



Fraunhofer

VERKEHR

FRAUNHOFER-ALLIANZ VERKEHR



EDITORIAL



*Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen,
Vorsitzender der
Fraunhofer-Allianz Verkehr*

Die Bedeutung des Verkehrs für eine funktionierende Wirtschaft und Gesellschaft ist – insbesondere im Hinblick auf die aktuelle Situation – unbestritten. Die Corona-Krise hat noch einmal die große Bedeutung der Logistik vor Augen geführt: sichere Versorgung mit Gütern des täglichen Bedarfs, funktionsfähige Krankenhäuser – all dies und noch viel mehr klappt nur dank funktionierender Logistik. Vor diesem Hintergrund betrachten wir Trends und nutzen Technologien und gute Konzepte, um ungenutzte Potenziale auszuschöpfen.

Ein großes Augenmerk liegt hier auf der Gestaltung nachhaltiger Transport- und Verkehrssysteme, wo die Schonung natürlicher Ressourcen ein wichtiges Kriterium ist. Neben Themen wie dem nachhaltigen Gütertransport durch KI und Leichtbau stehen Themen wie Verkehrs- und Infrastrukturmanagement sowie ein schonender Einsatz von Pestiziden im Instandhaltungsbereich von Bahngleisen im Fokus aktueller Projekte unserer Mitgliedsinstitute.

Mit unserem aktuellen Newsletter möchten wir Ihnen folgende Forschungsthemen und Projekte vorstellen:

- Mehr Nachhaltigkeit in der Transportlogistik: Mit KI Emissionen reduzieren
- Leichtbau: Hochvolt-Energiespeicher für elektrifizierte LKW-Trailer spart 20 Prozent CO₂
- Modellierung, Simulation und Optimale Regelung von Verkehrsflüssen
- Automatisierte Vegetationskontrolle an Bahngleisen: Herbizide gezielter einsetzen
- Komfortgewinn: Optimierung von Fahrzeugklimatisierung und Innenraumluftqualität

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen und bleiben Sie gesund! Ihr Uwe Clausen



©Fraunhofer IBP



©Fraunhofer IBP

NEUES AUS FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Ihre Ansprechpartner:

Dr. Matthias Brunnermeier
+49 8024 643-269
matthias.brunnermeier
@ibp.fraunhofer.de

Dr. Victor Norrefeldt
+49 8024 643-273
victor.norrefeldt
@ibp.fraunhofer.de

Michael Visser
+49 8024 643-281
michael.visser@ibp.fraunhofer.de

KOMFORTGEWINN: OPTIMIERUNG VON FAHRZEUGKLIMATISIERUNG UND INNENRAUMLUFTQUALITÄT

Ob ein Kunde mit seinem Fahrzeug zufrieden ist, hängt u. a. davon ab, wie wohl er sich darin fühlt. Zwei wesentliche, eng miteinander verknüpfte Parameter dabei sind die Fahrzeuglüftung bzw. -klimatisierung sowie die Luftqualität im Innenraum.

Die Lüftungs- bzw. Klimatisierungssysteme in modernen Fahrzeugen werden immer aufwendiger. Speziell in E-Fahrzeugen kommen komplexe Systeme zum Einsatz, um den Energiebedarf für das Heizen und Kühlen zu minimieren. Dabei wird der Fahrzeuginnenraum nicht mehr durch die Luft konditioniert, sondern der thermische Komfort der Passagiere gezielt durch lokale Sitz- und Strahlungsklimatisierung erreicht. So wird der Frischluftanteil deutlich geringer.

Aber auch in konventionell angetriebenen Fahrzeugen kommen vermehrt Systeme mit besonderen Filtern, wie bspw. Aktivkohle- oder Feinstaubfilter, zum Einsatz, deren Effizienz durch den Lüftungsbetriebsmodus deutlich beeinflusst werden kann. Diesen neuen Systemen ist gemein, dass teils deutlich geringere Frischluftstraten vorliegen. Abhängig von den sonstigen Randbedingungen kann dies merkliche Auswirkungen auf die Qualität der Innenraumluft haben.

