

Projektbericht

RFID im Einsatz unter Tage

Ausgangssituation

Im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsprojekts der Deutschen Steinkohle AG entwickelte das Fraunhofer IML zusammen mit Partnern aus der Industrie für den untertägigen Materialtransport in Bergwerken das Transportsystem »Automatisierte Dieselkatze«. Hierzu wurden ein vorhandenes Einschienen-Hängebahn Fahrzeug (Dieselkatze) als Prototyp sowie eine Strecke auf der 7. Sohle des Bergwerks Ost in Hamm mit folgenden Komponenten ausgerüstet:

- Funk-Netzwerk (WLAN) zur Kommunikation von Fahraufträgen, Statusmeldungen, Maschinen- und Videodaten zwischen Leitstand (über Tage) und Fahrzeug
- Positions-Erfassungssystem zur Ortung der Fahrzeuge im Streckennetz
- Sensorik zur Überwachung des Fahrwegs

Die erforderlichen Komponenten (Rechner, Sensoren, Kameras etc.) wurden im Rahmen des Projekts an die Anforderungen für den Einsatz im Bergbau angepasst und gemäß der ATEX Richtlinien für den Schlagwetterschutz zugelassen.



Abb. 1: Automatisierte Dieselkatze im Einsatz auf Bergwerk Ost

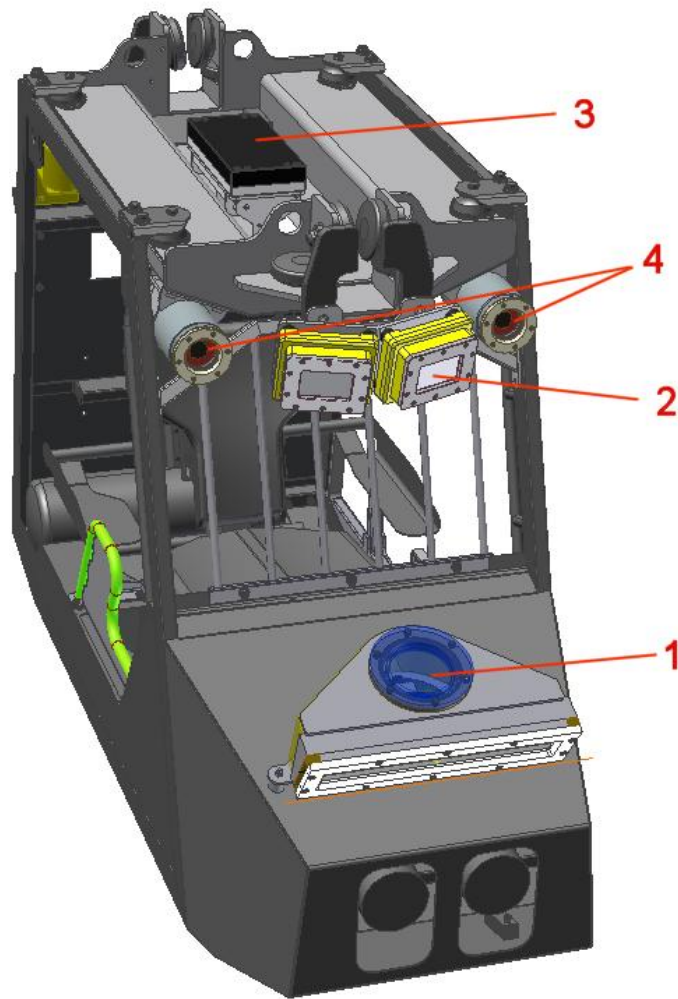


Abb. 2: Ausrüstung der Automatisierten Dieselkatze
1: Laser-Scanner – 2: Radar-Sensoren – 3: RFID-Lesegerät – 4: Video-System

Positions-Erfassungssystem

Das Positions-Erfassungssystem hat die Aufgabe, die absolute Position eines Fahrzeugs im Streckennetz zu bestimmen und an den Leitstand sowie an die autonom arbeitende Fahrzeugsteuerung zu übermitteln. Dazu wurden an ausgewählten Punkten des Streckennetzes (Abzweige, Langsamfahrstellen an Kurven und Gefahrenpunkten) sog. Landmarken installiert, die von Sensoren am Fahrzeug im Vorbeifahren erkannt werden.

