

# Mobiles Messsystem zur Analyse von Fahrzeugmagnetfeldern im Praxiseinsatz

Torsten Uhlig / Günther Lehner / Gerhard Haipl

**Moderne Schienenfahrzeuge auf Eisenbahnstrecken entsprechend allen Sicherheitsanforderungen betreiben zu können, ist nicht so selbstverständlich möglich, wie das die einheitliche Spurweite annehmen ließe. Viele teilweise länderspezifische Auflagen und Einschränkungen zum Nachweis der elektrischen sowie elektromagnetischen Rückwirkungsfreiheit eines Fahrzeuges auf die Infrastruktur müssen eingehalten werden. Dies aus einem Grund, um den sicheren und hochverfügbaren Betrieb des Gesamtsystems „Eisenbahn“ sicherzustellen. Sollen diese Bedingungen zukünftig länderübergreifend, also interoperabel, erfüllt werden, sind nicht nur rückwirkungsarme Fahrzeuge und Regeltechnologien gefragt, vielmehr sind auch international einheitliche Bewertungs- und Messmethoden erforderlich, die länderübergreifende Fahrzeugzulassungen erst möglich machen.**

Die Summe der Maßnahmen, welche zur Erreichung von Rückwirkungsfreiheit von Fahrzeugen auf die Infrastruktur (oder auch umgekehrt) getroffen werden müssen, wird unter dem Begriff EMC (ElectroMagnetic Compatibility = elektromagnetische Kompatibilität) zusammengefasst.

Als Grundvoraussetzung zur Evaluierung von Störgrenzen ist jedoch nicht nur die Bekanntheit der Störfestigkeit der Infrastrukturanlagen eine Grundvoraussetzung, auch Störgrößen des rollenden Materials müssen dazu präzise, vergleichbar und nachvollziehbar ermittelt werden.

Die Richtlinienreihe EN 50238 sieht dazu unter anderem Mess- und Bewertungsverfahren vor, welche dies ermöglichen sollen. Das sogenannte Frequenzmanagement wird auf Basis der in der TS 50238-3 [2] definierten Verfahren im „Interface Document“ der aktuell überarbeiteten TSI-CCS festgelegt werden. Die nachvollziehbar einheitliche Mes-

sung, Auswertung und standardisierte Messbedingungen stellen Eckpfeiler in der Messanordnung dar, welche in der TS 50238-3 definiert sind. In Kooperation zwischen ÖBB und Frauscher Sensortechnik GmbH konnten Messreihen bestätigen, dass das Messsystem „Magnetic Noise Receiver – MNR“ von Frauscher die Anforderungen der TS 50238-3 hinsichtlich Messmethodik und Auswertung vollständig zu erfüllen in der Lage ist (Bild 1).

## 1 Grundlagen

Zum Betrieb eines Eisenbahnsystems ist eine Vielzahl technischer Einrichtungen im Gleisbereich erforderlich. Diese interagieren mit dem Fahrzeug, sodass sich der Betrieb elektrischer und auch dieselbetriebener Fahrzeuge in Form von Beeinflussungen auf die Anlagen der Infrastruktur, auch auf Kabelanlagen, störend auswirken kann. Erfüllt ein Fahrzeug alle



*Bild 1: Frauscher Magnetic Noise Receiver für standardisierte Magnetfeldmessung*

Störemissionsanforderungen, gilt es als rückwirkungsfrei und wird für den Betrieb zugelassen. Störende Auswirkungen, im Besonderen auf signaltechnische Anlagen, sind in diesem Fall auszuschließen.

Sicherungsanlagen haben sicherheitsrelevante, weil betriebstragende Aufgaben, zu erfüllen, deren unabsehbare Fremdbeeinflussung im Extremfall zu sicherheitskritischen Zuständen führen kann. Meist kommt es dabei durch die Beeinflussung zur Verfälschung von Auswertekriterien einer Sicherungsanlage oder Vortäuschung von Schaltkriterien durch induktive Beeinflussung. Dazu zählen Grundstellungsbefehle von Eisenbahnkreuzungen zur Unzeit, Falschmeldungen über Zustandsüberwachungen von Signallichtpunkten oder Weichenlagemeldungen.

Auch nicht betriebstragende Anlagen (Datenübertragung, Telekommunikation) können beeinflusst werden, deren Ausfall oder Störung sich negativ auf die Gesamtverfügbarkeit, die Pünktlichkeit, nicht aber auf die Betriebssicherheit auswirkt.

Die Summe der Maßnahmen, welche zur Erreichung der Rückwirkungsfreiheit von Fahrzeugen auf die Infrastruktur (oder auch umgekehrt) getroffen werden müssen, wird unter dem Begriff EMC zusammengefasst. Als Grundvoraussetzung zur Evaluierung von Störgrenzen ist jedoch nicht nur die Bekanntheit der Störfestigkeit der Infrastrukturanlagen eine Grundvoraussetzung, auch Störgrößen des rollenden Materials müssen dazu präzise, vergleichbar und nachvollziehbar ermittelt werden.