Die Luftqualität im Fahrzeuginnenen hängt im Wesentlichen von drei Faktoren ab: Zum einen weisen Innenraumbauteile aus Kunststoffen oder Sitzpolster Eigenemissionen auf. Aber auch die Fahrzeuginsassen selbst beeinflussen die Qualität der Raumluft. Gerade das durch die Atmung entstehende Kohlendioxid kann bei geringer Frischluftzufuhr bedenkliche Werte erreichen. Zuletzt können auch noch kritische Substanzen aus der Umgebung (Feinstaub, Stickoxide, unangenehme Gerüche) durch die Lüftungsanlage in das Fahrzeug gelangen und ebenfalls die Luftqualität im Fahrzeuginnenen verändern.

Im Indoor Air Test Center (IATC) des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP besteht die Möglichkeit, Klimatisierungs- und Lüftungskonzepte im Gesamtfahrzeug zu überprüfen und zu optimieren. Einstellbar sind klimatische Parameter wie Temperatur, Luftfeuchte und solare Strahlung. Zudem kann die Luft um das Fahrzeug mit Schadstoffen kontaminiert werden. Neben Feinstaub und Gasen (z.B. Stickoxide, Ozon) können auch kritische Substanzen wie Benzol, Geruchsstoffe oder biologische Stoffe wie Pollen und Viren gezielt eingeleitet werden. Zur Erfassung der sich im Fahrzeuginnenen ergebenden Bedingungen stehen diverse Tools zur Verfügung. Eines davon ist der DressMAN – ein System zur Messung der thermischen Behaglichkeit. Die menschenähnliche Puppe wird dabei mit bis zu 30 Sensoren bestückt, die die sogenannte Äquivalenttemperatur erfassen. Über einen eigens entwickelten Algorithmus können diese Werte in ein thermisches Gesamttempfinden umgerechnet werden.

Zur Beurteilung der Luftqualität im Inneren steht eine Vielzahl an Online-Analysatoren bereit. So werden gängige Parameter wie Kohlendioxid oder Feinstaub direkt digital erfasst. Daneben können auch instrumentell analytische Verfahren (z. B. GC-MS, HPLC) eingesetzt werden, um einen detaillierteren Einblick über VOCs, Carbonyle oder andere Stoffe zu bekommen. Insgesamt steht demnach eine Vielzahl an Möglichkeiten zur Verfügung, um ein Lüftungs- und Klimatisierungskonzept weiter zu optimieren. So können das Wohlbefinden sowie der Komfort der Passagiere gesteigert werden und damit deren Zufriedenheit mit dem Fahrzeug.

1 Auto im Indoor Air Test Center (IATC)

2 Der Dressman 3.2 ist mit 30 Sensoren zur Erfassung der thermischen Behaglichkeit ausgerüstet.



©Jürgen Fälchle – stock.adobe



2

MODELLIERUNG, SIMULATION UND OPTIMALE REGELUNG VON VERKEHRSFLÜSSEN

Ihre Ansprechpartner:

Dr. Michael Burger
+49 631 31600-4414
michael.burger
@itwm.fraunhofer.de

Angesichts stetig wachsender Verkehrsströme und Nachfrage nach Mobilitätsangeboten werden intelligente Fahrzeug- und Verkehrssysteme immer wichtiger. Komplexe, z.T. vernetzte Fahrerassistenzsysteme wie auch autonome Fahrfunktionen spielen dabei eine zentrale Rolle und decken bereits heute immer mehr Funktionalitäten ab. Intelligente Verkehrsregelsysteme und intelligente Infrastruktur sowie Kommunikation und Kooperation zwischen Verkehrsteilnehmern untereinander und auch mit Infrastruktur-Elementen sind gleichermaßen wichtige Bausteine, um effiziente und ressourcenschonende Mobilitätslösungen bereitstellen zu können.

