

# Nachhaltige Vegetationskontrolle

Herbizide bis zum kompletten Ausstieg aus ihrer Verwendung gezielter einsetzen



Für die Vegetationskontrolle an Gleisen werden derzeit noch Herbizide eingesetzt. Ein Kamerasystem zur automatisierten Grünerkennung ermöglicht es, die Stoffe gezielter und damit sparsamer einzusetzen. Auch die Dokumentation des Bewuchses über lange Zeiträume ist mit dem System erstmals möglich.

Quelle: Fraunhofer IPM

**ALEXANDER REITERER | NIKOLAOS DIMOPOULOS | SIMON FREY | SIMON STEMMLER | CHRISTOPH WERNER**

**Bis Ende 2022 ist geplant, auf Bahnanlagen kein Glyphosat mehr einzusetzen. An Alternativen wird mit Hochdruck geforscht. Angesichts des drohenden EU-weiten Verbots für das umstrittene Herbizid bis Ende 2022 läuft die Suche nach alternativen Methoden für eine ökologischere Vegetationspflege auf Hochtouren. Einstweilen hat die Deutsche Bahn AG (DB AG) angekündigt, den Einsatz von Glyphosat bereits ab dem laufenden Jahr um die Hälfte zu senken [1]. Fraunhofer IPM hat für den Bahndienstleister Certis Europe B.V. ein optisches System für die automatisierte Grünerkennung entwickelt, das es ermöglicht, Herbizide deutlich gezielter und damit sparsamer einzusetzen und Bewuchs langfristig zu dokumentieren.**

Kontrolle und Pflege der Vegetation an Bahnstrecken sind eine stetige Herausforderung für Schienennetzbetreiber. Allein die DB Netz AG ist für den Erhalt von über 60 000 km Gleis verantwortlich. Nicht nur Bäume und Sträucher müssen von der Gleisumgebung ferngehalten werden, sondern auch pflanzlichen

Bewuchs im Gleisbett gilt es zu verhindern. Ackerschachtelhalm, Brombeere, Geranium, Treppe oder die Gemeine Nachtkerze gehören zu den am häufigsten vorkommenden Beikräutern, deren Wurzeln in die Hohlräume des Schotterbetts einwachsen mit der Folge, dass Regenwasser nicht zügig genug abfließen kann. Es kommt zur Verschlammung und der Schotter verliert seine Pufferfunktion: Vibrationen und Stöße, die durch überfahrende Züge entstehen, werden nicht mehr ausreichend abgefedert, Gleislagefehler sind u. a. die Folgen. Die regelmäßige Beseitigung verschiedener unerwünschter Pflanzen von den Gleisanlagen, die durch verschiedene Vorschriften geregelt ist, ist also vor allem eine Frage der Sicherheit.

## Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel zunächst noch notwendig

Die Vegetationspflege übernehmen in der Regel spezialisierte Pflanzenschutz-Dienstleister wie die Certis Europe B.V. – Bereich Railservice – im Auftrag der Netzbetreiber. Sie setzen dabei unter anderem auf Pflanzenschutzmittel (PSM), vor allem auf den Einsatz des Blatt herbizids Glyphosat. Glyphosat eliminiert unerwünschten Bewuchs und das sogenannte Samenpotenzial zuverlässig und effektiv. Alternative Methoden wie etwa die maschinelle

