CRA Timeline. © ITK Engineering GmbH



Grafik 2: CRA Cyber Security Lebenszyklus. © ITK Engineering GmbH



CRA: DIE WICHTIGSTEN FRISTEN

Obwohl der CRA erst Ende 2027 vollständig verpflichtend wird, ist Abwarten keine Option. Dies ist zum einen bedingt durch die langen Entwicklungszyklen im Bahnbereich, zum anderen durch einen entscheidenden Meilenstein, der bereits ab dem 11. September 2026 umgesetzt werden muss. Ab diesem Datum treten die Meldepflichten für aktive ausgenutzte Schwachstellen und schwerwiegende Sicherheitsvorfälle in Kraft. Unternehmen müssen also schon jetzt die notwendigen Prozesse zur Bewertung und Meldung implementieren.

Ein verbreiteter Irrtum ist, dass der CRA nur neu entwickelte Produkte betrifft. Tatsächlich gilt: Jedes Produkt mit digitalen Elementen, das nach dem Stichtag im Dezember 2027 „auf dem Markt bereitgestellt" wird, muss CRA-konform sein. Dies schließt auch bereits entwickelte Produkte ein, die weiterhin verkauft werden. Wesentliche Änderungen an bestehenden Produkten führen ebenfalls dazu, dass die CRA-Anforderungen vollständig greifen.

FAZIT: PRAGMATISCH HANDELN, STATT AUF FINALISIERTE NORMEN ZU WARTEN

Der Cyber Resilience Act stellt für viele Unternehmen in der Bahnbranche eine Herausforderung dar, da Cyber Security im gesamten Entwicklungsprozess und darüber hinaus betrachtet werden muss. Wichtig zu erwähnen ist jedoch, dass der CRA keine aufwändigen, bürokratischen Managementsysteme fordert, sondern lediglich, dass die bereitgestellten Produkte tatsächlich ein angemessenes Sicherheitsniveau aufweisen. Das kann – je nach vorliegenden Rahmenbedingungen beim Hersteller – auch sehr pragmatisch sichergestellt werden.

Hersteller sind gut beraten, nicht auf die Veröffentlichung harmonisierter Normen zu warten. Die grundlegenden Anforderungen sind – auch basierend auf bereits verfügbaren Entwürfen und einschlägigen Normen wie etwa IEC 62443, IEC 63452, TS 50701 – klar, und die Zeit drängt, insbesondere im Hinblick auf die Meldepflichten ab September 2026.

Der Fokus sollte jetzt darauf liegen, eine solide Risikobewertung als Grundlage zu schaffen, die Entwicklungsprozesse anzupassen und vor allem die Fähigkeiten zum Schwachstellenmanagement für den gesamten Produktlebenszyklus aufzubauen. Nur so kann die Resilienz der digitalen Bahninfrastruktur von morgen und die Konformität mit den neuen europäischen Regeln fristgerecht sichergestellt werden.

Dr. Jens Köhler
Chief Expert Cybersecurity
ITK Engineering GmbH

Datengetriebenes Flottenmanagement für die Elektromobilität von morgen

IVImon optimiert Lade- und Betriebsstrategien für den wirtschaftlichen Betrieb von E-Lkw-Flotten

Die Elektrifizierung gewerblicher Flotten ist längst keine Zukunftsvision mehr – sie ist operative Realität. Doch mit dem Umstieg auf elektrische Nutzfahrzeuge stehen Flottenbetreiber und kommunale Betriebe vor neuen Herausforderungen: Wie lässt sich die Verfügbarkeit der Fahrzeuge maximieren? Wie können Batterien optimal genutzt werden, ohne ihre Lebensdauer zu verkürzen? Und wie verwandelt man die Flut an Daten in konkrete Handlungsempfehlungen?