Die Entwicklung und Implementierung von Modellen und Techniken zur Verkehrssimulation stellt daher auch seit einigen Jahren ein wichtiges Forschungsfeld am Fraunhofer ITWM dar¹. Werkzeuge und Methoden der angewandten Mathematik und der künstlichen Intelligenz können hier entscheidende Beiträge bei der Entwicklung von innovativen und effizienten Fahrzeug- und Mobilitätssystemen sein. Ein aktuelles Arbeitsfeld ist dabei die Entwicklung einer Simulationsumgebung, in der verschiedene mikroskopische Verkehrsmodelle zum Einsatz kommen, um nahezu beliebig komplexe Verkehrsszenarien abbilden zu können. Die Verkehrsteilnehmer können mit diversen spezifischen Charakteristiken gewählt werden, zum Beispiel aggressive oder konservative Fahrer, autonome und konventionelle Fahrzeuge mit der Möglichkeit, sich zu vernetzen und Informationen auszutauschen und solche, die dies (technisch oder bewusst) nicht erlauben. Prinzipiell sind so nahezu beliebige Mischverkehrsszenarien virtuell realisierbar. Eine solche Verkehrssimulationsumgebung erlaubt dann, Assistenzsysteme sowohl offline, d.h. vollständig simulationsbasiert, als auch online-interaktiv mit einem menschlichen Fahrer im ITWM-eigenen Fahrsimulator RODOS zu untersuchen. Die Einbeziehung von Verkehrsdaten zum Kalibrieren der Modelle und von geo-referenzierten Daten zur Umgebungsmodellierung, gekoppelt mit stochastischen Modellen zur Abbildung der realen Vielfalt, wird ebenfalls adressiert.

KI-basierte Verkehrsflussoptimierung

Neben der Modellierung und dynamischen Simulation von Verkehr befassen wir uns auch mit intelligenten, kooperativen Regelungsstrategien zur Verkehrsflussoptimierung. Hier konnten Methoden des reinforcement learnings (RL) angewandt werden, um in einer virtuellen Umgebung bei einem durchaus komplexeren Verkehrsnetzwerk, ein Kreisverkehr in Kaiserslautern (vgl. Abb. 2), die Ampelsteuerstrategie so zu verbessern, dass die mittlere Anzahl der wartenden Fahrzeuge um 50% gegenüber einem statischen Regler reduziert werden konnte. RL-Ansätze sind dadurch charakterisiert, dass durch sukzessive Interaktion und Beobachtung eines unbekanntes Systems ein datenbasierter Regler, z.B. ein tiefes neuronales Netz, so optimiert wird, dass ein bestimmtes Zielkriterium, z.B. Erhöhung der Gesamtdurchschnittsgeschwindigkeit, möglichst gut erreicht wird. In dem genannten Beispiel steuert der Regler mehrere Ampeln gleichzeitig und greift auf Informationen über einlaufende Fahrzeuge zurück. Solche KI-basierten Ansätze bieten großes Potential und liefern bereits vielversprechende Ergebnisse im Bereich der Mobilität, besonders, wenn sie mit Systemverständnis und mit klassischen Modellansätzen kombiniert werden. Dabei sind allerdings auch noch eine Reihe interessanter Fragen, z.B. hinsichtlich Robustheit, Stabilität und Training der Regler, offen, denen wir gegenwärtig u.a. im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsprojekts „SOPRANN-Synthese Optimaler Regelungen und adaptiver Neuronaler Netze für Mobilitätsanwendungen“² nachgehen.

