

BahnPraxis

Zeitschrift zur Förderung der Betriebssicherheit und der Arbeitssicherheit bei der DB AG



7 · 2011

- Die Funktionsweise der LZB
- Warnsignalpegel und Umweltschutz bei feldseitigen Warnsignalgeberketten

Liebe Leserinnen und Leser,

der Slogan „**Sicherheit zuerst**“ ist Ihnen sicher bekannt. Er gilt für viele Bereiche des Alltags, für die Eisenbahn ist er eine unabdingbare Geschäftsgrundlage. Hier will BahnPraxis unterstützen und einen Beitrag zur Förderung der Betriebssicherheit der Bahn sowie der Arbeitssicherheit der Beschäftigten leisten.

Die Sicherheit im Bahnbetrieb gewährleisten unter anderem verschiedene Einrichtungen zur Zugbeeinflussung. Im vorliegenden Heft setzen wir die Reihe der Informationen zu diesem Thema fort. In Heft 3/2011 wurden die Grundzüge der Punktförmigen Zugbeeinflussung (PZB) dargestellt. Nun folgt der Bericht über die Linienförmige Zugbeeinflussung (LZB). Diese ist gemäß § 28 der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) verbindlich vorgeschrieben, wenn die zulässige Geschwindigkeit der Fahrzeuge mehr als 160 Kilometer pro Stunde beträgt.

Der Beitrag ab Seite 3 informiert über die Bestandteile und die Wirkungsweise der LZB. Weiterhin werden die Anbindung an die Stellwerke, die Besonderheiten bei der LZB-Signalisierung, Unregelmäßigkeiten und die Bauformen LZB L 72 und LZB L 72 CE behandelt.



Unser Titelbild:
Erprobungsfahrt eines
ICE 3 auf der SFS bei
Ingolstadt.

Foto: DB AG/
Claus Weber.

Allen, die sich mit maschineneigenen Warnanlagen auf Gleisbaumaschinen beschäftigt haben, war bewusst, dass die Anordnung der Warnsignalgeber an bestimmten Positionen und deren Ausrichtung auf den Maschinen maßgebend für den akustischen Erfolg sind. Es war daher nur eine Frage der Zeit zu untersuchen, ob die derzeit übliche Ausrichtung der Warnsignalgeber bei feldseitigen automatischen Warnsignalgeberketten wirklich zweckmäßig ist. Durch Beteiligung und mit Unterstützung der Unfallversicherungsträger

BG BAU und EUK sowie der DB Netz AG und der Warnsignalgeber-Hersteller wurden theoretische Überlegungen messtechnisch in Gleisanlagen überprüft. Über diese Untersuchungen, Ergebnisse sowie Schlussfolgerungen für die Warnsignalgebung und den Umweltschutz wird in einem weiteren Beitrag berichtet.

Wir hoffen, dass die beiden ausführlichen Artikel in diesem Heft Ihr Interesse finden. Über Anregungen und Berichte aus Ihrem Arbeitsbereich freuen wir uns.

Bis zum nächsten Mal wünschen wir Ihnen alles Gute.

Ihr BahnPraxis-Redaktionsteam

Impressum „BahnPraxis“

Zeitschrift zur Förderung der Betriebssicherheit und der Arbeitssicherheit bei der Deutschen Bahn AG.

Herausgeber

Eisenbahn-Unfallkasse – Gesetzliche Unfallversicherung – Körperschaft des öffentlichen Rechts, in Zusammenarbeit mit DB Netz AG Deutsche Bahn Gruppe, beide mit Sitz in Frankfurt am Main.

Redaktion

Kurt Nolte, Hans-Peter Schonert (Chefredaktion), Klaus Adler, Bernd Rockenfelt, Jörg Machert, Anita Hausmann, Markus Krittian, Dieter Reuter, Michael Zumstrull (Redakteure).

Anschrift

Redaktion „BahnPraxis“, DB Netz AG, I.NPE-MI, Pfarrer-Perabo-Platz 4, D-60326 Frankfurt am Main, Fax (069) 265-49362, E-Mail: BahnPraxis@deutschebahn.com

Erscheinungsweise und Bezugspreis

Erscheint monatlich. Der Bezugspreis ist für Mitglieder der EUK im Mitgliedsbeitrag enthalten. Die Beschäftigten erhalten die Zeitschrift kostenlos. Für externe Bezieher: Jahresabonnement Euro 15,60 zuzüglich Versandkosten.

Verlag

Bahn Fachverlag GmbH
Linienstraße 214, D-10119 Berlin
Telefon (030) 200 95 22-0
Telefax (030) 200 95 22-29
E-Mail: mail@bahn-fachverlag.de
Geschäftsführer: Dipl.-Kfm. Sebastian Hühthig

Druck

Laub GmbH & Co KG, Brühlweg 28,
D-74834 Elztal-Dallau.

Die Funktionsweise der LZB



Foto: DB AG

Norbert Speiser, DB Netz AG, Frankfurt am Main

Dieser Beitrag erläutert die grundsätzliche Funktionsweise der linienförmigen Zugbeeinflussung, der LZB.