Genau hier setzt IVImon an. Das vom Fraunhofer IVI entwickelte Telemetrie- und Analysesystem schafft echten Mehrwert aus Fahrzeug- und Batteriedaten. Im Gegensatz zu statischen Herstellerspezifikationen oder isolierten Labortests verfolgt es einen ganzheitlichen, datengetriebenen Ansatz, der auf realen Betriebsbedingungen basiert.

DIE KERNFUNKTIONEN VON IVIMON

Grundsätzlich gilt: Die Daten sind vorhanden – aber ihr Potenzial wird noch längst nicht ausgeschöpft. IVImon kombiniert hierzu modernste Analytik mit praxisorientierten Funktionen, die den Alltag im Flottenmanagement spürbar erleichtern:

Ferndiagnose in Echtzeit ermöglicht die kontinuierliche Überwachung von Batteriezustand und Alterungsprozessen – ohne, dass Fahrzeuge aus dem Betrieb genommen werden müssen. Betreiber erhalten jederzeit Einblick in kritische Parameter und können proaktiv handeln.

Das Fundament bildet dabei die langfristige Datenhaltung. Durch die kontinuierliche Speicherung relevanter Parameter entsteht eine Art digitaler Zwilling der Flotte, der Entwicklungen über Monate und Jahre nachvollziehbar macht. IVImon berechnet die voraussichtliche verbleibende Nutzungsdauer von Batteriesystemen und prognostiziert relevante Kennzahlen – eine wesentliche Grundlage für Investitionsentscheidungen und Wartungsplanung.

KOSTSPIELIGE AUSFÄLLE VERMEIDEN DANK FRÜHERKENNUNG

Das System identifiziert Anomalien und Leistungsabweichungen in einem frühen Stadium, lange bevor sie zu kritischen Betriebsstörungen führen. Durch die Anpassung von Betriebs- und Ladestrategien an den tatsächlichen Batteriezustand kann die Lebensdauer um bis zu 20 Prozent verlängert werden – ein erheblicher Kostenvorteil.

Individuell konfigurierbare Dashboards stellen sicher, dass jeder Nutzer genau die Informationen erhält, die für seine Rolle relevant sind – vom Disponenten über den Techniker bis zur Geschäftsführung.

VORTEILE ENTLANG DER WERTSCHÖPFUNGSKETTE

Flottenbetreiber profitieren von höherer Fahrzeugverfügbarkeit und längeren Einsatzzeiten. Die Einhaltung von Garantiebedingungen wird durch transparente Dokumentation des Betriebsverhaltens sichergestellt. Zudem ermöglicht die datenbasierte Optimierung eine präzisere Tourenplanung und reduziert ungeplante Standzeiten.

Batteriehersteller und Systemintegratoren erhalten erstmals umfassende Transparenz über das reale Nutzungs- und Alterungsverhalten ihrer Produkte im Feld. Ladeinfrastrukturbetreiber können ihre Strategien an den tatsächlichen Zustand der Batterien anpassen. Statt auf festen Annahmen oder konservativen Standardeinstellungen zu basieren, bringt ein adaptives Lademanagement Geschwindigkeit, Batteriegesundheit und Netzdienlichkeit in Einklang.

Projektbeispiel aus der Praxis: Das Dashboard zeigt Analysen, die auch als Grundlage für ein Elektrifizierungskonzept dienen können. © Fraunhofer IVI

Übersichtlich und nutzerfreundlich: Das IVImon-Dashboard lässt sich individuell konfigurieren. © panitan | Adobe Stock | Fraunhofer IVI

IN DER PRAXIS BEWÄHRT

Mit IVImon lassen sich nicht nur Lade- und Betriebsstrategien von E-Lkw optimieren. Auch Busflotten oder elektrische Landmaschinen profitieren von den ganzheitlichen, datengetriebenen Analysen. Im ÖPNV-Bereich belegt eine aktuelle Langzeitstudie des Fraunhofer IVI die Wirksamkeit des IVImon-Ansatzes: Über einen Zeitraum von mehr als zwei Jahren wurden Energieverbrauch und Ladeverhalten einer städtischen Elektrobusflotte detailliert ausgewertet.