1 Dichte Verkehrsaufkommen und verstopfte Straßen sind keine Seltenheit – mathematische Methoden können durch intelligente Regelstrategien Abhilfe schaffen

2 Opelkreisel in Kaiserslautern

¹ <https://www.itwm.fraunhofer.de/de/abteilungen/mf/dynamik-systemsimulation/verkehr-simulation.html>

² <https://www.chemnitz-am.de/soprann/>



LEICHTBAU: HOCHVOLT-ENERGIESPEICHER FÜR ELEKTRIFIZIERTE LKW-TRAILER SPART 20 PROZENT CO₂

Um das Klima zu schützen, sollen im Verkehrssektor Nutzfahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht von mehr als 3,5 Tonnen ab 2025 durchschnittlich 15 Prozent weniger Kohlendioxid (CO₂) emittieren. Leichte, leistungsfähige und einfach nachzurüstende Energiespeicher in Verbindung mit elektrischen Traktionsantrieben an Sattelauflegerfahrzeugen können dieses Ziel unterstützen.

Ihre Ansprechpartner:

Rüdiger Heim
+49 6151 705-283
ruediger.heim@lbf.fraunhofer.de

Die Traktionskomponenten des von Industrie, TU Darmstadt und zwei Fraunhofer-Instituten entwickelten autarken Sattelauflegerfahrzeugs mit elektrischem Antriebsmodul sind so dimensioniert, dass neben der Bremsenergieerückgewinnung auch eine kurzzeitige Traktionsunterstützung sowie die Lastpunktverschiebung der Sattelzugmaschine erreicht wird. Dies führt zu einer deutlich verbesserten Kraftstoffeffizienz, was auch für den Langstreckentransport gilt. Die Forschergruppe rüstete den evTrailer mit einer innovativen, in den Königszapfen integrierten Dünnschichtsensorik sowie eigener Steuerungs- und Regelungstechnik aus. Auf diese Weise ist nur ein Minimum an Fahrzeugkommunikation notwendig, und mit geringen Geschwindigkeiten lässt sich die Zugmaschine unabhängig, beispielsweise im Logistikzentrum, manövrieren.

Flexibel dank Dünnschichtsensorik

Dank seiner langjährigen Erfahrungen konnte das Fraunhofer LBF für die Batterie eine Vielzahl von Einzelzellen im Formfaktor 18650 und mit Lithium-Metalloxid Kathodenmaterial nutzen. Das Energiespeichersystem selbst verfügt über eine Gesamtkapazität von 100 Kilowattstunden und einen Spannungsbereich von 590 bis 670 Volt. Dies machte es notwendig, mehr als 10.000 Einzelzellen im Rahmen einer Systemverschaltung 168s60p anzuordnen. Für die langjährige Nutzung sollte eine Fahrleistung von wenigstens 700.000 Kilometern nachgewiesen werden. Dazu ermittelte das Forscherteam in umfangreichen Untersuchungen zur Degradation der ausgewählten Zellen, dass der Entladehub auf 50 Prozent der maximal möglichen Kapazität begrenzt werden musste.

Entwicklung spezieller Akku-Verbinder

Die zwischen der Vielzahl der Einzelzellen möglichen Toleranzen in den Kontaktpositionen machten es nötig, spezielle Stromverbinder zu entwickeln, diese aus elektrolytisch vernickeltem Kaltband anzufertigen und anschließend über Punktschweißen mit den Zellen zu verbinden. Die einzelnen Module wurden mit jeweils 240 Zellen bestückt und additiv im Sinne einer größtmöglichen Funktionsintegration so gestaltet, dass alle notwendigen Geometriemerkmale für die Zellintegration, die Hochvolt- und Niedervoltkabelführung sowie die Integration der Komponenten des Batteriemanagementsystems (BMS) berücksichtigt wurden. Im Gehäuse stapelten die Experten jeweils zwei Module in einer gespiegelten Anordnung mit dazwischenliegender Kühlplatte übereinander.