Die ortsfesten Signalsysteme (H/V Signalsystem, HI Signalsystem etc.) sind aufgrund der Abstände zwischen dem Vor- und Hauptsignal für die sichere Wahrnehmung des Signalbegriffs nur für eine maximale Streckengeschwindigkeit von bis zu 160 km/h ausgelegt. Doch bereits in den 1960iger Jahren erkannte man bei der damaligen Deutschen Bundesbahn die Potenziale in Form von Zeitgewinnen, die mit höheren Geschwindigkeiten als 160 km/h erreicht werden konnten. Aufgrund der damit entstehenden längeren Bremswege galt es ein System zu entwickeln, bei dem bei Geschwindigkeiten über 160 km/h einerseits die vorhandenen ortsfesten Signale weiterhin verwendet werden können, aber andererseits der Triebfahrzeugführer (Tf) auch eine entsprechende Vorschau auf die Signalstellungen der Signale innerhalb seines Bremsweges erhält. Das Ergebnis war die Linienzugbeeinflussung LZB L 72, mit der dem Tf eine entsprechende Vorschau in Form von Führungsgrößen auf dem Triebfahrzeug angezeigt wird, so dass auch infolge der längeren Bremswege ein rechtzeitiges Anhalten vor den Signalen möglich ist. Dieses System wurde in der Folge technisch und funktional weiterentwickelt und steht heute als LZB L 72 CE (CIR ELKE – Computer integrated railroading Erhöhung der Leistungsfähigkeit im Kernnetz) zur Verfügung. Basis für die folgende Beschreibung ist die LZB L 72 CE und die damit zum Einsatz kommende Kurzschleifentechnik; auf die wesentlichen Unterschiede der beiden Systeme gehen wir zum Schluss nochmals kurz ein.

Aufgaben der LZB

Die Linienzugbeeinflussung (LZB) erfüllt grundsätzlich die folgenden beiden Aufgaben:

- Sicherung des Zuges durch eine permanente Überwachung der zulässigen Geschwindigkeit und
- Steuerung der Züge durch eine lückenlose Vorgabe der Geschwindigkeit auf dem Anzeigegerät beim Triebfahrzeugführer sowie infolge der automatischen Führung durch die automatische Fahr- und Bremssteuerung (AFB), bei der dem Tf die Geschwindigkeitsregulierung abgenommen wird.

Diese Überwachung der Geschwindigkeit erstreckt sich jedoch nicht auf den Abstand zwischen Vor- und Hauptsignal wie bei der PZB, sondern erfolgt im Bereich der LZB permanent. Dem Tf werden die entsprechenden Informationen als Führungsgrößen über besondere Anzeigen auf dem



Abbildung 1:
Kreuzungsstelle eines Linienleiters
(Foto: Norbert Speiser)

Führertisch auf der Multifunktionsanzeige (MFA) angezeigt. Somit erfüllt die LZB die gleichen Voraussetzungen wie die PZB und verhindert nicht nur eine unzulässige Beschleunigung vor Halt zeigenden Signalen, sondern auch ein unzulässiges Anfahren gegen Halt zeigende Signale.

Bestandteile der LZB

Bei den Bestandteilen der LZB muss man zwischen den Einrichtungen am Fahrweg

(einschließlich des Bedienterminals beim FdI) und den Einrichtungen auf den Fahrzeugen unterscheiden.

Im Fahrweg befindet sich der Linienleiter, der in Form eines Kabels in Gleismitte erkennbar ist. Weniger deutlich sind die Kreuzungsstellen zu erkennen, bei denen der Linienleiter von der Gleismitte zur Außenkante der Schiene geführt wird und gleichzeitig der bislang an der Außenseite verlaufende Linienleiter in die Gleismitte geführt wird. Diese Kreuzungsstellen finden sich in der Regel in einem Abstand von 100 Meter (m).

Über diesen Linienleiter werden die LZB geführten Züge mit den erforderlichen Informationen versorgt. Im Gegensatz zu den ersten Strecken die mit der LZB ausgerüstet wurden und bei denen Langschleifen verwendet wurden, wird der Linienleiter heute in Form von Kurzschleifen verlegt, die eine maximale Ausdehnung von 300 Meter haben. Der Vorteil der Kurzschleifentechnik liegt in den Rückfallszenarien bei Ausfall einer LZB-Schleife. Doch dazu mehr, nachdem wir die Funktionsweise des Systems erläutert haben. In Abbildung 2 ist der grundsätzliche Aufbau der LZB Außenanlage anhand eines Auszuges mit 4 Kurzschleifen und 2 Kurzschleifenfern-speisegeräten dargestellt.