Die zentralen Erkenntnisse: Mit gezielten Anpassungen in Betrieb und Lademanagement lassen sich Energieverbrauch reduzieren, Batterien länger nutzen und CO_2-Emissionen deutlich senken – und das ohne tiefgreifende Änderungen im Betriebsablauf. Die Untersuchung demonstriert, dass datengetriebenes Flottenmanagement nicht nur theoretisch sinnvoll ist, sondern messbare wirtschaftliche und ökologische Vorteile generiert.

GENAI FÜR INTELLIGENTES FLOTTENMANAGEMENT

Die nächste Entwicklungsstufe ist bereits in Arbeit: Durch die Integration Generativer KI (GenAI) entwickeln die Forschenden ein System, das nicht nur Daten analysiert, sondern auch eigenständig Handlungsempfehlungen generiert. Von automatisierten Betriebsanalysen über intelligente Optimierungsvorschläge bis hin zu vorausschauenden Prognosen für Batterien und Antriebe – die KI-gestützte Weiterentwicklung wird Flottenmanagern künftig noch mehr Spielraum für strategische Entscheidungen geben, während Routineaufgaben zunehmend automatisiert werden.

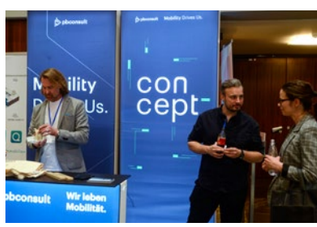
GEMEINSAM STARK: ENTWICKLUNG IM DIALOG MIT ANWENDERN

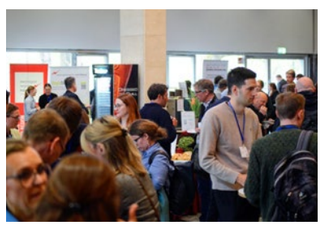
IVImon entsteht nicht im Elfenbeinturm, sondern in enger Zusammenarbeit mit Anwendern. In regelmäßigen Workshops mit Flottenbetreibern, Herstellern und weiteren Stakeholdern stimmen Martin Ufert und sein Team Analyseverfahren und Bewertungsmethoden gezielt auf die Anforderungen des realen Betriebs ab.

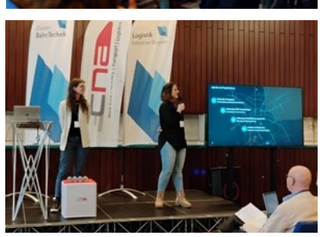
Indem es die Komplexität von Batteriesystemen beherrschbar macht und aus Daten handlungsrelevante Erkenntnisse generiert, schafft IVImon die Grundlage für den Umstieg auf die Elektromobilität.

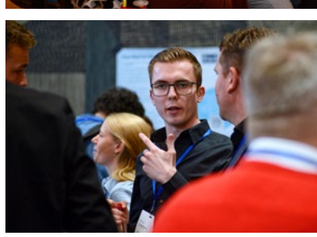
Dr. Martin Ufert
Gruppenleiter Fahrzeugmonitoring & datengetriebene Systeme
Fraunhofer IVI

IMPRESSIONEN
MOBILITÄTSCONGRESS | BAYERN 2026









KOMPETENZ, KNOW HOW UND EXPERTISE IM NETZWERK

Wir begrüßen unsere neuen Mitglieder und Partner sehr herzlich!