Leichtes Batteriegehäuse gleicht Zellgewicht aus

Trotz einer Masse von 475 Kilogramm allein für die Zellen ist es dem LBF-Team gelungen, die Gesamtmasse des Energiespeichers, einschließlich Kühlsystem, BMS und Gehäuse, auf knapp über 600 Kilogramm zu begrenzen. Das hierfür notwendige Leichtbaukonzept für das Gehäuse nutzte fortschrittliche Sandwichstrukturen und glasfaserverstärkte Thermoplaste. Damit war es möglich, ein für Hochvolt-Energiespeicher besonders günstiges Verhältnis zwischen Zellmasse und Gesamtgewicht von 0,8 zu realisieren.

1 Leicht und effizient:

Anordnung des Energiespeichers zwischen den Fahrzeuglängsträgern am LKW-Trailer.

Weitere Informationen zu diesem Projekt finden Sie [hier!](#)



©Erwin Wodicka - Fotolia.com

MEHR NACHHALTIGKEIT IN DER TRANSPORTLOGISTIK: MIT KI EMISSIONEN REDUZIEREN

Eine der großen Herausforderungen im Umgang mit dem Klimawandel ist die Senkung der Treibhausgas-Emissionen im Verkehr. Gerade der gewerbliche Güterverkehr hat dabei ein hohes Potenzial, die Emissionen zu senken. Denn: Ein beträchtlicher Anteil der LKW-Fahrten ist nicht optimal ausgelastet. Im Projekt »KITE« entwickeln Forscherinnen und Forscher der Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Supply Chain Services des Fraunhofer IIS deshalb ein neues KI-basiertes Verfahren zur Tourenplanung, mit dem Leerfahrten reduziert werden können. Als Projektpartner engagieren sich die Optitool GmbH, die BLG Logistics Group AG & Co. KG sowie die Schmahl & Stoepel GmbH für die Emissionsreduktion.

Ihre Ansprechpartner:

Benedikt Sonnleitner
+49 911 58061-9612
Benedikt.sonnleitner
@iis.fraunhofer.de

»KITE«: Künstliche Intelligenz im Transport zur Emissionsreduktion

Transportlogistik nachhaltiger zu gestalten und Leerfahrten zu reduzieren, ist das Ziel des Forschungsprojekts »KITE«, das Künstliche Intelligenz (KI) im Transport zur Emissionsreduktion nutzbar macht. Die Fraunhofer-Arbeitsgruppe SCS beschäftigt sich hierzu mit Prognoseverfahren – in zwei verschiedenen Richtungen:

Zum einen wird ein Prognoseverfahren entwickelt, um Transportvolumen auf verschiedenen Prognose-Ebenen (Kunde, Niederlassung, Unternehmen) sowie Horizonten (Tage, Wochen, Monate) vorherzusagen. Diese Vorhersagen werden dann in der Tourenplanung genutzt, um gezielt Sendungsvolumen zu konsolidieren. So kann ein LKW einen Knoten im Netzwerk beispielsweise einen Tag früher oder später anfahren. Zum anderen wird ein Verfahren zur Langfristprognose entwickelt, um gezielt Stellen zur Netzoptimierung – also die gezielte Akquise neuer Kunden oder Aufbau neuer Hubs – zu identifizieren.