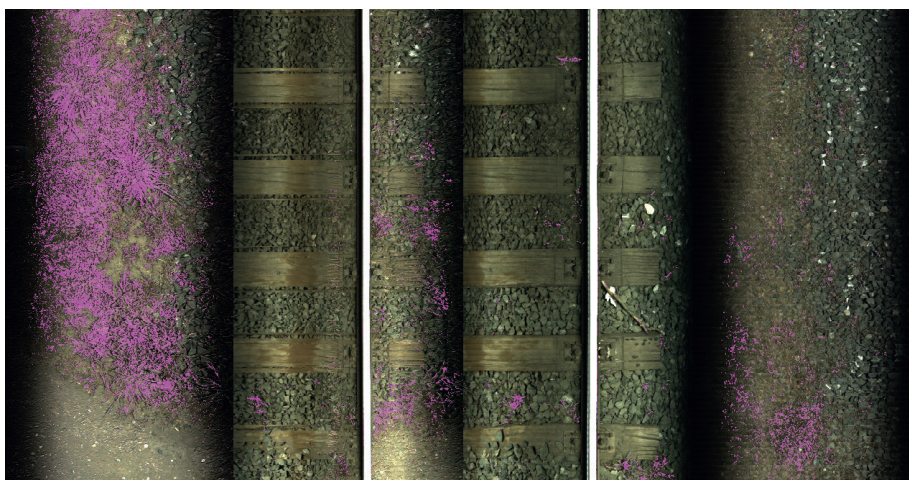
Unkrautentfernung, das Jäten von Hand sowie der Einsatz von Heißwasser, UV-Licht oder elektronische Verfahren sind derzeit noch nicht optimal in den Bahnbetrieb integrierbar und befinden sich darüber hinaus erst in der Entwicklungs- und Erprobungsphase. Ganz ohne chemische PSM wird die Vegetationskontrolle also bis zum kompletten Ausstieg aus dem Glyphosat-Einsatz noch nicht zu bewerkstelligen sein. In Schutzgebieten, in denen keine Herbizide eingesetzt werden dürfen, müssen Gleisanlagen viel öfter erneuert werden als solche Anlagen, bei denen eine regelmäßige chemische Vegetationspflege erfolgt. Schon heute gilt für den Herbizideinsatz: So viel wie nötig, so wenig wie möglich. D.h. das PSM wird möglichst nur dort ausgebracht, wo auch tatsächlich Bewuchs vorhanden ist. Voraussetzung ist die sichere Grünerkennung. Sie erfolgt bis heute manuell bzw. visuell: Zwei oder drei Firmenmitarbeiter beobachten vom Führerstand des Spritzzugs aus jeweils einen bestimmten Streckenbereich und lösen manuell einen Spritzbefehl aus, sobald sie „Grün sehen“. Damit dies möglichst zuverlässig geschieht, fährt der Zug mit einer maximalen Geschwindigkeit von 40 km/h. Die ausgebrachte Herbizidmenge liegt bei ca. 6 l pro Hektar. Die Menge der eingesetzten Mittel wird von der Spritzanlage exakt protokolliert.

### Multispektrales System zur automatisierten Grünerkennung

Das am Fraunhofer IPM entwickelte kamera-basierte System für die Grünerkennung ermöglicht es, den Spritzmechanismus automatisch und sehr gezielt nur dort auszulösen, wo tatsächlich Pflanzen wachsen. Dies hat zahlreiche Vorteile: Die selektive Grünerkennung erfolgt zuverlässig auch über lange Zeiträume – ohne Fehler und Ungenauigkeiten aufgrund von Ermüdungserscheinungen, wie sie bei der visuellen Grünerkennung und dem manuellen Auslösen des Spritzbefehls unvermeidlich sind. Zudem arbeiten Kamera und Prozessor schneller als der Mensch. Der Spritzzug kann daher in seiner jetzigen Version mit Geschwindigkeiten von bis zu 50 km/h fahren, mittelfristig sollen höhere Geschwindigkeiten erreicht werden. Dies führt insgesamt zu einer deutlichen Reduzierung der benötigten PSM-Menge und einer höheren Effizienz. Zudem kann die Entwicklung des Pflanzenbestands inklusive Informationen zu Standort und Bedeckungsgrad anhand der Kamerabilder über mehrere Jahre hinweg dokumentiert und analysiert werden.

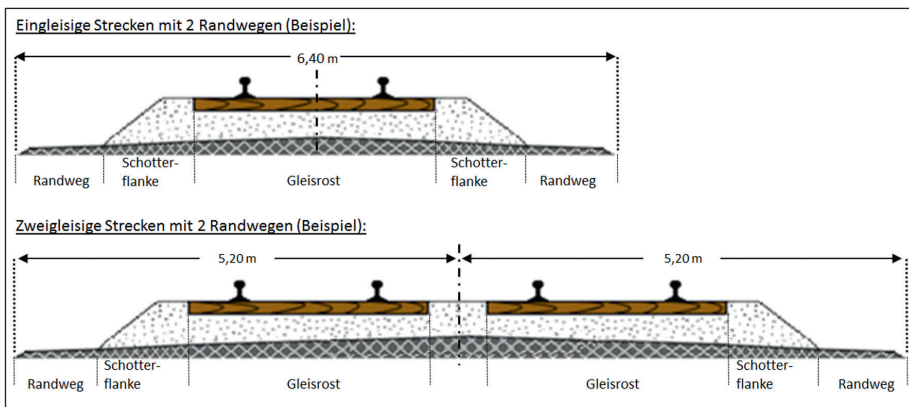
Grüne Vegetation hat einen charakteristischen spektralen Fingerabdruck. Das heißt: Licht im Wellenlängenbereich zwischen 490 nm und 620 nm (nm: Nanometer (1 nm = 10<sup>-9</sup> m), der sogenannten Grünlücke, und ab 780 nm im NIR-Bereich (nahes Infrarot) wird reflektiert, während die Wellenlängenbereiche 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 automatisierte Erkennung von lebenden Pflanzen genutzt (Abb. 1).