## 2 Beeinflussungsgrößen

Entlang elektrifizierter Eisenbahnstrecken entstehen Beeinflussungen durch den Traktionsstrom in der Grundfrequenz und durch verschiedene harmonische Oberwellen, abhängig von der eingesetzten Antriebstechnologie des Fahrzeuges sowie den Steuer- und Umformeinrichtungen im Fahrzeug. Auch moderne Dieselfahrzeuge können auf diese Weise Störspektren erzeugen, weshalb auch diese Fahrzeuge betrachtet werden müssen.

Die wesentlichen Beeinflussungsgrößen lassen sich in

- galvanische (= leitende) Verbindung, auch einpolig,
- kapazitive Kopplung, also Ausbildung eines elektrischen Feldes und
- induktive Kopplung, also Abstrahlung eines elektromagnetischen Feldes einteilen.

Diese Beeinflussungsgrößen wirken sich entweder örtlich begrenzt als punktförmige Störer oder wegen des Verlaufs der Störgröße gemeinsam mit dem Rückstrom als linienförmige Störer aus.

Es gibt hinlänglich Methoden, galvanische Störer oder Störungen, welche sich durch fehlerhafte galvanische Verbindungen auswirken, messtechnisch zu erfassen (Symmetriemessungen, Erdschluss- oder Erdübergangswiderstandserfassung gehören dazu). Störbeeinflussungen der Grundfrequenz (16,7 Hz, 50 Hz) lassen sich erfahrungsgemäß auch gut beherrschen oder kompensieren. Größere Probleme bereiten abgestrahlte Magnetfelder höherer Frequenzen, welche sich nach ihren Quellen, Spektrenzusammensetzung oder Resultierenden aufgrund von Interferenzverhalten nicht so einfach zuordnen lassen. Dafür können fahrzeugseitig unterschiedliche Gründe verantwortlich sein:

- Ein Störmagnetfeld tritt nur in bestimmten Lastfällen (Bergfahrt, Bremsen, Doppeltraktion ...) auf.
- Ein Störfeld ist hochfrequent und von eher kurzer Reichweite.
- Ein Störfeld hat die Resonanz- oder eine wirksame Interferenzfrequenz einer zu beeinflussenden Anlage oder
- ein Störfeld tritt nur an einem bestimmten Anlagenteil des Fahrzeuges auf.

Für all diese Beeinflussungsfälle ist eine Lokalisierung des Störers nur mit einem Antennensystem möglich. Soll eine Quantisierung aus Gründen der Vergleichbarkeit erfolgen, so muss es sich um ein standardisiertes System handeln, wie es beispielsweise in der TS 50238-3, Stand 2010 beschrieben ist.

## 3 Bahnseitige Verhältnisse

Wie bereits erwähnt, können punktuelle Anlagen oder aber ganze Kabelanlagen im Gleis dem Einfluss störender Felder ausgesetzt sein. In der Praxis ist der Einfluss über größere Entfernungen, (also „Längsstörer“) nur für niedere Frequenzen relevant. Diese können allerdings mit Antennensystemen nicht ausreichend evaluiert werden, da die Störungen zumeist dem Traktionsstrom aufgeprägt sind und sich mit diesem kabel-/schienengebunden ausbreiten. Für hochfrequente Störungen gilt das Gegenteil: Ihre schienengebundene Ausbreitung ist nur im Nahbereich des Fahrzeuges von Bedeutung, da mit zunehmender Frequenz die Bedämpfung steigt.

## 3.1 Punktuelle Störeinflüsse

Infrastrukturseitig sind in erster Linie schienennahe Einbauten dem störenden Einfluss von höherfrequenten Magnetfeldern ausgesetzt. Dies liegt zum einen am angeführten Nahfeldverhalten von hochfrequenten Störern und zum anderen an der Tatsache, dass vielen dieser Anlagen Arbeitsprinzipien mit elektromagnetischen Feldern zugrunde liegen.

## 3.2 Längsbeeinflussung

Wie weiter oben angeführt, haben höhere Frequenzen keine markante Auswirkung als Längsbeeinflussung im Fernverhalten. Da jedoch ein Schienenkontakt neben der Schiene angebracht ist, wirkt sich direkt unter einem Fahrzeug auch der dem Rückstrom aufgeprägte, hochfrequente Störstrom aus. Unmittelbar unter einem (Strom ableitenden) Rad können diese Ströme der harmonischen Oberwellen sehr groß sein, sie können im Strompfad Rad/Schiene direkt in Einrichtungen neben der Schiene induziert werden.