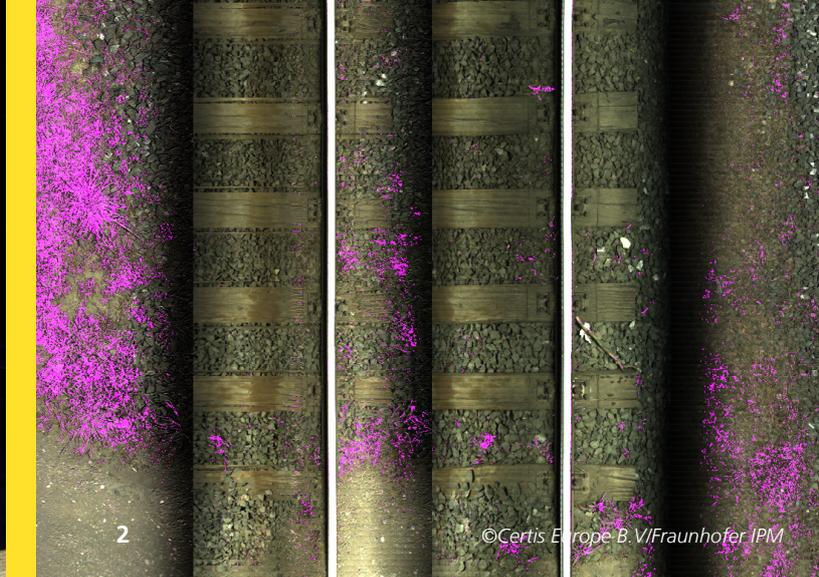
Das Projektziel: Die Reduktion von Leerfahrten um bis zu 15 Prozent bei den betrachteten Betrieben. An der Entwicklung und Pilotierung des Verfahrens ist ein großes sowie ein mittelständisches Speditionsunternehmen beteiligt. Um die Übertragbarkeit zu sichern, betrachten die Forscher überdies drei weitere assoziierte Speditionsunternehmen.

Bereits im Vorgängerprojekt »KIVAS« konnte gezeigt werden, dass vor allem das Wetter und kalendarische Effekte einen großen Einfluss auf die Kurzzeitprognose von Spediteuren haben und dass sich das Frachtvolumen für einzelne Spediteure auf Niederlassungsebene prognostizieren lässt. Die große Herausforderung im Projekt »KITE« ist nun die deutlich feingranularere Prognose und deren Verknüpfung mit mathematischer Optimierung zur Tourenplanung. Dazu werden gegenüber dem Vorgängerprojekt nun fünf weitere Unternehmen betrachtet. Die in »KITE« entwickelten Verfahren sollen nach Projektende in ein Softwareprodukt überführt werden, das von den beteiligten Speditionspartnern und weiteren Unternehmen genutzt werden kann.

Evaluation: Forschungspartner gesucht

Die Arbeitsgruppe SCS sucht für »KITE« laufend Forschungspartner, um die im Projekt entwickelten Verfahren bei verschiedenen Unternehmen zu evaluieren. Interessierte Unternehmen sind herzlich eingeladen, ihre Fragestellungen, Herausforderungen und Bedarfe zu adressieren. Das Projekt ist insbesondere für Speditionsunternehmen interessant, die die Auslastungsquote ihrer LKWs verbessern wollen.

Das laufende Projekt »KITE« wird im Rahmen der Förderlinie Modernitätsfonds »mFUND« (www.mfund.de) durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur gefördert.



1

©Certis Europe B.V./Fraunhofer IPM

2

©Certis Europe B.V./Fraunhofer IPM

Ihre Ansprechpartner:

Prof. Dr. Alexander Reiterer
 +49761 8857 183
 alexander.reiterer
 @ipm.fraunhofer.de

- 1 *Grün sehen: Ein Kamerasystem, installiert auf einem Spritzzug, erkennt Vegetation und sorgt dafür, dass Herbizide nur dort ausgebracht werden, wo tatsächlich Bewuchs vorhanden ist.*
- 2 *Zur automatisierten Erkennung lebender Pflanzen nutzt das optische System das spezifische Verhältnis von Absorption und Reflexion in bestimmten Spektralbereichen. Die Vegetation ist auf dem Messbild detailliert (lila) zu erkennen.*