Bei Vorversuchen wurden hierzu zunächst Permanentmagnete an der Fahrschiene und Magnetschalter (Reed-Kontakte) am Fahrzeug installiert. Magnetschalter werden im Bergbau vielfach eingesetzt, z.B. zur Positionserfassung von Förderkörben im Schacht, und sind daher mit ATEX Zulassung und in hinreichend robuster Ausführung am Markt verfügbar. Nachteil dieses Systems ist, dass prinzipiell nur erkannt wird, dass das Fahrzeug eine Landmarke passiert, aber nicht, welche. Für die Serienreifmachung wurden daher folgende Anforderungen formuliert:

Anforderungen

- Positionsbestimmung über Landmarken mit eindeutigem ID Code
- Einfache Montage der LM an den Fahrschienen ohne Bohr- / Schweißarbeiten
- Passive Landmarken ohne Energieversorgung (Zuleitung / Batterie)
- Montage der Lesegeräte am Fahrzeug ohne Konturverletzung
- Abstand zwischen LM und Lesegerät schwankt von 2 – 10 cm
- Sicheres Lesen der ID bis 3 m/s Fahrgeschwindigkeit
- Schnittstellen:
 - Stromversorgung 12 V
 - Analog-Eingang zur Fahrzeugsteuerung
 - RS-232 zum Bordrechner
- Schlagwetterschutz: Vergusskapselung, galvanische Trennung der Stromkreise, Gehäuse leitfähig
- Landmarken und Lesegerät in robuster Ausführung, unempfindlich gegen Staub und mechanische Beschädigung
- EMV: Lesung darf nicht durch Elektroanlagen (z.B. Bandantriebe > 1 MW) beeinträchtigt werden.

Realisierung

Aufgrund der Forderung nach eindeutig identifizierbaren Landmarken untersuchte das IML unterschiedliche RFID-Systeme auf ihre Eignung bezüglich der übrigen Anforderungen. Dazu wurde ein Versuchsstand errichtet mit dem die Transponder, die später als Landmarken verwendet werden sollten, auf einem Schlitten am Lesegerät vorbeigefahren wurden.

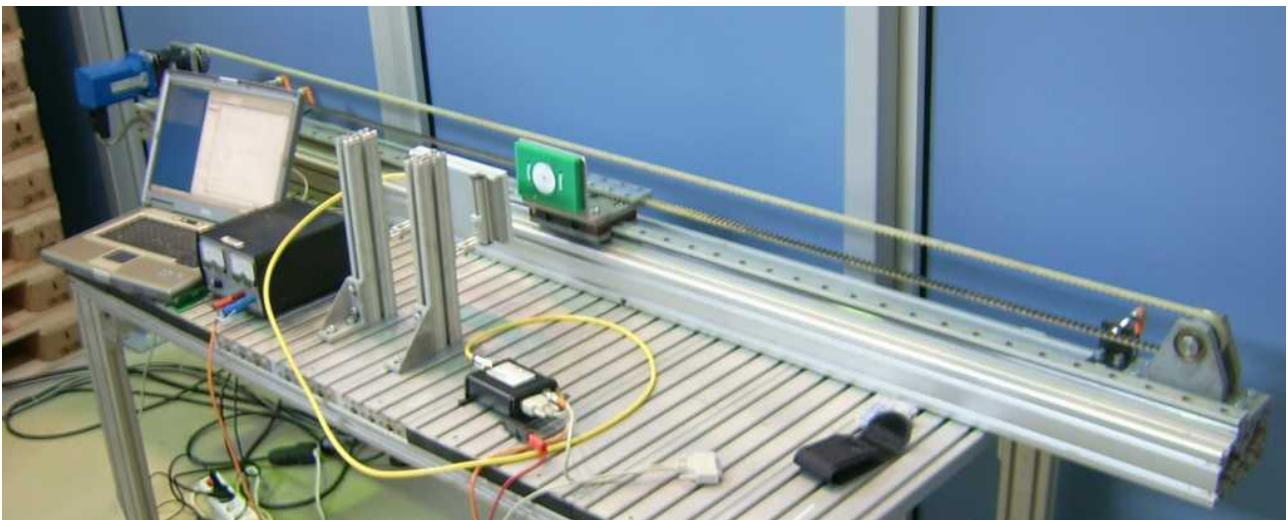


Abb. 3: Versuchsstand zur Ermittlung der Leserate bei variablem Abstand und Geschwindigkeit

Es wurden mehrere Versuchsreihen durchgeführt:

- Unterschiedliche Transponder (Frequenzbereich, Bauform, Ausrichtung bei Stab-Transpondern)
- Unterschiedliche Lesegeräte (Frequenzbereich) und Antennen (Bauform, Ausrichtung)
- Variabler Abstand zwischen Transponder und Antenne des Lesegeräts
- Variable Geschwindigkeit des Schlittens
- Unterschiedliche Materialien zwischen Transponder und Antenne zur Ermittlung geeigneter Gehäuse (Werkstoff, Dicke)
- Unterschiedliche Materialien zwischen Transponder-Rückseite und dem Stahlschlitten
- EMV-Beeinträchtigung durch verschiedene Störquellen (Elektr. Antriebe, Rechner, LS-Lampen)
- Verschmutzung von Transponder und Antenne (Kohlenstaub)
- Temperatureinflüsse (Erwärmen / Abkühlen der Transponder)

Im Ergebnis stellte sich ein 13,56 MHz System mit einem Lesegerät der Fa. Huf Tools (MTR 3) und Smart Labels nach ISO 15693 als geeignet heraus; damit konnte bei Abständen bis 100 mm und Geschwindigkeiten bis 3 m/s die Transponder-ID zuverlässig gelesen werden. Die verwendete Antenne hatte die Abmessungen 250 x 100 mm. Die Transponder wurden mit Kunststoffscheiben in 30 mm Abstand von dem Halteblech des Schlittens montiert.

Nach Auswahl dieses Systems wurde in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern *Huf Tools* und *Embigence* eine schlagwetter geschützte Ausführung des Lesegeräts und der Transponder entwickelt.

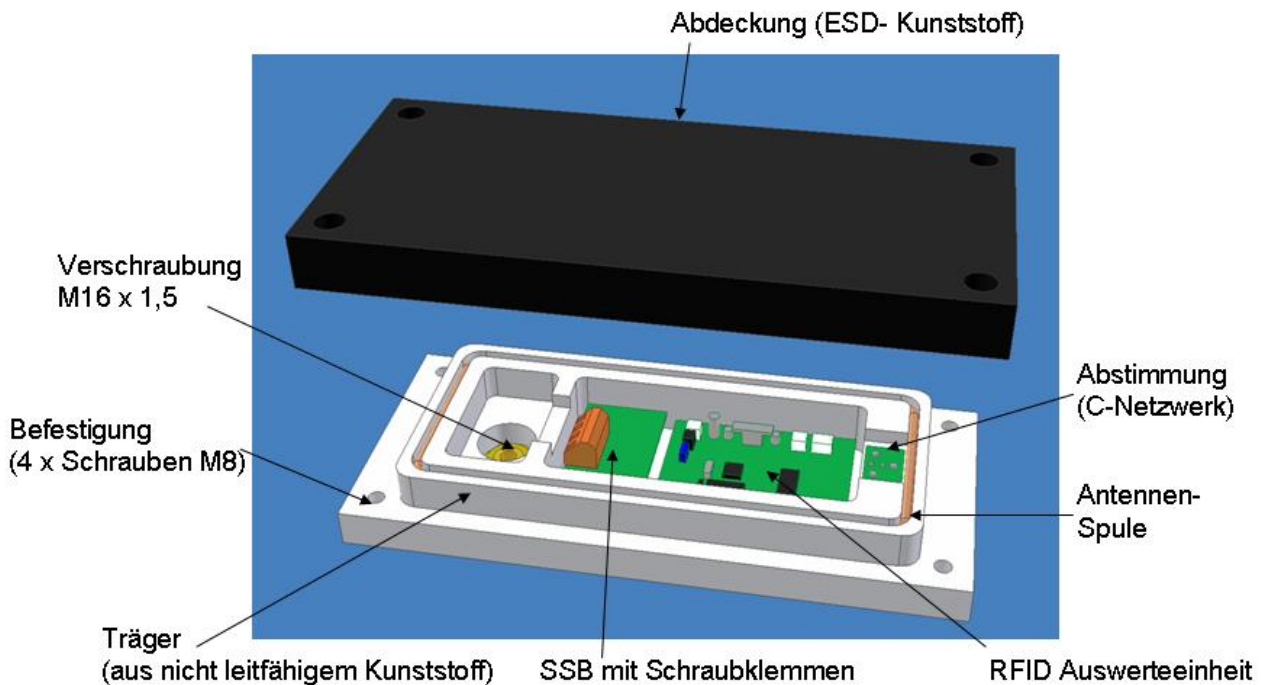


Abb. 4: Aufbau des RFID Lesegeräts; Gesamtabmessungen: 320 x 150 x 48 mm (montiert)

Dazu wurde die serienmäßige MTR-3 Auswerteeinheit modifiziert und um eine zweite Platine, das Schutzschaltungsboard (SSB), ergänzt. Die gesamte Schaltung und die Antennenspule werden mit einer Silikonmasse vergossen (Zündschutzart *Vergusskapselung*).