protec bioReactor

PROTEC Bioreactor steht für innovative, nachhaltige Bioreaktor-Technologie zur Abwasseraufbereitung in Schienenfahrzeugen.
Mit über 35 Jahren Erfahrung entwickelt PROTEC zuverlässige, effiziente und umweltschonende Systeme, die speziell auf die Anforderungen von Bahnfahrzeugen zugeschnitten sind – von kommunalen und industriellen Anwendungen bis hin zu komplexen Abwasserströmen im Rail-Bereich.
Maßgeschneiderte Lösungen, hohe technische Kompetenz und ein klarer Fokus auf Zuverlässigkeit, Wartungsarmut und Normenkonformität machen PROTEC zu einem starken Partner für moderne Mobilität.
Weitere Informationen:
www.protec-bioreactor.com

kirsch konkret

Der Kundenservice ist gerade im ÖPNV die Schnittstelle zu vielen internen Abteilungen und externen Partnern. Häufig sind jedoch die Zuständigkeiten nicht klar und somit werden die Ressourcen nicht effektiv und gewinnbringend genutzt.

Ob Sie etwas Neues aufbauen oder etwas Bestehendes optimieren möchten – das Team von kirsch konkret berät und unterstützt Sie praxisorientiert und umfassend.
Weitere Informationen:
https://www.kirschkonkret.de/

CAPO RAIL

Capo Rail bietet maßgeschneiderte Lösungen für die dynamischen Anforderungen des modernen Eisenbahnsektors. Erfahrene Fachkräfte gewährleisten eine sichere, effiziente und zuverlässige Umsetzung anspruchsvoller Projekte.
Im Fokus stehen exzellente Dienstleistungen, geprägt von Vertrauen, Kompetenz und Innovationskraft. Flexible Lösungen werden gezielt auf individuelle Bedürfnisse abgestimmt und schaffen nachhaltige Mehrwerte.
Als verlässlicher Partner unterstützt Capo Rail genau dann, wenn es darauf ankommt – und setzt dabei zukunftsorientierte Impulse für den Schienenverkehr.
Weitere Informationen:
www.capo-rail.de

OstAllianz
STADT UND LAND MÜNCHEN OST E.V.

Die OstAllianz ist ein interkommunaler Zusammenschluss von 13 Gemeinden und zwei Münchner Stadtbezirken im östlichen Verdichtungsraum der Metropolregion München. Ziel ist es, regionale Mobilität gemeinsam strategisch zu entwickeln und kommunale Interessen zu bündeln.
Im Fokus stehen ein integrierter Blick auf Verkehr, Siedlungsentwicklung und Infrastruktur sowie die interkommunale Abstimmung von Maßnahmen mit regionaler Wirkung. Die OstAllianz koordiniert Projekte, priorisiert Vorhaben und vertritt gemeinsame Positionen im Münchner Osten.
Zentrale Themen sind der Ausbau multimodaler Mobilitätsangebote, die Entwicklung regionaler Mobilitätsknoten, abgestimmte Radverkehrsprojekte sowie die Zusammenarbeit mit ÖPNV-Aufgabenträgern und weiteren Infrastrukturakteuren.
Weitere Informationen:
www.ostallianz.online

Seit 2022 unterstützt die e+k move GmbH Projektentwickler und Asset Manager dabei, ihre Neubau- und Bestandsimmobilien in Vorzeigeprojekte der Mobilitätswende zu transformieren. Mit dem Quartiershub entstehen Mobilitätshubs mit einen ganzheitlichen One-Stop-Shop-Ansatz – von der Entwicklung maßgeschneiderter Mobilitätskonzepte über den Betrieb digitaler Parkraum-, Shared-Mobility- sowie Ladeinfrastruktur-Angebote. Mit durchdachten Konzepten und Erfahrung im Betrieb von Mobilitätsangeboten unterstützen wir Projektentwickler und Bestandshalter dabei, den Stellplatzschlüssel zu reduzieren, Erträge zu steigern und einen Wettbewerbsvorteil das Projekt zu schaffen. Als Wissensführer, strategischer Berater und operativer Betreiber begleiten wir alle Mobilitätsthemen in der Immobilie aus einer Hand.
Weitere Informationen:
https://www.quartiershub.com/