## 4 Maßnahmen am Fahrzeug

Bei modernen Fahrzeugen sind effektive Maßnahmen zur Bedämpfung bzw. Vermeidung von höherfrequenten Störspektren möglich. Für hohe Frequenzen stellen Abschirmung, Filterung oder gezielte Bedämpfung Möglichkeiten dar. Auch die freie Gestaltung von Steuerfrequenzen des Fahrzeugantriebssystems und damit die Verschiebung von Fahrzeugstörspektren in Frequenzbänder ohne Auswirkungen auf die Infrastruktureinrichtungen stellt einen Lösungsansatz dar. Dies setzt genaue Kenntnis des Beeinflussungsverhaltens von gleisseitigen Einrichtungen wie Schienenkontakte, Achszähler oder Gleisstromkreise voraus. So müssen gleisseitige Einbauten mit ihren länderspezifischen Arbeits-, Störungs- und Grenzfrequenzen bekannt sein. Dies erklärt auch, warum eine allumfassende Lösung als Grundbedingung für Interoperabilität nicht leicht zu finden ist: Da bestimmte Frequenzbänder in manchen Ländern nicht innerhalb des Störspektrums eingesetzter Anlagen liegen, sind Frequenzen in diesen Bereichen für nationale Zulassungen ohne Belang und werden daher auch meist nicht evaluiert. Dies kann gravierende Auswirkungen im grenzüberschreitenden Verkehr haben, wenn diese nicht evaluierten Frequenzbänder in einem anderen Land tatsächlich in einem wirksamen Störspektrum liegen. Eine der Maßnahmen

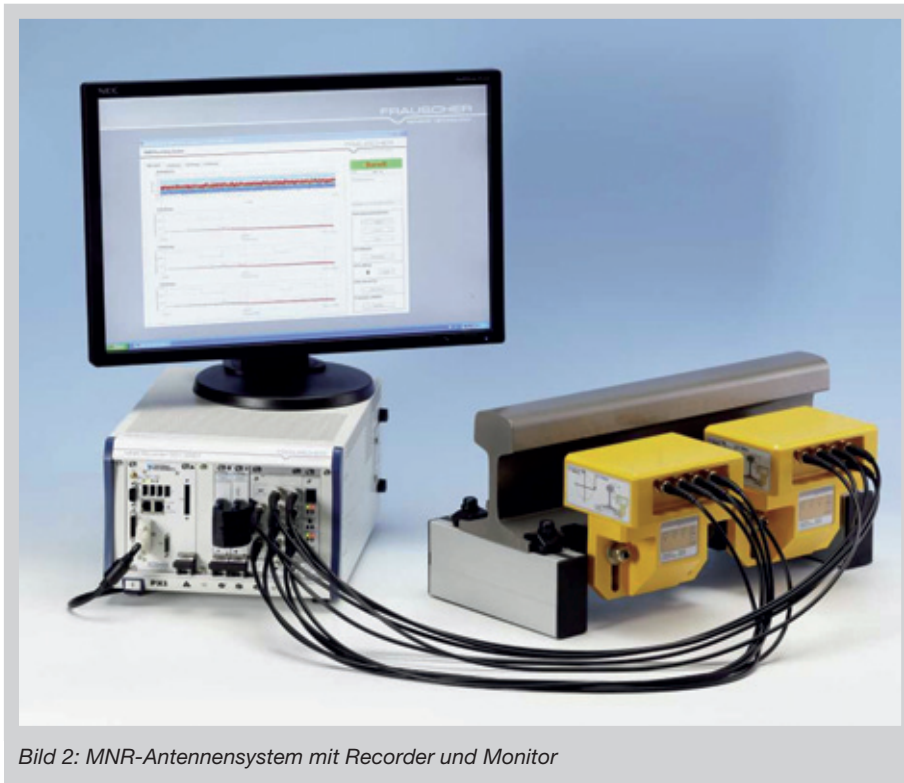


Bild 2: MNR-Antennensystem mit Recorder und Monitor

bei Fahrzeugen im grenzüberschreitenden Verkehr stellt daher das Einsetzen von Steuersoftware dar, welche andere Taktfrequenzen und damit andere Harmonische erzeugt (Softwareumschaltung an der Grenze).

### 5 Grenzwerte von magnetischen Feldern über Frequenzbereiche

Im Rahmen der Neuerstellung der TS 50238-2 [1] und TS 50238-3 wurde daher unter anderem von den Teilnehmerstaaten und deren Vertretern erhoben, welche gleisseitigen Einrichtungen (Achszähler, Gleisstromkreise) mit welchen Systemen, Frequenzen und in welchen Ausprägungen (Alter, Verbreitung) national im Einsatz sind. Es wurde dabei differenziert, ob und in welcher Größenordnung es sich um Altanlagen handelt, welche im Weiteren auch regional konzentriert eingesetzt werden könnten oder ob es sich um Systeme handelt, die zukünftig bevorzugt bei Neu- bzw. Umbauprojekten zum Einsatz kommen. Daraus wurden Systembauteile, deren Erneuerung in Aussicht steht, ausgenommen. Diese sollten nicht mehr neu verbaut werden und bestenfalls als Ersatzteile vorgehalten werden. So ergibt sich aus allen international bekannt gegebenen und zukünftig auf interoperablen Strecken einzusetzenden Sensoren eine resultierende Frequenzhüllkurve

je Raumachse, welche jene Pegelwerte darstellt, unterhalb derer Fahrzeugstörspektren ohne Auswirkung bleiben. Diese Kurven in Kombination mit der Liste der „Preferred Axlecounter“ werden in der TS 50238-3 als Grundvoraussetzung für Interoperabilität von Fahrzeugen und Achszählsensoren beschrieben.