Von einem Kurzschleifenfern-speisegerät (KFS) werden die Kurzschleifen einerseits mit den erforderlichen Informationen der LZB-Zentrale versorgt und geben diese über den Linienleiter an die Fahrzeuge weiter und leiten andererseits die Informationen der Fahrzeuge an die jeweilige

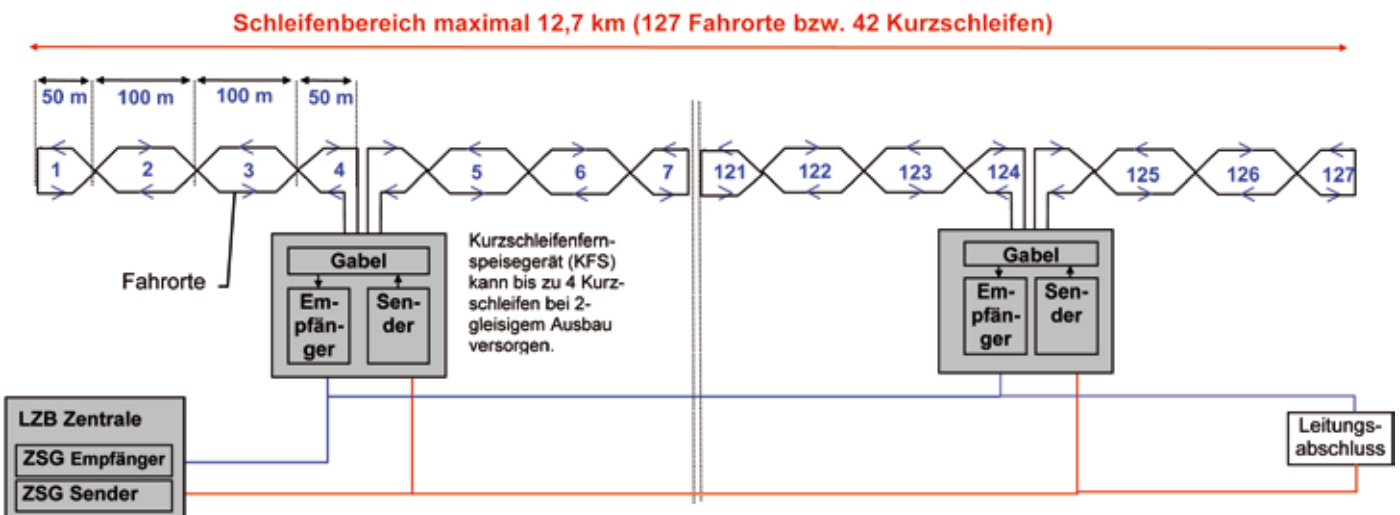


Abbildung 2: Prinzipaufbau der Außenanlagen der LZB im Fahrweg

LZB-Zentrale. Ein Kurzschleifenfernseigerät versorgt in der Regel 2 Kurzschleifen, kann aber bei zweigleisigen Strecken die Kurzschleifen des benachbarten Gleises und somit bis zu 4 Kurzschleifen bedienen. Jede Kurzschleife unterteilt sich in 4 Fahrorte, deren Länge (50 m, 100 m, 100 m, 50 m) aus Abbildung 2 entnommen werden kann. Rein bedienungstechnisch gesehen wird jeder Fahrort nochmals in 8 Feinorte unterteilt, um Eingaben wie zum Beispiel Langsamfahrstellen möglichst punktgenau eingeben zu können.

Alle Kurzschleifen einer LZB-Zentrale sind zu so genannten Schleifenbereichen zusammengefasst, die eine maximale Ausdehnung von 12,7 km haben können und somit aus maximal 127 Kurzschleifen bestehen können. Die Untergliederung einer LZB-Zentrale kann zusammenfassend aus Abbildung 3 entnommen werden.

Am Anfang eines LZB-Bereiches befindet sich so genannte A-Schleifen (Anfangschleifen), bei denen eine Aufnahme in die LZB möglich ist.

Am Fahrweg befinden sich neben den bekannten ortsfesten Signalen noch weitere Orientierungszeichen, die dem Tf Orte anzeigen, an denen eine Aufnahme in die LZB möglich ist (LZB-Bereichskennungswechsel – BKW) und die Orientierungszeichen für die Blockunterteilung für LZB geführte Züge (LZB-Blockkennzeichen). Für H/V geführte Züge, die ggf. auf dieser Strecke verkehren, haben diese Signale jedoch keine Bedeutung. Man unterscheidet daher zwischen dem Verkehren im Ganzblock, d.h. im Abstand der Hauptsignale