AUTOMATISIERTE VEGETATIONSKONTROLLE AN BAHNGLEISEN: HERBIZIDE GEZIELTER EINSETZEN

Pflanzen in und an Gleisanlagen sind ein Sicherheitsrisiko für die Bahn, denn Wurzeln können die Pufferfunktion des Schotterbetts beeinträchtigen und langfristig die Gleislage verändern. Für die Vegetationspflege am Bahnnetz werden Herbizide, vor allem Glyphosat, eingesetzt. Vor dem Hintergrund verschärfter EU-Regelungen hat die Deutsche Bahn angekündigt, den Einsatz von Glyphosat bereits ab dem laufenden Jahr um die Hälfte zu senken. Fraunhofer IPM hat für den Bahndienstleister Certis Europe B.V. ein optisches System zur automatisierten Grünerkennung entwickelt, das es ermöglicht, Herbizide deutlich gezielter und damit sparsamer einzusetzen und Bewuchs langfristig zu dokumentieren. Voraussetzung dafür ist die sogenannte Grünerkennung, die heute in der Regel manuell bzw. visuell erfolgt: Zwei oder drei Personen beobachten vom Spritzzug aus jeweils einen bestimmten Streckenbereich und lösen manuell einen Spritzbefehl aus, sobald sie »grün sehen«. Dabei fährt der Zug mit einer maximalen Geschwindigkeit von 40 km/h. Die ausgebrachte Herbizid-Menge liegt bei dieser Methode bei ca. 6 Litern pro Hektar.

Grünlücke im Lichtspektrum zur Erkennung lebender Pflanzen nutzen

Das am Fraunhofer IPM entwickelte kamerabasierte multispektrale System zur automatisierten Grünerkennung automatisiert diesen Prozess. Dies hat zahlreiche Vorteile: Die selektive Grünerkennung erfolgt zuverlässig auch über lange Zeiträume – ohne Ungenauigkeiten aufgrund von Ermüdungsercheinungen. Der Spritzzug kann in seiner jetzigen Version mit Geschwindigkeiten von bis zu 50 km/h fahren, mittelfristig sollen höhere Geschwindigkeiten erreicht werden. Dies führt zu höherer Effizienz und einer deutlichen Reduzierung der benötigten Herbizidmenge.

Das Messsystem nutzt den charakteristischen spektralen Fingerabdruck grüner Vegetation: Licht im Wellenlängenbereich zwischen 490 nm und 620 nm, der sogenannten Grünlücke, und ab 780 nm im NIR-Bereich (nahes Infrarot) wird reflektiert, während die Wellenlängenbereiche zwischen 400 nm und 490 nm (blauer Spektralbereich) und zwischen 620 nm und 780 nm (roter Spektralbereich) absorbiert werden. Dieses spezifische Verhältnis von Absorption und Reflexion wird für die Grünerkennung genutzt. Das Erfassungssystem besteht aus acht Kameras: Zwei Kamera-paare mit jeweils einer RGB- und einer NIR-Kamera erfassen den linken und rechten Seitenbereich der Gleise; zwei RGB-NIR-Kamera-paare sind unter dem Zug auf den mittleren Gleisbereich ausgerichtet. An jedem Ende des Zuges ist ein System installiert, sodass die Grünerkennung in beiden Fahrtrichtungen möglich ist, ohne den Zug wenden zu müssen. Die Bodenauflösung der Kameras beträgt 1,5 mm. Das Gleisbett wird mit leistungsstarken LED ausgeleuchtet, sodass die Grünerkennung auch bei schwierigen Lichtverhältnissen und bei Nacht funktioniert. Bildverarbeitung, Signalauswertung und Signalweiterleitung erfolgen innerhalb einer Sekunde. Ab einem vorgegebenen Schwellenwert wird ein Sensorsignal zur Ausbringung der Herbizide erzeugt. Die Messung des Bedeckungsgrads erfolgt zusammen mit der Erfassung von GPS-Informationen zur exakten Lokalisierung des Bewuchses. Seit Ende März sind zwei Certis-Spritzzüge mit dem neuen System ausgestattet und im Einsatz.

IMPRESSUM

Herausgeber: Fraunhofer-Allianz Verkehr, Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4, 44227 Dortmund
 Tel.: +49 231 9743-371, E-Mail: info@verkehr.fraunhofer.de, Internet: www.verkehr.fraunhofer.de