In der technischen Spezifikation sind Art und Umfang der Abnahmefahrten für ein zuzulassendes Fahrzeug definiert. Dafür müssen die Fahrzeuge über ein vorgegebenes Messantennensystem fahren. Die genauen Anforderungen an die Antennen sind ebenfalls in der TS 50238-3 festgelegt. In den unterschiedlichen Betriebsmodi eines Fahrzeuges dürfen dabei die spezifizierten Grenzwerte nicht überschritten werden. Somit reicht für den Nachweis der Kompatibilität eines Fahrzeuges mit Achszählsensoren die Aufnahme der abgestrahlten Magnetfelder aus. Da die zu vergleichenden Grenzwerte auf den Messgrenzen der in Europa bevorzugt eingesetzten Systeme basieren, kann Cross-Acceptance unter einheitlichen Bedingungen nachgewiesen werden.

Aus den Arbeitsfrequenzen der verschiedenen eingesetzten Radsensoren mit ihren unterschiedlichen Frequenzbereichen ergibt sich dabei die Darstellung gemäß Bild 3.

Beide neuen Teile der EN 50238-Reihe werden vorerst als technische Spezifikation veröffentlicht, da die Messmethoden für die Störempfindlichkeitswerte

noch praxiserprobt werden müssen und auch Art und Umfang der Abnahmefahrten noch angepasst werden können. Somit können die entsprechenden Vorgaben in der TS nach Praxiseinsatz kurzfristig angepasst werden. Mittelfristig ist geplant, auch diese Teile in eine europäische Norm aufzunehmen.

### 6 Herausforderungen bei der Entwicklung des Messsystems MNR

Die Frauscher Sensortechnik GmbH beschäftigt sich schon längere Zeit auf theoretischer Basis mit der Entwicklung einer entsprechenden Messanordnung. Diese theoretischen Ansätze wurden auch in diversen praktischen Laborversuchen überprüft und bestätigt. Die Anfrage der ÖBB-Traktion GmbH (heute: ÖBB-Produktion GmbH)/maschinentechnische Messgruppe, ließ bei Frauscher den Gedanken reifen, die bereits gemachten Erfahrungen in einem entsprechenden Messsystem zusammenzufassen. Die ÖBB-Messgruppe und Frauscher diskutierten viele Fragen zum praktikablen Messablauf sowie, welche Anforderungen an ein praxisnahes Messverfahren zur Aufzeichnung und Bewertung von Störmagnetfeldern gestellt werden. Auf Basis der Erfahrungen im Bereich der Sensortechnik entwickelte Frauscher das Messsystem MNR, welches folgende Möglichkeiten bietet:

- dreidimensionale Erfassung der Messfelder bei einer einzigen Messfahrt,
- Echtzeitauswertung der Messdaten gemäß TS 50238-3, Stand 2010 und Vergleich mit den dort definierten zulässigen Grenzwerten,
- Echtzeitauswertung der Messdaten mittels FFT-Analyse,
- Aufzeichnung der Überfahrungs geschwindigkeit und eines Timestamps,
- automatischer Start und Stopp der Messungen,
- garantierte Abweichung von < 1,5 dB,
- Abdeckung eines Frequenzbereiches von 10 kHz bis 1,3 MHz,
- Aufzeichnen der gemessenen Rohdaten,
- einfache Montage und Aufbau der gesamten Messeinrichtung,
- rasche Inbetriebnahme, somit kurze Verweilzeiten im Gleis,
- widerstandsfähig gegen gängige Belastungen an der Schiene.

Basierend auf den gemeinsam spezifizierten Produkthanforderungen entstand der erste Prototyp des MNR. Bei den Labortests ergab sich anfangs das Problem, dass ein adäquates Störspektrum zum Testen des Prototyps unter