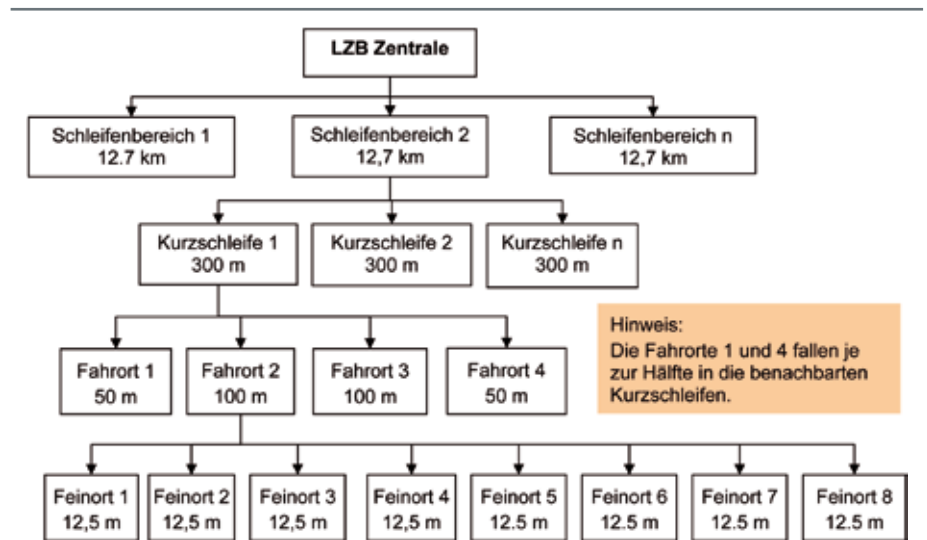


Abbildung 3, oben: Gliederung einer LZB Zentrale im Überblick



Abbildung 4, links: Blockkennzeichen (links) und Bereichskennungswechsel (rechts), Quelle Ril 301

(signalgeführte Züge) und dem Fahren im Teilblock (anzeigeführte Züge), d.h. im Abstand der LZB-Blockkennzeichen. Die LZB Zentrale ist einem Fdl innerhalb des mit der LZB ausgerüsteten Bereiches zugeordnet, wobei es nicht zwangsläufig notwendig ist, dass jeder Fdl für seinen Zuständigkeitsbereich mit einer eigenen LZB-Zentrale ausgerüstet ist. Hier ist ggf. eine entsprechende Kommunikation zwischen dem Bediener erforderlich, der Eingaben durchführen möchte und dem Bediener, welchem die LZB-Zentrale zugeordnet ist.

Jedes Fahrzeug, welches das System LZB nutzen möchte, muss ebenfalls über spezifische Einrichtungen verfügen. Dabei handelt es sich zunächst um die Fahrzeugantennen zum Senden und Empfangen, die sich mittig unter dem Fahrzeug befinden und damit die Informationen des gleismittig liegenden Linienleiters aufnehmen bzw. abgeben. Des Weiteren ist ein LZB/PZB Fahrzeuggerät (Rechner) notwendig sowie Einrichtungen für die Zugdateneingabe (zum Beispiel Bremsleistung, Zuglänge etc.), ein Registriergerät für die Datenregistrierung und

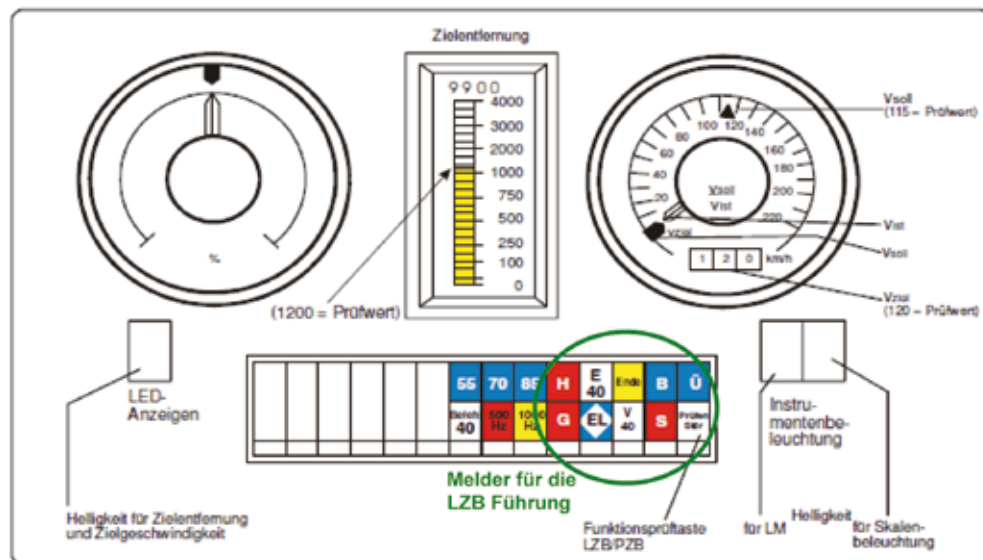


Abbildung 5: Anzeige der Führungsgrößen der LZB beim Tf, Bild aus Ril 483.0202 Abschnitt 2.2.