STERCOM
A ZAPI GROUP COMPANY

Stercom Power Solutions entwickelt leistungsfähige Hochvolt-Systeme und DC-Ladelösungen für elektrische Mobilitäts- und Energiesysteme. Das Portfolio umfasst modulare Battery-Management-Systeme, DC Charging Units sowie bidirektionale V2X-Technologien für Bahn-, Industrie- und Off-Highway-Anwendungen. Als Teil der ZAPI GROUP verbindet Stercom innovative Energieplattformen mit skalierbarer Systemintegration und funktionaler Sicherheit für anspruchsvolle OEM-Projekte.
Weitere Informationen:
https://www.stercom.de

VIIF

WIIF steht für mutiges Neudenken und konsequente Umsetzung an der Schnittstelle von Tourismus, Mobilität und Technologie. Wir begleiten innovative Lösungen von der ersten Idee bis zur Marktreife und vereinen dabei strategische Weitsicht mit technischer Kompetenz. Mit Lösungen wie digitalen Gästekarten, integrierter Mobilität, On-Demand-Angeboten und intelligenten Verkaufsplattformen entwickeln wir integrierte Ökosysteme, die Erlebnisse und Infrastruktur für Destinationen, Verkehrsverbünde und touristische Anbieter nahtlos verbinden.
Weitere Informationen:
www.wiif.com

LOGISTIKMACHER
onnected2deliver

Die Logistikmacher GmbH ist ein dynamisches Netzwerk von erfahrenen Beratern, das auf Kooperation und Partnerschaft setzt. Mit insgesamt 331 Jahren an beruflicher Erfahrung bringen wir tiefgreifendes Wissen und hochspezialisiertes Know-how in die Beratungsbranche ein. Unser Fokus liegt auf Consulting & Interim Management, Sourcing & Personalvermittlung sowie Lehre & Training. Unsere Expertise erstreckt sich über verschiedene Branchen und Themen, was uns zu einem vielseitigen und facettenreichen Netzwerk macht. Wir agieren nicht nur auf regionaler und nationaler Ebene, sondern auch international, um unseren Kunden umfassende Lösungen bieten zu können.
Weitere Informationen:
www.dielogistikmacher.com

Arcobel

Passgenaue Hardwarelösungen unterstützen Unternehmen im Industriesektor dabei, Prozesse effizienter und intelligenter zu gestalten. Standorte in den Niederlanden, Belgien und Deutschland betreuen die Märkte in Benelux und der DACH-Region.
Seit 1974 steht Arcobel für Erfahrung und Zukunftsorientierung. Entwickelt und assembliert werden Standard- sowie kundenspezifische Industrie-PCs und Systemlösungen auf Basis hochwertiger Komponenten.
In enger Abstimmung mit den Kunden entstehen Lösungen, die optimal auf individuelle Anwendungen und Anforderungen zugeschnitten sind.
Weitere Informationen:
www.arcobel.com

BNM
Bundesverband Neue Mobilität e.V.

Der BNM vereint Unternehmen, Beratung, Institutionen und Forschende, die gemeinsam daran arbeiten, Mobilität auf Basis erneuerbarer Energien neu zu gestalten – mit der Elektromobilität als treibender Kraft einer nachhaltigen Zukunft. Als praxisorientiertes Kompetenznetzwerk bringt der BNM Akteure aus Wirtschaft, Politik und Gesellschaft zusammen und setzt sich uns dafür ein, den Wandel hin zu einer klimaneutralen, effizienten und bezahlbaren Mobilität aktiv voranzutreiben.
Weitere Informationen:
https://www.b-nm.de/