Es wird jeweils ein Erfassungssystem an jedem Ende des Zuges integriert, sodass die Grünerkennung in beiden Fahrtrichtungen möglich ist, ohne den Zug wenden zu müssen. Ein Erfassungssystem besteht aus insgesamt acht



**Abb. 1:** 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 zu erkennen.

Quelle: Certis Europe B.V./Fraunhofer IPM

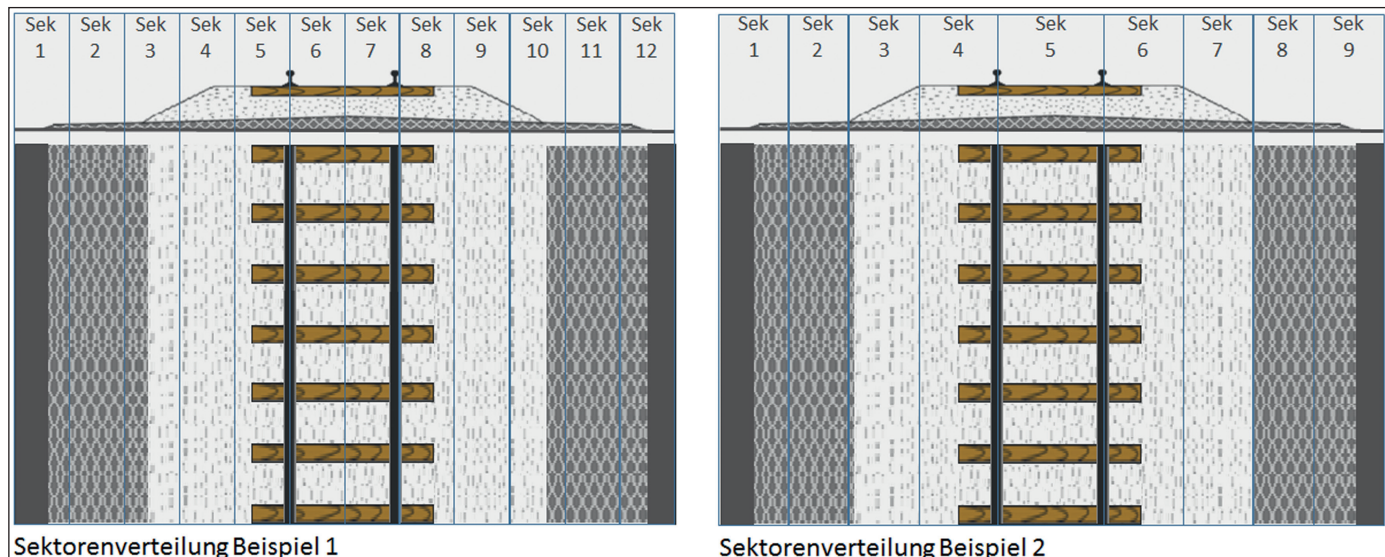


**Abb. 2:** Das System zur Vegetationserkennung deckt den gesamten gleisabhängigen Arbeitsbereich ab.

Quelle: Certis Europe B.V.

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. Die Bodenaufösung der Kameras beträgt 1,5 mm. Die Kameras sind in witterungsbeständige Gehäuse integriert, damit sie den rauen Be-



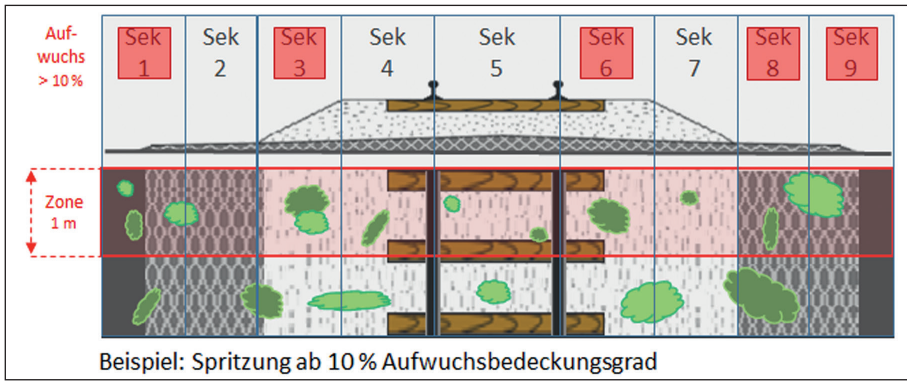
**Sektorenverteilung Beispiel 1**

**Sektorenverteilung Beispiel 2**

**Abb. 3:** Für die genaue Lokalisierung der Vegetation wird der Arbeitsbereich des Systems in Sektoren eingeteilt.

Quelle: Certis Europe B.V.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DW Media Group GmbH 2020



**Abb. 4:** Selektive Ausbringung von Herbiziden: Liegt der Grünanteil in einem Planquadrat über 10 %, so wird der Befehl zum Ausbringen des Pflanzenschutzmittels automatisch ausgelöst. Alle anderen Zonen bleiben unbehandelt. *Quelle: Certis Europe B.V*

dingungen am Zug standhalten. Das Gleisbett wird für eine zuverlässigere Detektion mit leistungsstarken LED ausgeleuchtet, sodass die Grünerkennung auch bei schwierigen Lichtverhältnissen und bei Nacht funktioniert. Das LED-Panel besteht aus 500 Hochleistungs-LED, die den aufzunehmenden Bereich homogen mit Weißlicht und Infrarotlicht ausleuchten.