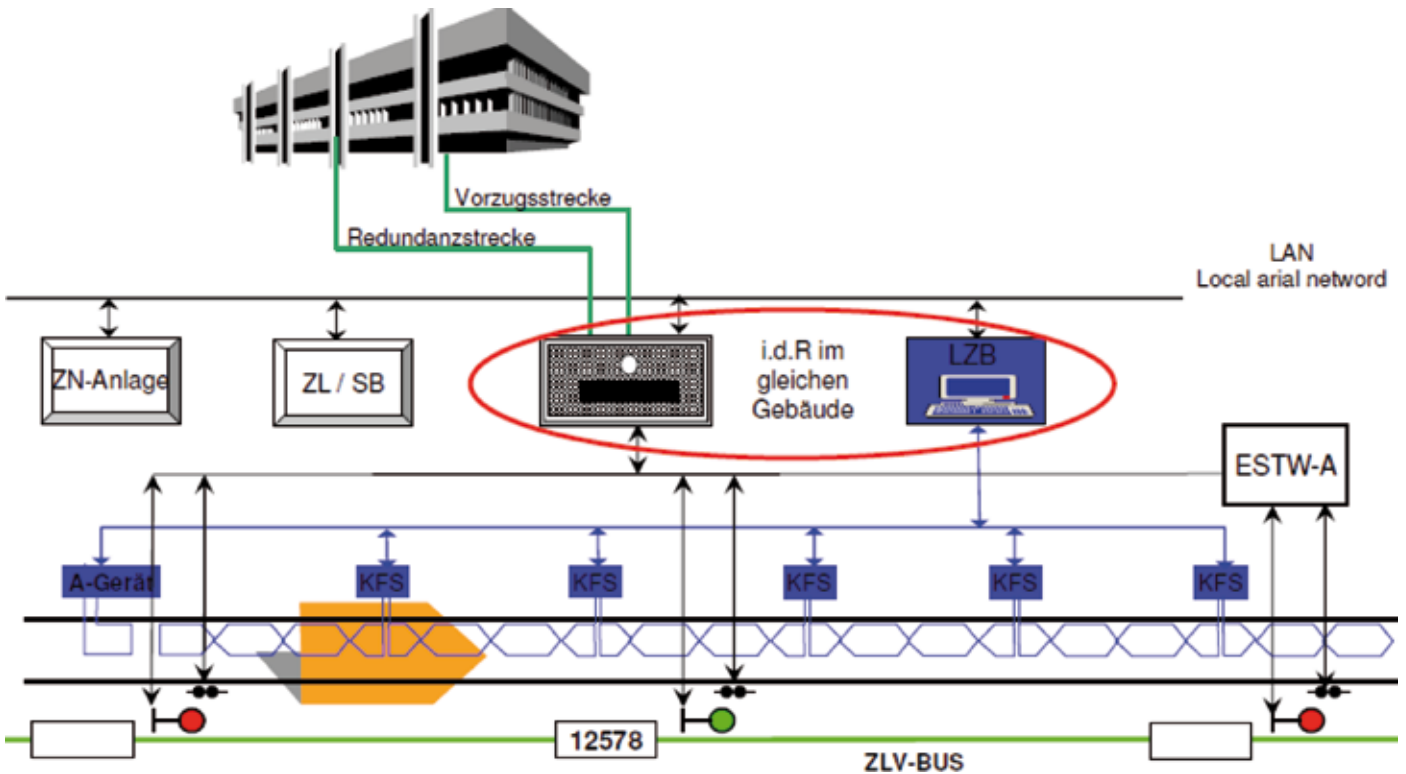


Abbildung 6: Technische Anbindung der LZB Zentrale an das Stellwerk bzw. die BZ

für den Triebfahrzeugführer ein modulares Führerraumanzeigegerät (MFA) sowie ein Führerraumdisplay. Über die beiden letztgenannten Einrichtungen bekommt der Triebfahrzeugführer u.a. die erforderlichen Daten angezeigt, die er für die Führung des Zuges benötigt, nämlich die Sollgeschwindigkeit (V_{soll}), die Zielgeschwindigkeit (V_{ziel}) und die Zielentfernung, d.h. der Abstand in welchem er die Zielgeschwindigkeit erreicht haben muss (Abbildung 5). Sowohl der Fahrzeugrechner wie auch die Rechner der LZB-Zentralen sind nach dem 2 von 3 Rechnerprinzip aufgebaut und bieten daher eine hohe Verfügbarkeit. Das 2 von 3 Rechnerprinzip bedeutet, dass die Ergebnisse von mindestens 2 Rechnern übereinstimmen müssen, damit die Daten weiterverarbeitet werden. Kommt ein Rechner zu einem abweichenden Ergebnis, wird dieser abgeschaltet und das System arbeitet mit den verbleibenden 2 Rechnern weiter. Erst wenn es zu einer weiteren Unstimmigkeit kommt und damit die Zweikanaligkeit nicht mehr sichergestellt ist, kommt es zu einem Abschalten des Systems.

Wirkungsweise der LZB

Zu Beginn jeder Fahrt muss der Tf die für die LZB relevanten Daten (wie zum Beispiel Zuglänge und Bremsenleistung) eingeben

und bekommt anschließend die Bereitschaft der LZB durch den Leuchtmelder „B“ auf dem Führertisch angezeigt. Das heißt aber noch lange nicht, dass der Zug in diesem Augenblick auch LZB-geführt ist, denn die Führung bekommt der Tf durch die Anzeige der Führungsgrößen und den Leuchtmelder „Ü“ (Überwachung) angezeigt.