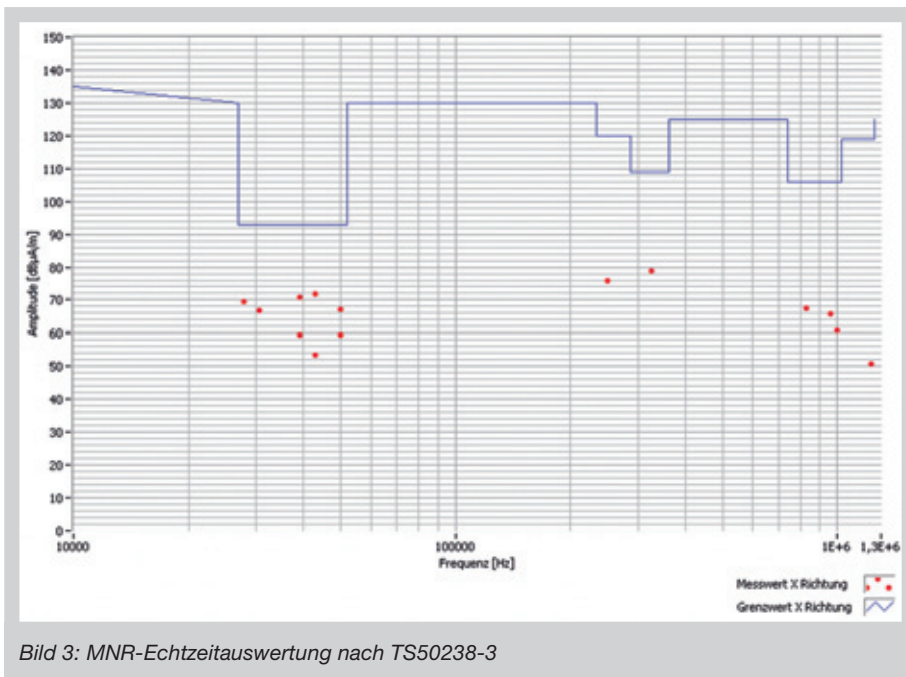


Bild 3: MNR-Echtzeitauswertung nach TS50238-3

Laborbedingungen nicht verfügbar war. Daher wurde mittels einer Helmholtzspule als homogene Sendeantenne ein Störfeld als Messnormal erzeugt und in das Messantennensystem eingespeist. Dieses Feld wurde mit einer geeichten Sonde vermessen, anschließend mit dem Messsystem erneut vermessen und die Abweichungen zwischen geeichter Messsonde und MNR erfasst. Nach entsprechenden Anpassungsarbeiten und Kalibrierungen des Messverstärkers im Magnetic Noise Receiver konnten die ersten Messungen eines Fahrzeuges gemeinsam mit der ÖBB-Messgruppe in Angriff genommen werden.

Um die geforderte Linearität der Messergebnisse bereitstellen zu können, musste das Messsystem auf den unteren (10 kHz–100 kHz) und den oberen (100 kHz–1,3 MHz) Frequenzbereich optimiert werden. Für diese beiden Frequenzbereiche wurden zwei gesonderte Antennen entwickelt. Beide Sonden (MNR-LF und MNR-HF) beinhalten je drei Antennenwicklungen für die drei Raumachsen.

Neben den Erfassungsspulen ist die notwendige Elektronik zur Linearisierung des Frequenzganges in der Sonde integriert. Es können somit Messergebnisse mit Amplitudenabweichungen von < 1,5 dB erreicht werden. Der ebenfalls im Messsystem integrierte Vorverstärker mit nachgeschaltetem Antialiasingfilter ermöglicht die Übertragung der Messdaten über geschirmte Leitungen über Entfernungen bis ca. 25 m. Der MNR-Rekorder kann durch diese Maßnahme von den Sonden abgesetzt, außerhalb des

Gefahrenbereiches im Gleis, betrieben werden (Bild 2).

Die Auswerteeinrichtung wird mit dem MNR über geeignete Steckverbindungen (BNC) für den mobilen Messeinsatz angeschlossen. Auch ein Anschluss nach IP 65 ist herstellbar. Das System besteht aus einem Industrie-PC mit Intel CPU, 4-GB-RAM und entsprechend dimensionierter Festplatte zur Aufzeichnung aller Messwerte. Weiter wurde ins Rechnersystem eine Auswertebaugruppe für einen Radsensor eingebaut. Mit dem integrierten Zählpunkt (Radsensor und Auswertebaugruppe) kann die Aufzeichnung der Messdaten automatisch gestartet werden, um Mess- und Aufzeichnungszeiten Daten sparend zu optimieren.

Für die Archivierung der großen Datenvolumina lassen sich auch beliebige externe Speichermedien über USB anschließen. Die Auswertelogik wurde mit LabView programmiert. Durch die schnelle Recheneinheit kann eine einzelne Messfahrt bis ca. 1 min Dauer zwischengespeichert werden, was aufgrund der Ein- und Ausschalttriggerung völlig ausreichend ist. Die Auswertung dieser Daten dauert je nach Auswerteargorithmus (linear oder FFT) etwa die doppelte bis sechsfache Zeit. Die ermittelten Messwerte des Testfahrzeugs können mit den im Messsystem hinterlegten Grenzwerten aus der TS 50238-3 direkt verglichen werden. Bis zur Durchführung einer nachfolgenden Messfahrt sind damit bereits die Ergebnisse des vorangegangenen Testlaufes bekannt. Somit kann der weitere Testablauf gegebenenfalls angepasst oder die Wirksamkeit von

