

15.08.2019

ABS Oldenburg – Wilhelmshaven, IIIb, Planfeststellungsabschnitt 6 Los 2
Störung der HF-Empfangsantenne der Marine durch die Elektrifizierung der Strecke 1552

Ziel der Untersuchungen zur Elektrifizierung der Bahnstrecke 1552, Abschnitt Weißer Floh – Ölweiche (Anschlussweiche JadeWeserPort) war es sicherzustellen, dass die Beeinträchtigung der Hochfrequenz (HF)-Marinefunkempfangsstation in Sengwarden durch hochfrequente Aussendungen der elektrischen Komponenten auf dem Triebfahrzeug und über die Oberleitung minimal gehalten wird.

Die Strecke verläuft auf einer Länge von ca. 2,3 km durch den Schutzbereich der Empfangsstelle und ist an der nächstgelegenen Stelle 900 m von der Empfangsantenne entfernt. Bei Elektrifizierung der Strecke muss eine permanente uneingeschränkte Nutzung der Marinefunkstation während des Betriebs von elektrischen Triebfahrzeugen gewährleistet sein.

Die Marineempfangsstation hat eine Empfindlichkeit, die dem vorhandenen Außenrauschen mindestens entspricht. Daher können schon schwache Störungen, die andere elektrische oder hochfrequente Geräte und Anlagen nicht beeinträchtigen, die Empfangssignale überlagern, so dass deren Empfang bei Vorbeifahrt eines Triebfahrzeugs gestört wäre.

Um die Auswirkungen zu untersuchen, sind die hochfrequenten Emissionen von Güterzügen mit elektrischen Triebfahrzeugen an einer Vergleichsstrecke gemessen worden. Dann wurden in einem immissionsortbezogenen Ansatz die resultierende Erhöhung der Pegel des Außenrauschens an der Empfangsantenne abgeschätzt. Zusätzlich sind mögliche Gegenmaßnahmen zum Schutz des HF-Empfangs untersucht worden.

../6

Es hat sich herausgestellt, dass während der Vorbeifahrt des Triebfahrzeugs tatsächlich Störungen des Funkverkehrs auftreten würden.

Im Ergebnis liegt Erhöhung der Rauschpegel am Ort der Empfangsantenne in einzelnen Hochfrequenzbereichen zwischen 15 dB und 18 dB über dem Wert des Grundrauschens entsprechend der in der Recommendation ITU-R P.372 (International Telecommunication Union) herausgegebenen und von der BNetzA in punktuellen Messungen bestätigten Rauschpegel und bedeutet somit eine Störquelle.

Der hauptsächliche Abstrahlungsmechanismus ist in der Regeltätigkeit des Frequenzumrichters im Triebfahrzeug begründet. Die Ausbreitung des Störpotentials bei einer Zugfahrt erfolgt über die angeschlossenen Leitungen im Zug und über die Oberleitung.

Die abgestrahlten Pegel sind hoch genug, dass sogar bei einer kompletten Verlegung der Strecke an den Rand des Schutzbereichs noch Störungen auftreten würden, allerdings in deutlich geringerem Maß. Aus diesen Zusammenhängen ergab sich die Forderung der Bundeswehr, eine Dämpfung der unerwünschten Signale um mindestens 12-13 dB durch geeignete Maßnahmen herzustellen.

Im Folgenden werden die untersuchten Ansätze zusammenfassend beschrieben.

1 Maßnahmen zur Reduzierung

Es wurden verschiedene Ansätze hinsichtlich Eignung und Wirksamkeit untersucht:

- Maßnahmen auf dem Triebfahrzeug: Der branchenübergreifende Blick zeigt, dass ähnliche Probleme bei Windenergieanlagen auftreten. Auch in diesen ist ein Frequenzumrichter verbaut, an den lange Kabel angeschlossen sind. In der Windenergiebranche werden zur Reduktion von HF-Emissionen neben verbesserter Schirmung auch durch Verbesserungen am Frequenzumrichter und Filterung durch Ringkerne um die Leitungen erreicht. Dies wurde für die Triebfahrzeuge betrachtet aber nicht als realisierbar angesehen. Diese Maßnahmen würden einen Eingriff in wesentliche Komponenten des Triebfahrzeuges bedeuten und daher eine erhebliche Entwicklungszeit erfordern. Auch müsste eine Funktionsfähigkeit der modifizierten Bauteile über die Lebensdauer eines Triebfahrzeugs (ca. 40 Jahre) gewährleistet werden. Außerdem müsste jeder einzelne entwickelte Zug im Anschluss während einer Testfahrt mittels Messungen auf sein Störpotential überprüft werden, dies birgt große wirtschaftliche Unsicherheiten, die einem nur sehr geringen Benefit gegenüberstehen, da es nur ein sehr lokales Problem ist. Zudem kann eine Modifikation der so genannten Pulsweitenmodulation eine geringere Effizienz bedeuten und so zu Temperaturproblemen führen. Zudem muss die DB-Netz AG einen diskriminierungsfreien Zugang zu ihren Netzen gewährleisten, was bedeutet, dass prinzipiell jedes zugelassene und den allgemeinen Konzernrichtlinien entsprechende Triebfahrzeug über die Strecke zum JadeWeserPort fahren können muss.
- Filterung an der Oberleitung: Es können jeweils an den Masten der Oberleitung Tiefpassfilter zur Ableitung der HF-Störungen zur Erde angebracht werden. Es zeigte sich jedoch in Simulationsrechnungen, dass der Abstand der Masten (ca. 65 m) bereits so groß ist, dass die Oberleitung immer noch eine gute Sendeantenne darstellen würde. Auch würde die Abstrahlung über die elektrischen Leitungen in der Triebfahrzeug weiterhin nahezu unbeeinflusst weiterwirken. Hinzu kommt, dass die Kapazität und Induktivität eines Oberleitungssystems hochfrequenztechnisch kritische Größen sind, deren Modifikation zur Instabilität des Oberleitungsnetzes und damit zum Zusammenbruch der Stromversorgung führen kann.
- Verlegung der Strecke: Die wohl teuerste Maßnahme und nur in einem Zeithorizont zu realisieren, der eine zusätzliche jahrelange Verzögerung des Ausbaus des Eisenbahnzugangs des Tiefseehafens bedeuten würde.
- Verlegung der Marineempfangsstation: Es ist heutzutage in der dichtbesiedelten Bundesrepublik nahezu unmöglich, noch freie und elektromagnetisch ruhige Standorte zu finden, die für den Betrieb der HF-Empfangsanlage geeignet wäre. Dies würde einen jahrelangen Prozess erfordern, der eine zusätzliche erhebliche Verzögerung des Ausbaus der Bahnstrecke zur Folge hätte.
- Schirmung der Strecke: Da sich Bauwerke zur Schirmung der hochfrequenten Emissionen als gangbarer und in absehbarer Zeit realisierbarer Weg erwies, wurde ein großer Teil der Untersuchungen auf diese Maßnahmen konzentriert. Diese werden im Folgenden angeführt.

Eine Schirmung der Strecke auf ca. 2.300 m Länge und mit einer Höhe, die Oberleitung und deren Stromversorgung überdeckt, stellt ein massives Bauwerk dar. Dieses Bauwerk muss eine baurechtliche Zulassung besitzen. Daher kommen nur Bauten in Frage, die bei der DB-Netz AG bereits eine Zulassung besitzen oder in kurzer Zeit erlangen können.

Aus diesen Überlegungen kommen als absorbierendes Bauwerk ein Erddamm und als schirmendes metallisches Bauwerk eine Lärmschutzwand bzw. eine Einhausung in Frage. Da eine Einhausung erst in Planung ist und noch nicht real existiert, konnten reale Messungen nur an Lärmschutzwänden und Erdwällen durchgeführt werden.

1.1 Erddamm

An der Schnellfahrstrecke *Hamburg - Hannover* existieren über 6 m hohe Erdwälle, die zusätzlich mit Baumwuchs bestanden sind. Dadurch sind alle elektrisch relevanten Teile abgedeckt. Zusätzlich vermindert der in der Vegetationsperiode feuchte Baumbestand die Beugung der elektromagnetischen Wellen über die Dammkrone. So konnte in Messungen eine Dämpfung der hochfrequenten Emissionen von mehr als 10 dB gemessen werden.

Aufgrund der ermutigenden Ergebnisse und weil nicht klar war, welchen Anteil der Baumbestand an der Dämpfung hat, wurde im November eine zweite Messkampagne an der Schnellstrecke Hannover - Berlin bei Buschow durchgeführt. Dort sind zum Schutz der Großtrappe 6 m hohe Dämme gebaut worden, wobei zusätzlich die Einspeisung und Oberleitung am unteren Ende der Höhenvorgaben verlegt worden ist, so dass eine Abdeckung der stromführenden Teile weitgehend bündig mit der Dammkrone gegeben ist.