Die LZB sendet unabhängig vom Zugverkehr ständig Telegramme in die Schleifen, mit denen abgefragt wird, ob die Schleifen von einem LZB-fähigen Zug befahren werden (Aufrufsystem). Ist dieses der Fall, antwortet das Fahrzeuggerät auf dieses Telegramm und teilt der LZB die relevanten Daten mit, so dass eine Aufnahme des Fahrzeuges in die LZB-Führung erfolgen kann. Der Beginn der Führung wird dem Tf durch den Leuchtmelder „Ü“ und die aufgeblendeten Führungsgrößen angezeigt. Nunmehr erfolgt eine ständige Kommunikation zwischen dem Fahrzeug und der LZB-Zentrale, da

- die LZB-Zentrale den genauen Standort der Züge kennen muss, um zum Beispiel die Entfernung bis zum nächsten Signal zu übermitteln oder zeitgerecht die weitere Fahrstraßeneinstellung anzustoßen und
- der Fahrzeugrechner aus den übermittelten Daten (Entfernung bis zum

nächsten Signal) die entsprechenden Führungsgrößen ermitteln und dem Tf anzeigen muss.

Die Datenübermittlung erfolgt, wie auch bei der PZB, induktiv, d.h. berührungsfrei, wobei für die Übertragung Richtung Fahrzeug eine Frequenz von 36 kHz und Richtung Zentrale eine Frequenz von 56 kHz verwendet wird. Ein wichtiger Parameter bei der Datenübermittlung ist der aktuelle Standort des Zuges. Dieser wird aus der radabhängigen Entfernungsmessung, d.h. Ermittlung der Entfernung aus der Multiplikation der Radumdrehungen und des Radumfanges ermittelt. Da der Radumfang aber aufgrund der Abnutzung leicht differieren kann und sich dieses bei längeren Distanzen erheblich addiert, kann es zu Abweichungen bei der Entfernungsermittlung kommen, die unbedingt zu vermeiden sind.

Und hier kommt jetzt den Kreuzungsstellen eine wichtige Bedeutung zu. Die Kurzschleifen fernspeisegeräte leiten die Informationen in eine Richtung in die Kurzschleifen (dargestellt als Pfeil in Abbildung 2, so dass sich die Richtung des Stroms in jedem Bereich zwischen zwei Kreuzungsstellen, auch Fahrort genannt, ändert. Somit kann der Fahrzeugrechner jede Kreuzungsstelle erkennen und die ggf. entstehenden Unstimmigkeiten bei der radabhängigen

Fahrwegmessung wieder auf Null setzen, so dass die zuvor genannten Probleme vermieden werden können.

Entsprechend der zulässigen Streckengeschwindigkeit bzw. der eingerichteten vorübergehenden Langsamfahrstellen erfolgt eine rechtzeitige Anzeige der V_{soll} beim Tf, der entweder manuell oder mittels der AFB die Geschwindigkeitsanpassung durchführt. Überschreitet der Tf die Sollgeschwindigkeit, erfolgt eine automatische Bremsung, bis die entsprechende Geschwindigkeit erreicht ist.

Am Ende eines LZB-Bereiches wird der Zug auf die streckenseitig zulässige Geschwindigkeit heruntergeführt und nach der Anzeige des Leuchtmelders „Ende“ und der Bedienung der Freitaste durch den Tf aus der LZB entlassen. Mit der Bedienung der Freitaste bestätigt der Tf, dass er ab sofort die Signale am Fahrweg beachtet. Die Entlassung wird dem Tf durch das Erlöschen der Führungsgrößen und des Melders „Ü“ (Überwachung) angezeigt.

Anbindung der LZB an die Stellwerke

Für die Führung der Züge und die zeitgerechte Fahrwegeinstellung ist logischerweise auch eine Kommunikation zwischen der LZB Zentrale und den entsprechenden Stellwerken über die externe Schnittstelle erforderlich. Über diese Schnittstelle erfolgt einerseits der zeitgerechte Stellanstoß, da aufgrund der weiten Vorschauabstand der LZB die Fahrstraßeneinstellung weitaus früher angestoßen werden muss und andererseits benötigt die LZB die entsprechenden Informationen wie zum Beispiel Fahrtstellung der Signale aus dem Stellwerk.

Im Fall einer Fernsteuerung der Signalanlagen aus der Betriebszentrale sind das Stellwerk und die LZB Zentrale über zwei unabhängige Wege (Vorzugs- und Redundanzverbindung) mit dem örtlichen Stellwerk verbunden (siehe Abbildung 6); die Bedienung erfolgt dann in der BZ.

Besonderheiten bei der LZB-Signalisierung

„Hauptsignale, Vorsignale, Kombinations- und Zusatzsignale gelten nicht“, so sagt es die Ril 408.0341 Abschnitt 1 Abs. 1b), Züge fahren und Rangieren. Der Triebfahrzeugführer bekommt die für ihn relevanten Anzeigen in Form von Führungsgrößen mitgeteilt. Dieses entbindet den Tf

jedoch trotzdem nicht von der Fahrwegbeobachtung, zumal er bestimmte Signale nicht übermittelt bekommt und diese am Fahrweg beachten muss.