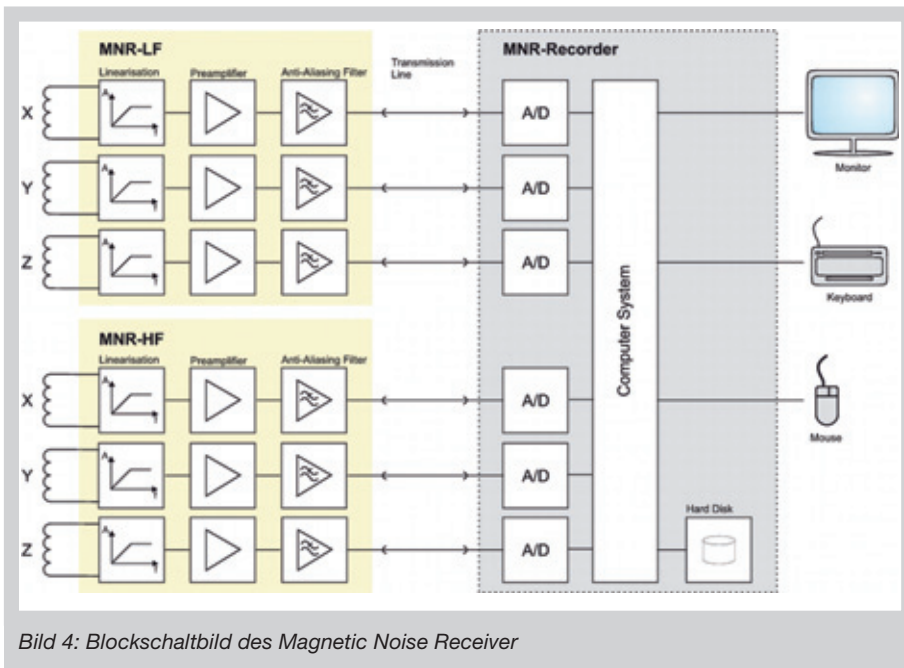


Bild 4: Blockschaltbild des Magnetic Noise Receiver

Modifikationen kurzfristig überprüft werden (Bild 4).

Die Integration der drei Antennen in ein Gehäuse bei gleichzeitig möglichst hoher Linearität (Abweichung <1,5 dB) über den gesamten definierten Frequenzbereich von 10 kHz bis 100 kHz sowie 100 kHz bis 1,3 MHz, als auch die Einhaltung von Größen- und Positionsvorgaben der Antennen lt. TS 50238-3 waren die größten Herausforderungen. Auch die mechanische Befestigung der Antennen an der Schiene erforderte Entwicklungsarbeit, da die Beeinflussung der Befestigung auf die Messergebnisse vermieden werden muss und trotzdem eine schnelle, präzise und reproduzierbare Montage gefordert ist. Zusätzlich

ist das Antennensystem mechanischen Belastungen durch Stöße und Erschütterungen bei der Überfahrt ausgesetzt.

Die Software und deren Einstellungen wurden so entwickelt, dass diese auch kundenseitig mit geringem Aufwand aktualisiert werden können. Dadurch ist es möglich, die Auswertalgorithmen an die noch nicht endgültig festgelegten Kurvenverläufe des Frequenzmanagements anzupassen.

## 7 Praktische Messungen und erste Erfahrungen

Nach erfolgreichen Simulationen mit dem Magnetic Noise Receiver im Labor

des Herstellers wurde eine erste Testserie mit Fahrzeugen an einer Hochgeschwindigkeitsstrecke der ÖBB vorbereitet. Dazu wurde ein für Zulassungsmessungen standardisierter Streckenabschnitt der Strecke Wien West – Salzburg ausgewählt. Zum einen wurden Messungen an einem zugelassenen Triebfahrzeug der Type 1116 Taurus durchgeführt. Da zum gegenständlichen Fahrzeug konventionell ermittelte Messwerte vorliegen, konnten diese den mit dem MNR ermittelten Daten gegenübergestellt werden.

Zum anderen wurde das Messgleis zwischenzeitig durch Zugverbände mit bis zu 200 km/h befahren. Hier konnte die Hochgeschwindigkeitstauglichkeit des Systems einerseits, sowie die Datenkonsistenz der Messwerte auch unter extremen Bedingungen andererseits, dokumentiert werden. Durch das im Messsystem integrierte Rechnersystem kann sofort das Messergebnis in Relation zu den Diagrammen der TS 50238-3 als Kurve angezeigt werden. Die Auswertung kann dabei einerseits, als Abschätzungsmöglichkeit der Gesamtleistungsverteilung durch Fast Fourier Transformation (FFT, Bild 5), sowie andererseits nach diskreten Filterkurven, wie in der TS 50238-3 beschrieben, erfolgen. Dies funktioniert mit kurzen Berechnungszeiten auch bei ganzen Zügen. Parallel dazu werden auch die Rohdaten gespeichert, um Auswertungen nach anderen Gesichtspunkten zu einem späteren Zeitpunkt vornehmen zu können.