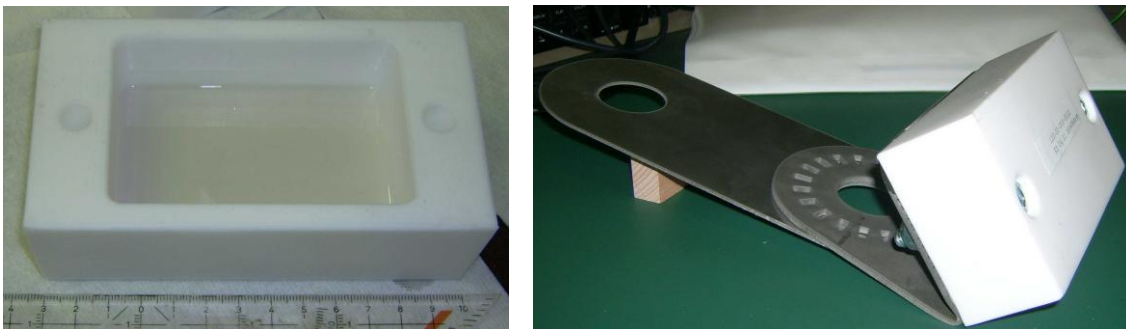


Abb. 5: RFID-Landmarke mit Montageblech

Die Transponder werden von der Zulassungsstelle nicht als eigenständige elektrische Betriebsmittel aufgefasst, so dass hierfür keine spezielle ATEX Zulassung erforderlich ist. Um den erforderlichen Abstand zum Montageblech (VA-Stahl) zu erreichen, werden die Transponder in einen gefrästen Kunststoffblock eingelegt und mit Silikon-Vergussmasse fixiert. Die projizierte Oberfläche dieses Blocks darf nach EN 50014 maximal 100 cm² betragen; realisiert wurde ein Block mit 130 x 70 x 35 mm.

Das Montageblech erlaubt die einfache Montage der Landmarken an den Aufhängungen der EHB-Fahrschiene; dafür muss nur jeweils ein Splint gelöst und das Blech über die vorhandenen Bolzen geschoben werden. Durch die zweiteilige Ausführung kann der Block auch bei Schrägstellung der Aufhängung parallel zur Schiene justiert und durch Umbiegen einer Blechnase in dieser Position fixiert werden.

Erprobung

Zur Erprobung wurden ca. 30 Landmarken entlang der Versuchsstrecke auf Bergwerk Ost montiert und die Positionen und ID-Codes in der Datenbank des Leitsystems für die Fahrauftrags-Steuerung und –Überwachung registriert. An den beiden Fahrerkabinen des Versuchsfahrzeugs wurde je ein Lesegerät so angebracht, dass die Landmarken, die sich jeweils in Fahrtrichtung rechts von der Schiene befinden, vom vorderen Lesegerät und die Landmarken links vom hinteren Gerät erfasst werden. Damit kann auch bei unterschiedlichen Zuglängen sicher erkannt werden, ob ein Zug einen durch Landmarken erkannten Bereich (z.B. eine Weiche) vollständig durchfahren hat.



Abb. 6: Anordnung des RFID-Lesegeräts auf der Fahrerkabine der Dieselkatze

Bei allen Fahrversuchen wurden die Landmarken sicher erkannt, wobei im Handbetrieb Fahrgeschwindigkeiten bis 2,7 m/s erreicht wurden und die Fahrerkabine in beide Richtungen seitlich ausgeschwenkt wurde (Pendelbewegung um die Laufrad-Aufhängung).

In einzelnen Fällen meldete das Lesegerät einen erkannten Transponder mit nicht lesbarer ID (*Framing Error*) obwohl sich an dieser Position keine Landmarke befand; dieser Fehler lies sich aber nicht reproduzieren und die Ursache damit auch nicht abschließend klären.



Abb. 7: RFID-Lesegerät nach dem Einsatz unter Tage

Im Laufe der Versuche wurde die geometrische Anordnung der Landmarken und Lesegeräte optimiert, da es zu Berührungen des Gehäuses mit Bauteilen über den Fahrschienen kam. Trotz der in Abb. 7 gezeigten Beschädigungen des Gehäusedeckels war das Gerät aber noch voll funktionstüchtig.

**Fraunhofer-Institut
für Materialfluss und Logistik IML**
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4
44227 Dortmund

Ansprechpartner:
Dipl.-Ing. Heinz Huber
Telefon +49 231 9743 - 128
Fax +49 231 9743 - 427
heinz.huber@iml.fraunhofer.de

© Fraunhofer IML, Stand 20.04.2011