Abgesehen von den bekannten Fahrtstellungen der Hauptsignale werden diese bei LZB geführten Zügen in bestimmten Fällen dunkel geschaltet. Die Dunkelschaltung ist grundsätzlich aus zwei Gründen erforderlich:

- Wenn ein Blockabschnitt für H/V geführte Züge nochmals in mehrere LZB-Blockabschnitte unterteilt ist und der erste LZB-Blockabschnitt frei, der zweite LZB-Blockabschnitt jedoch besetzt ist, kann ein Fahrtbegriff für H/V geführte Züge aufgrund der Besetzung nicht gezeigt werden, wohl aber darf die Fahrt für einen anzeigeführten Zug bis zum nächsten LZB-Blockkennzeichen zugelassen werden.
- Da die LZB die genaue Lage einer Weiche und die über den jeweiligen Strang zulässige Geschwindigkeit kennt, kann die LZB diese Restriktion punktgenau übertragen, d.h. erst ab der Stelle, ab der diese gilt (gilt nicht für die LZB L 72). Somit könnte dem Tf als Führungsgröße am Hauptsignal eine höhere Geschwindigkeit angezeigt werden, als der Signalbegriff anzeigt.

Um in dieser Situation Irritationen beim Tf zu vermeiden, wird das Signal dann dunkel geschaltet.

Einflussmöglichkeiten des Bedieners

Wie bereits ausgeführt, befindet sich beim Bediener der Signalanlagen, also beim Fdl, ein Bedienterminal für die LZB. Früher war das ein LZB-Fernschreiber, der aber heutzutage durch einen Monitor mit Eingabetastatur und Drucker ersetzt wurde. Auf dem Drucker werden Störungen des Systems und sonstige Meldungen teils optisch und/oder akustisch angezeigt. Neben den Störungen werden aber auch Verbesserungsmeldungen ausgegeben, wenn eine bestimmte Störung wieder behoben wurde (zum Beispiel Störungsmeldung „Störung Nachbarzentrale“; Verbesserungsmeldung „Verbesserung Nachbarzentralenverbindung“).

Darüber hinaus kann der Bediener auch Eingaben in die LZB vornehmen, indem er zum Beispiel Langsamfahrstellen eingibt, Schleifenbereiche für die LZB-Führung sperrt, Dunkelschaltsperrungen eingibt oder Ausfahrorte zur Entlassung aus der LZB einrichtet. Die dabei zu beachtenden Regeln

in Bezug auf die Bedienung ergeben sich aus der Ril 482.9025 bzw. 482.9025 CE, die für alle Eingaben die Erstellung eines besonderen Arbeitsblattes vorsieht. Dieses bekommt der Fdl in der Regel fertig ausgefüllt übersendet (zum Beispiel als Anlage zur Betra) und muss nur noch die Daten eingeben. Nur im Ausnahmefall muss er bei plötzlich notwendigen vorübergehenden Langsamfahrstellen den Eingabebeleg selbst erstellen. Zur Vermeidung von Fehlern wird in diesen Fällen der Beleg von zwei getrennten Bedienern erstellt und vor der Eingabe verglichen.

Unregelmäßigkeiten

Nachfolgend möchten wir auf einige wenige Unregelmäßigkeiten eingehen, bei denen in Bezug auf die LZB ein besonderes Verhalten auftritt.

Ersatzsignalbedienung

Kann für einen anzeigeführten Zug das Signal nicht auf Fahrt gestellt werden, besteht für den Fdl die Möglichkeit der Zulassung der Fahrt nach Durchführung der betrieblichen Maßnahmen mittels einer Ersatzsignalbedienung (auch an den Blockkennzeichen). Diese Bedienung wird dem Tf über besondere Leuchtmelder (Melder „E40“) angezeigt. Gleiches gilt sinngemäß auch für den Vorsichtauftrag der mit dem Leuchtmelder „V40“ visualisiert wird.

Schlupf, Gleiten

Kommt es zu einem Gleiten oder einem Durchdrehen der Räder, erkennt die LZB dieses anhand der Differenzen zwischen der radabhängigen Fahrwegmessung einerseits und der Ortung der Kreuzungsstellen andererseits. Sollte dieser Zustand länger bestehen, wird die LZB systemintern abgeschaltet und der Zug verkehrt bis zur nächsten Anfangsschleife (signalisiert durch den BKW) als signalgeführter Zug und kann dort wieder in die LZB-Führung aufgenommen werden.

LZB Ausfallszenarien

Kommt es aufgrund technischer Probleme zu einer Unterbrechung der Datenversorgung zwischen dem Fahrzeug und der LZB-Zentrale erfolgt zunächst keine Zugbeeinflussung, d.h. automatische Abbremsung. Erst wenn mehr als 3 Kreuzungsstellen nicht erkannt wurden, wird ein Übertragungsausfall gemeldet. Da aber eine Kurzschleife nur 3 Kreuzungsstellen enthält, führt somit ein Ausfall einer Kurzschleife nicht sofort zu betrieblichen Auswirkungen. Bei der Langschleifentechnik hingegen kam es bei einer Schleifenstörung zwangsläufig

zu einem Übertragungsausfall und damit zu betrieblichen Auswirkungen.