Zusätzlich wurden im Gleis mechanische Tests an den Antennen vorgenommen. Die Geometrie der Antennen wie in TS 50238-3 vorgeschlagen, berücksichtigt eine Überdeckung des Antennenkörpers zum mechanischen Schutz nur ungenügend. Um bei der MNR-Messantenne den tatsächlichen Abstand zum Spurrand feststellen zu können, wurde auf das Gehäuse Knetmasse aufgetragen. Anhand der Spuren konnte festgestellt werden, dass ein sehr geringer Abstand zwischen Antenne und Spurrand von 3 bis 5 mm bei langsam fahrendem Fahrzeug verbleibt. Bedingt durch die beim Sinuslauf entstehende seitliche Pendelbewegung des Radsatzes könnte dieser Abstand noch geringer werden und die Messantenne mechanisch beschädigen. Da das Messsystem auf höhenverstellbaren Klemmsockeln befestigt ist, wurden die Antennen um 10 mm abgesenkt. Vergleichsmessungen zeigten, dass die Absenkung keine auswertbaren Veränderungen der Messergebnisse bewirkte. Die daraus resultierenden Rückwirkungen auf die normierte Messanordnung sind noch zu diskutieren.

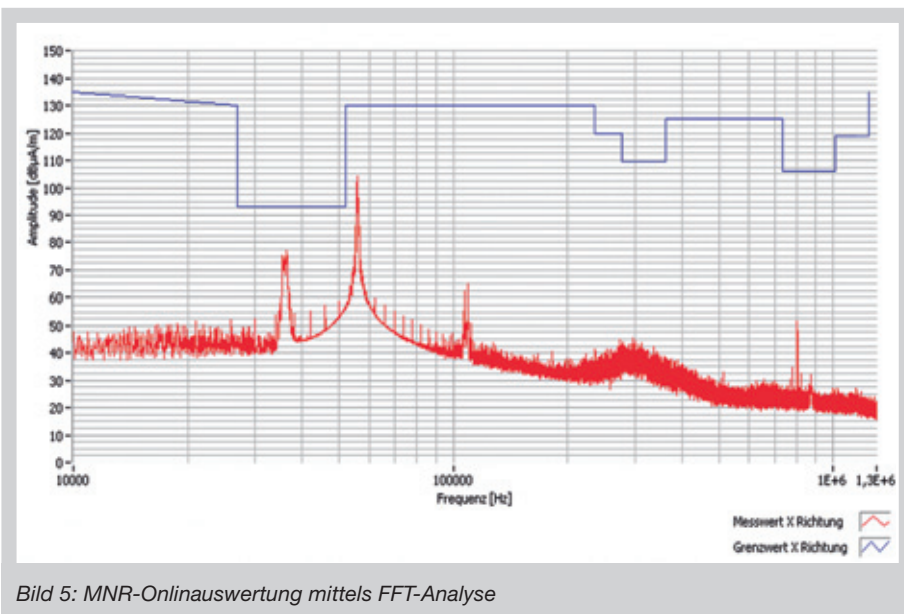


Bild 5: MNR-Onlineauswertung mittels FFT-Analyse

Ein anderer Effekt trat in Form von nicht erwarteten Pegelspitzen im Bereich 36 kHz und 56 kHz auf, wobei Erstere konstant blieben, der zweite Pegel mit der Fahrzeugbewegung zu- und abnahm. Sie erklärten sich erst nach einem Richtungswechsel des Messfahrzeuges: Die LZB-Einrichtung am Fahrzeug (Linienzugbeeinflussung) hatte sich durch den Richtungswechsel automatisch abgeschaltet. Dies erklärte auch die Ursache der Pegelspitzen: Messungen in einem Gleis mit aktiver LZB können im Bereich um diese beiden Frequenzen keine brauchbaren Ergebnisse in Bezug auf das Fahrzeugverhalten liefern.

## 8 Ergebnisse und Ausblick

Das Resümee der ersten Messkampagne ist jedenfalls mit positiven Erkenntnissen verbunden und damit als sehr erfolgreich einzustufen. Die beschriebenen Funktionalitäten des MNR wie die dreidimensionale Erfassung der Messfelder bei einer einzigen Messfahrt sowie die Echtzeitauswertung der Messdaten gemäß TS 50238-3 und mittels FFT-Analyse zur sofortigen Auswertung der Messergebnisse konnten bei diesen Messreihen in der Praxis bestätigt werden. Die Wirksamkeit von Modifikationen zwischen einzelnen Testfahrten kann sofort festgestellt werden. Die gesammelten Erfahrungen fließen in weitere Entwicklungsschritte ein, beispielsweise die Verbesserung der Kabelanschaltung und Adaption des Systems zum Dauereinsatz an der Schiene.