Der VdWT e. V. wurde 1983 von Absolventen, Studierenden und Professoren des Studiengangs „Transportwesen / Logistik“ an der Hochschule Bremerhaven gegründet. Die Zielsetzung des Vereins liegt – damals wie heute – in der Förderung einer engen Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis. Der VdWT versteht sich vorrangig als organisatorische Basis für den Wissens- und Erfahrungsaustausch seiner Mitglieder und bietet darüber hinaus ein breites Angebot an Vereinsaktivitäten. Neben den Regionalgruppen in diversen deutschen Regionen, Arbeitskreisen, digitalen Vortragsabenden, bildet die jährliche Fachveranstaltung „TWLogistik“ in Bremerhaven das Highlight des Vereinsjahres. Die zweitägige Logistiktagung widmet sich jeweils aktuellen Schwerpunktthemen rund um die vielfältigen Facetten von Transport und Logistik und bringt hochkarätige Referent*innen der Branche zusammen – Im November zum Thema „Hidden Champions der Logistik“.
Weitere Informationen:
https://vdwt.de/

lokavis
sicherheitstechnik

Die LOKAVIS Sicherheitstechnik aus Eggenfelden ist seit vielen Jahren im Sicherheitsbereich tätig. Wir bieten Sicherheitslösungen für alle Anforderungen und Bereiche, u.a. Außengeländeabsicherung (Perimeterschutz), Einbruchmelde- und Videoüberwachungsanlagen. Hier vertreten wir als offizieller Generaldistributor den namhaften Hersteller Southwest Microwave. Des Weiteren sind wir Stützpunktpartner für den deutschen Hersteller Telenot. Southwest Microwave ist als Weltmarktführer in der Perimeterschutz-Branche in mehr als 120 Ländern präsent. Über 80.000 installierte Systeme sprechen für sich. Zu unseren Kunden zählen sowohl hochkritische Infrastrukturen als auch Privatpersonen.
Weitere Informationen:
https://www.lokavis-sicherheit.de

KAROS

Karos Mobility ist Teil der europäischen Karos Gruppe mit Sitz in Paris, Köln und Toulouse. Karos unterstützt Städte, Regionen und Arbeitgeber dabei, Fahrgemeinschaften als skalierbare und verlässliche Ergänzung zum öffentlichen Nahverkehr im Pendelalltag zu etablieren.
Im Fokus stehen urbane, vorstädtische und ländliche Räume, in denen bestehende Mobilitätsangebote an ihre Grenzen stoßen und das Auto für viele Menschen weiterhin unverzichtbar bleibt. Als führender Anbieter für Kurzstreckenfahrgemeinschaften im Alltag kombiniert Karos eine nutzerfreundliche App, eine leistungsstarke Reporting-Plattform und enge Projektbegleitung zu einem integrierten Mobilitätsansatz.
So entstehen passgenaue Lösungen, die Standorte zuverlässig erreichbar machen, Pendelkosten senken, die Arbeitgeberattraktivität erhöhen und Verkehrsaufkommen, Parkdruck sowie CO_2 Emissionen wirksam reduzieren.
Weitere Informationen:
karos-mobility.com/de

AMCON
Software, die bewegt

AMCON ist ein 1992 gegründetes Softwareunternehmen und zählt zu den führenden Anbietern digitaler Lösungen für den öffentlichen Personennahverkehr in Deutschland. Das Unternehmen entwickelt innovative Systeme zur Optimierung von Ticketing, Tarifmanagement und Betriebssteuerung und unterstützt Verkehrsunternehmen dabei, ihre Prozesse effizienter und zukunftsfähig zu gestalten.
Im Zentrum steht das modulare AMCON. SYSTEM, das flexibel an individuelle Anforderungen angepasst werden kann und hardwareunabhängig auf verschiedenen Endgeräten einsetzbar ist. Mit einem wachsenden Team von über 200 Mitarbeitenden und einem weiteren Standort in Österreich realisiert AMCON maßgeschneiderte Lösungen für namhafte Verkehrsunternehmen und trägt maßgeblich zur Digitalisierung und Attraktivität des öffentlichen Verkehrs bei.
Weitere Informationen:
https://amcon.de/