**Behandlung je nach Bedeckungsgrad**

Die Erfassung der Vegetation erfolgt für eingleisige Strecken über eine Breite von 6,40 m, bei zweigleisigen Strecken über eine Breite von 5,20 m. Von der Gleisachse ausgehend wird bei eingleisigen Strecken somit ein Bereich von 3,20 m inklusive Randweg erfasst (Abb. 2). Bei zweigleisigen Strecken wird ein Bereich von 3,20 m zur Außenseite und zur Streckenmitte ein Bereich von 2 m erfasst, um

eine doppelte Behandlung bedingt durch das Abfahren beider Fahrrichtungen zu verhindern. Die Erfassungsbereiche werden dabei in Sektoren unterteilt (Abb. 3, Beispiel 1 und 2). Diese Sektoren werden längs zur Fahrrichtung in 1 m-Segmente, sogenannte Zonen separiert. Die Breite der Sektoren kann durch den Nutzer individuell angepasst werden. Aus den Längen- und Breiteneinteilungen ergeben sich gleichmäßige Rechtecke, sog. „Planquadrate“. Für jedes dieser Planquadrate wird der Pflanzenbedeckungsgrad errechnet. Ab einem vorgegebenen Schwellenwert wird ein Sensorsignal zur Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln erzeugt. Es aktiviert je nach ermitteltem Bedarf eine oder mehrere der acht beweglichen Spritzdüsen mit einem Durchmesser von zirka 1,5 cm. Auch der Schwellenwert für den Bedeckungsgrad ist individuell

einstellbar. Die Messung des Bedeckungsgrads erfolgt zusammen mit der Erfassung von GPS-Informationen zur exakten Lokalisierung; er kann sowohl grafisch (Abb. 4) als auch tabellarisch abgefragt werden.

**Bildauswertung und Signalverarbeitung innerhalb einer Sekunde**

Eine besondere Herausforderung bei der Systementwicklung war die geforderte Geschwindigkeit bei Bildverarbeitung, Signalauswertung und Signalweiterleitung an bereits vorhandene Technik im Zug zur Ausbringung des PSM: Der mögliche Abstand zwischen dem Kamerasystem und den Düsen der PSM-Spritzanlage ist durch die Länge des Zuges und die Anordnung der einzelnen Wagen in einer bestimmten Fahrtrichtung auf ca. 30 bis 50 m begrenzt. 13,9 m pro Sekunde legt der Spritzzug bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h zurück. Aufgrund technisch-physikalischer Trägheit arbeitet die Spritzanlage mit einer gewissen Verzögerung. Die Zeitspanne zwischen Bildaufnahme und Auslösen des Spritzbefehls darf insgesamt eine Sekunde nicht überschreiten. Die Kamerabilder werden zeilenweise ausgelesen und mithilfe eines FPGA (Field Programmable Gate Array) analysiert. Im Frühjahr 2020 wurde das neue System an zwei Certis-Spritzzügen installiert und wird seitdem intensiv evaluiert. Seit Ende März sind zwei Certis-Spritzzüge mit dem neuen System ausgestattet und im Einsatz.

**QUELLEN**

[1] [https://www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart\\_zentrales\\_uebersicht/DB-halbiert-ab-2020-Einsatz-von-Glyphosat-4405582](https://www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart_zentrales_uebersicht/DB-halbiert-ab-2020-Einsatz-von-Glyphosat-4405582)

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DW Media Group GmbH 2020



**Prof. Dr. Alexander Reiterer**  
 Abteilungsleiter Objekt- und Formerfassung  
 Universitäts-Professur für Monitoring von Großstrukturen am INATECH der Universität Freiburg; Freiburg  
 alexander.reiterer@ipm.fraunhofer.de



**Nikolaos Dimopoulos**  
 Elektronikentwickler  
 nikolaos.dimopoulos@ipm.fraunhofer.de



**Simon Frey**  
 Softwareentwickler  
 simon.frey@ipm.fraunhofer.de



**Simon Stemmler**  
 Gruppenleiter Airborne- und Unterwasser-Scanning  
 simon.stemmler@ipm.fraunhofer.de



**Dr. Christoph Werner**  
 Elektronik- und Softwareentwickler  
 christoph.werner@ipm.fraunhofer.de

Alle Autoren:  
 Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM, Freiburg