### Die Autoren

*Gerhard Haipl*  
Geschäftsbereich Engineering Services,  
ÖBB-Infrastruktur AG,  
Systeme und Produkte  
Anschrift: A-1020 Wien, Praterstern 3  
E-Mail: gerhard.haipl@oebb.at

*Torsten Uhlig*  
RAMS-Manager  
Frauscher Sensortechnik GmbH  
Anschrift: Gewerbestraße 1,  
A-4774 St. Marienkirchen  
E-Mail: torsten.uhlig@frauscher.com

*Günther Lehner*  
Leiter Vertrieb Regional  
Frauscher Sensortechnik GmbH  
Anschrift: Gewerbestraße 1,  
A-4774 St. Marienkirchen  
E-Mail: guenther.lehner@frauscher.com

## 9 Wohin gehen die Interoperabilitätsbestrebungen?

Zielstellung zur interoperablen Zulassung ist die Einsetzbarkeit eines jeden Fahrzeuges im gesamteuropäischen Raum ohne zusätzliche länderspezifische Messungen, wobei das Fahrzeug nach den standardisierten Messprozessen der TSI CCS (Technische Standards für Interoperabilität – Control-Command-Signalling) nur einmal vermessen zu werden braucht und Rückwirkungsfreiheit aufweisen muss.

Die Erfüllung der Interoperabilitätsbedingungen kann national auch für einzelne Relationen von Bedeutung sein: So werden international relevante Korridore nach Interoperabilitätskriterien ausgerüstet, um den Transit von konformen Fahrzeugen zu ermöglichen, ohne dass diese Fahrzeuge jedoch den Korridor verlassen können werden.

Damit könnte im Bereich regionaler Strecken durchwegs auf deren „interoperablen Charakter“ verzichtet werden, sofern Durchgangsverkehr hier keine Bedeutung hat. Hier würde eine Zulassung von Fahrzeugen nach national oder (auch heute üblich) regional gültigen „Specific Cases“ (= „spezielle Störbedingungen“ für EMC) ausreichend sein.

Für Infrastrukturanlagen verschiedener Länder bedeutet interoperable Ausrüstung, dass – unter anderem – alle dort verbauten Gleisstromkreise und Achszählsysteme mindestens den Charakteristika, wie in TS 50238-2 und TS 50238-3 beschrieben, entsprechen müssen oder beispielsweise Achszähler aus der Liste der „Preferred Axlecounter“ eingesetzt werden. Es wird bei Neuentwicklungen von Gleisstromkreisen und Achszählsystemen zu zeigen sein, dass deren Störfestigkeit gegenüber Störfeldern ausreichend über den zulässigen Rolling-Stock-Pegelwerten in den Diagrammen der TSI-CCS liegt.

Bezeichnend dabei ist, dass auch im Infrastrukturbereich Einrichtungen Einzug halten werden, welche physikalisch und elektrisch den gleichen Beeinflussungskriterien wie Achszähler unterworfen sind. Die Kompatibilität von Triebfahrzeugen mit Gleisschaltmitteln kann durch Messprozesse – wie anhand des MNR beschrieben – in den erfassbaren Frequenzbereichen ausreichend dokumentiert werden. Somit erscheint es erstrebenswert, jede Infrastruktureinrichtung in ihrer Störfestigkeit an denselben Kurven zu bewerten. Hier wird noch einige Arbeit zu leisten sein, um gesicherte, zuverlässige und einheitliche Bewertungsrichtlinien zu schaffen.

## LITERATUR

[1] TS 50238-2 Bahnanwendungen – Kompatibilität zwischen Fahrzeugen und Gleisfreimeldesystemen – Teil 2 – Kompatibilität mit Gleisstromkreisen (Railway applications – Compatibility between Rolling Stock and Train Detection Systems – Part 2 – Compatibility with Track Circuits)

[2] TS 50238-3 Bahnanwendungen – Kompatibilität zwischen Fahrzeugen und Gleisfreimeldesystemen – Teil 3 – Kompatibilität mit Achszählern (Railway applications – Compatibility between Rolling Stock and Train Detection Systems – Part 3 – Compatibility with Axle Counters)

## ■ SUMMARY

### Magnetic Noise Receiver

The purpose of interoperable vehicle certification is to ensure deployment capability of traction units all over Europe without any need for country-specific measurements. The units are to be measured just once using the standardized measuring procedures as set forth by TSI CCS (Technical Standards of Interoperability – Control-Command-Signalling) and must confirm absence of interaction. In order to evaluate uniform interference limits knowledge of the immunity of the infrastructures is a prerequisite. The interference data for rolling stock also need to be determined with precision, allow comparison, and be reproducible.

To this effect, the EN50238 technical appendices call for measurement and evaluation procedures that may confirm these data. The frequency management will be defined in the “Interface Document” on the basis of the procedures set forth in the revised TSI-CCS. Bearing these requirements in mind, Frauscher Sensortechnik developed the “Magnetic Noise Receiver – MNR” system, which is capable of tracing, recording and evaluating measuring curves at the rail in real time in compliance with these conditions.

Measurement series carried out jointly by ÖBB and Frauscher Sensortechnik GmbH confirmed that the mobile measurement system using an industrial Intel-based PC is capable of complying in full with the requirements of TS50238-3 with regard to measurement and evaluation methodology. Further development towards continuous deployment in infrastructure is under way.