DVA

Die DVA Deutsche Verkehrs Assekuranz GmbH ist ein spezialisierter Versicherungsmakler mit starkem Fokus auf die Verkehrs- und Eisenbahnbranche. Die Experten der DVA entwickeln Versicherungslösungen für Eisenbahnverkehrsunternehmen, Infrastrukturbetreiber, Fahrzeughalter sowie weitere Akteure des schienengebundenen Verkehrs. Auf Basis umfassenden Branchenwissens und langjähriger Erfahrung bietet die DVA eine praxisnahe Beratung, individuelle Risiko- und Schadenkonzepte sowie eine professionelle Begleitung im Schadenfall. So gelingt es, komplexe eisenbahnspezifische Risiken ganzheitlich abzusichern und langfristige, verlässliche Partnerschaften zu schaffen.
Weitere Informationen:
www.dva.net

TCT®
SPEDITION

Getränketransporte, Getränkehandling und Getränkelogistik sind unser Geschäft. Wir sind seit mehr als 36 Jahren auf diese Bereiche spezialisiert und können für unsere Kunden den gesamten Logistikprozess ab der Abfüllanlage übernehmen. Mit mehr als 500 Getränkezügen transportieren wir täglich etwa 1.000.000 physische Einheiten und sind damit einer der großen Getränkespediteure Deutschlands. Darüber hinaus verfügen wir über mehr als 50.000 Quadratmeter Hallenlagerfläche im ganzen Bundesgebiet. Software, Equipment, Fuhrpark, Lagerhäuser und vor allem unser Team sind mit uns gewachsen. Daher können wir unseren Kunden Know-how bieten, das über viele Jahrzehnte entstanden ist und bei der Bewältigung aller Herausforderungen hilft.
Weitere Informationen:
https://www.tct-spedition.de/

TRENPEX

TRENPEX ermöglicht Industrieunternehmen verschiedenster Branchen die Optimierung ihres Frachtverkehrs per Bahn und Lkw. Durch Digitalisierung und Automatisierung werden Sensordaten in präzise, verwertbare Erkenntnisse verwandelt, die Logistikprozesse vereinfachen und beschleunigen – vom operativen Bereich bis zur Managementebene.
Schlanke und leicht zu installierende Videogates mit OCR-/OFD-Technologie erkennen zuverlässig Güterzüge/Lkw und deren Fracht/Container und liefern hochaufgelöste Bilder zu allen Vorgängen am Unternehmenstor. Verwiegungsdaten von Gleiswaagen oder Sensor-Daten von anderen Drittanbietern werden problemlos integriert und stehen als Informationen über ein webbasiertes Portal zur Verfügung: weltweit, in Echtzeit und auf Knopfdruck – inklusive Bildern, Analysen und Berichten.
Die effiziente und kompakte TRENPEX-Lösung erfodert beim Kunden keine zusätzliche Software. Sie reduziert den Personalaufwand vor Ort, schafft Transparenz, spart Kosten und bietet eine zukunftssichere Grundlage für intelligente Logistikentscheidungen.
Weitere Informationen:
www.trenpex.com/de

QUADRA
INGENIEURE

Die Quadra Ingenieure GmbH entwickelt seit 2010 maßgeschneiderte Lösungen für anspruchsvolle Infrastrukturprojekte, von der ersten Idee bis zur Inbetriebnahme.
Bereits in der frühen Projektphase entstehen fundierte Konzepte und Machbarkeitsstudien, die Potenziale, Risiken und Kosten transparent machen. Bedarfsanalysen, Standortbewertungen sowie die Prüfung von Infrastruktur- und Erschließungsmöglichkeiten schaffen eine solide Entscheidungsgrundlage.
In der Planung sorgen erfahrene Generalisten und spezialisierte Fachplaner für ein reibungsloses Zusammenspiel aller Projektbereiche. Neben Neubauten liegt ein besonderer Fokus auf Modernisierungen und Umbauten – stets unter Berücksichtigung laufender Betriebsabläufe und individueller Anforderungen.
Weitere Informationen:
https://www.quadra-ingenieure.de