Hier konnte nur noch eine Dämpfung von 6 dB nachgewiesen werden. Weitere theoretische Betrachtungen zeigten, dass dies in Übereinstimmung mit den Formeln zur Berechnung eines Funkenschattens ist und für eine hinreichende Dämpfung eine Dammhöhe von mindestens 14 m über Schienenoberkante erforderlich ist.

Allerdings wird davon ausgegangen, dass die Formeln streng genommen nur im Fernfeld gelten und bei der Anwendung auf die Abschirmung nahe an der Störquelle sehr hohe Unsicherheiten bestehen. Auch wurde bei den Berechnungen angenommen, dass die Dammkrone sich nahe an der Störquelle befindet und nicht symmetrisch gebaut ist. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass ein Erddamm noch deutlich massiver gebaut werden muss.

1.2 Lärmschutzwand

Lärmschutzwände sind schon aus Blitzschutzgründen gut geerdet und alle metallischen, elektrisch leitenden Teile sind durch Geflechtband gut leitend verbunden. Dies ist auch Voraussetzung für eine gute Schirmwirkung.

Daher wurden an den hohen Lärmschutzwänden der Schnellstrecke Hamburg - Hannover bei Lüneburg Messungen durchgeführt, um zu untersuchen, ob diese einfachen, vertikalen Wände eine ausreichende Schirmwirkung erzielen. Es konnten zwei Erkenntnisse gewonnen werden.

Erstens machen eventuelle über die Wand ragende Einspeisungen die Schirmwirkung weitgehend zunichte und zweitens wird auch dann keine ausreichende Schirmwirkung erzielt, wenn alle

elektrisch wirksamen Teile abgedeckt sind. Dies wird auf die Beugung der elektromagnetischen Wellen über die Wand zurückgeführt.

Zusätzliche Simulationsrechnungen bestätigen die Messergebnisse. Daraus wurde gefolgert, dass eine größere Abdeckung der strahlenden Strukturen realisiert werden muss. An der Schnellfahrstrecke *Karlsruhe - Basel* ist ein Lärmschutzgaleriebauwerk in Planung.

Da dies als vielversprechend auch für unsere Problematik angesehen wurde, wurden Untersuchungen der Schirmwirkung einer Lärmschutzgalerie durchgeführt.

1.3 Einhausung (Galeriebauwerk)

Der Vorteil des Galeriebauwerks besteht in einer Überdeckung des Fahrdrahtes und eines Seitenteils. Auf der abgewandten Seite ist die Konstruktion offen. Dadurch sind die Triebfahrzeuge und alle stromführenden Komponenten der Oberleitung und seiner Einspeisung an der – der Marineempfangsstation zugewandten - Seite und oben komplett überdeckt.

Sorgfältig zu planen und umzusetzen sind eine sehr gute Erdung aller Bauteile über die gesamte Länge des Bauwerks um somit eine hochwertige elektrische Verbindung aller metallischen Teile des Bauwerks zu gewährleisten. Da bisher noch kein derartiges Bauwerk bei der DB Netz AG existiert, musste zur Untersuchung der Wirksamkeit des Bauwerks auf umfangreiche theoretische Untersuchungen und Modellmessungen zurückgegriffen werden.

Diese konnten anhand der von der DB Netz AG zur Verfügung gestellten Pläne, denen die Maße und bauliche Details entnommen werden konnten, durchgeführt werden. In diesen Berechnungen wurde eine ausreichende Schirmwirkung festgestellt.

Die umfangreichen, theoretischen Untersuchungen und Modellmessungen zur Validierung der abschirmenden Wirkung wurden mit der wehrtechnischen Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung (WTD 71) der Bundeswehr abgestimmt.

2 Fazit

Anhand der Berechnungen und Bewertung der möglichen Maßnahmen ergibt sich daher, dass ein metallisches Galeriebauwerk die sicherste Variante ist, um an der bestehenden Bahnstrecke den Betrieb der Marinefunkempfangsstation im geforderten Umfang vor hochfrequenten Störungen aus dem elektrischen Zugbetrieb zu schützen.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Stefan Hawlitschka
(elektronisch)