TelemetryDECK

TelemetryDeck bietet eine datenschutzfreundliche Analyseplattform für Apps und digitale Produkte. Der Fokus liegt auf aussagekräftigen, leicht verständlichen Daten – ohne Kompromisse bei Privatsphäre und Sicherheit. Die Lösung ermöglicht es, Nutzerverhalten präzise zu verstehen und fundierte Entscheidungen zu treffen, ohne personenbezogene Daten zu sammeln. Klare Visualisierungen und eine intuitive Oberfläche sorgen dafür, dass relevante Erkenntnisse schnell verfügbar sind.
Mit einem konsequenten Privacy-by-Design-Ansatz schafft TelemetryDeck Vertrauen und Transparenz – und liefert gleichzeitig die Grundlage für nachhaltige Produktoptimierung.
Weitere Informationen:
https://telemetrydeck.com

ROOT CAUSE
TECHNOLOGIES

Root Cause Technologies GmbH stärkt die Sicherheit moderner Bahn und Leitsysteme durch tiefes Knowhow in Functional Safety, CRACybersecurity und sicherheitskritischer EmbeddedEntwicklung. Unsere Wurzeln in Halbleiter, FPGA und RTOSEngineering ermöglichen robuste, auditfeste Architekturen und Dokumentation, die Zulassungen beschleunigt und Systemresilienz erhöht.
Weitere Informationen:
https://www.rootcause-tec.com

IMMER UP-TO-DATE FOLLOWER WERDEN

www.linkedin.com/company/c-na/

Cluster BahnTechnik

www.linkedin.com/company/cluster-bahntechnik/

Logistik Initiative Bayern

www.linkedin.com/company/logistik-initiative-bayern

FAIRMOTION

www.linkedin.com/company/logistik-ist-weiblich

LOGISTIK WEIBLICH

www.linkedin.com/company/logistik-ist-weiblich

HERZLICHEN DANK AN UNSERE FÖRDERMITGLIEDER

Gefördert durch:

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr

IMPRESSUM

Herausgeber | CNA e. V.
Theresienstraße 9 | 90403 Nürnberg | hello@cna-ev.de
V.i.S.d.P.: Dr. Rudolf Aunkofer | Andreas Ritsert
Grafik & Layout: Susanne Stumpf, Dipl. Designerin (FH), Lauf a. d. Peg.
Druck: optimum.druckdienstleistungen, Heroldsberg

Alle Informationen, die Sie in diesem Magazin finden, wurden von uns mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Wir bitten um Verständnis, dass wir dennoch für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Informationen keine Gewähr übernehmen können. Wir schließen die Haftung für Schäden aus, die sich direkt oder indirekt aus der Verwendung dieses Magazins und der darin enthaltenen Informationen ergeben können. Hiervon ausgenommen ist die Haftung für Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit. Wir übernehmen ferner keine Haftung für die Inhalte von Seiten im Internet, die Sie über Hyperlinks/Links des Magazins besuchen können. Hierbei handelt es sich um fremde Angebote, auf deren inhaltliche Gestaltung wir keinen Einfluss haben.

TRUCKER & COUNTRY FESTIVAL GEISELWIND

Eintritt zum Festplatz frei*

4 Tage für Trucker & Familien

Festplatz / Show Trucks / Kinderprogramm
Live Country Music

*Parkgebühren für Tagesgäste

EVENTZENTRUM STROHOFER

GEISELWIND

14.-17. MAI 2027

H.O.R.I.Z.O.N.T.E

gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr

LOGISTIK WEIBLICH

Logistik Initiative Bayern

Cluster BahnTechnik