Unterschiede zwischen der LZB L 72 und der LZB L 72 CE

Die Grundfunktionalitäten sind bei den beiden Systemen im Wesentlichen identisch. Der grundsätzliche Unterschied besteht darin, dass die LZB L 72 über neue Funktionalitäten verfügt, die sich im Laufe der Nutzung der LZB als sinnvoll und erforderlich herauskristallisiert haben. Es handelt sich dabei um folgende Punkte:

- Bei der LZB L 72 war der Teilblock nur auf der freien Strecke eingerichtet, im Bahnhof selbst war es nicht möglich, den Ganzblock in LZB-Teilblockabschnitte zu teilen. Mit der LZB L 72 CE besteht auch die Möglichkeit, den Ganzblock innerhalb des Bahnhofes in LZB-Teilblockabschnitte zu unterteilen. Ein großer Vorteil, der zum Beispiel bei dichten LZB-geführten Taktverkehren wie der S-Bahn München zum Tragen kommt.
- Erst mit der LZB L 72 CE konnten Strecken mit Steigungen bzw. Neigungen von bis zu 40 ‰ beherrscht werden. Die LZB L 72 war hingegen nur für Strecken mit Neigungen bzw. Steigungen von bis zu 12,5 ‰ ausgelegt.
- Die Berücksichtigung der zugelassenen Geschwindigkeit auf den „Schenkeln“ (gerader bzw. abzweigender Strang) der Weichen bei der Anzeige der V_{soll} führt zu Reduzierung der Fahrzeiten und erhöht damit die Leistungsfähigkeit.
- Auf Strecken mit der LZB L 72 CE werden dem Triebfahrzeugführer die EL-Signale (zum Beispiel „Hauptschalter aus“ Bereiche) auf dem Führerstand angezeigt. Dieses ist auf LZB L 72 Strecken nicht möglich.

Resümee

Die LZB war zum Zeitpunkt der Entwicklung ein durchdachtes System mit dem die Vorgaben einer höheren Streckengeschwindigkeit ohne grundsätzlichen Eingriff in die ortsfeste Signalisierung umgesetzt werden konnte. Noch heute erfüllt die LZB die gestellten Anforderungen, obwohl es sich um ein alleinstehendes System handelt, das nicht über Schnittstellen zum heutigen System verfügt und somit nicht ohne weiteres in die bestehenden ESTW eingebunden werden kann. Außerdem ist eine Weiterentwicklung infolge der komplizierten Systemarchitektur zwischenzeitlich sehr schwierig. ■

Warnsignalpegel und Umweltschutz bei feldseitigen Warnsignalgeberketten



Foto: DB AG/Heiner Müller-Eisner

Dr. Uwe Sauer, Berlin

Zur Warnung vor den Gefahren durch den Bahnverkehr werden an Gleisbaustellen akustisch-elektronische Warnsignalgeberketten verwendet, die auf der Feldseite des benachbarten Betriebsgleises aufgestellt werden. Das gilt prinzipiell für alle Arbeitsstellen und unabhängig davon, ob Gleisbaumaschinen mit oder ohne maschineneigene Warnanlagen eingesetzt werden. Nach dem UIC-Kodex 730-3 (Automatisches Warnsystem für im Gleis arbeitende Personen) soll die Abstrahlung der Warnsignale entlang der Gleise gerichtet sein. Außerdem sollte durch geeignete Anordnung der Warnsignalgeber angestrebt werden, die unbeteiligte Umwelt so wenig wie möglich zu belasten (Umweltschutz).

Aufgabe

Die Aufgabe besteht darin, für die Warnsignalgeber (WSG) eine solche (Winkel-) Anordnung zu finden, bei der eine möglichst gleichmäßige Warnsignal-„Beschallung“ im Arbeitsbereich erreicht wird und der für die sichere Warnung der Beschäftigten entscheidende minimale (geringste) Warnsignalpegel möglichst groß wird.

Sachstand

Warnsignalgeber werden in aller Regel senkrecht zur Gleisachse (90°) angeordnet. Damit wird der meiste Schall auch in diese Richtung abgestrahlt, weil die WSG eine Richtcharakteristik aufweisen (viel Schallenergie nach vorn, weniger zur Seite und nach hinten). Wie man der Abbildung 1 (roter Kurvenzug) entnehmen kann, ergibt diese Anordnung eine sehr ungleichmäßige Schallpegelverteilung innerhalb der Arbeitsstelle mit ausgeprägten Maximalwerten von rund 110 dB(A) und Minimalwerten von rund 95 dB(A). Diese Werte ergeben sich für einen häufig anzutreffenden Warnsignalgeberabstand von $2a = 30$ m und $e = 6,5$ m als Abstand Warnsignalgeberkette zu Mitte Arbeitsstelle (Mitte Arbeitsgleis). Angenommen werden WSG, die in 1 Meter (m) Entfernung vor dem Schallaustritt $L_{s,1m} = 126$ dB(A) erzeugen.

Da die **Warnung** an jeder Stelle des Arbeitsbereiches gewährleistet sein muss, ist der **minimale** Warnsignalpegel dafür die entscheidende Größe und hinsichtlich des **Umweltschutzes** der **maximale** Warnsignalpegel.

Stellt man die WSG (grün) jedoch schräg zum Gleis auf, wird der entscheidende minimale Warnsignalpegel deutlich auf gut 100 dB(A) angehoben und der für die Belastung Unbeteiligter höchste Warnsignalpegel sinkt auf rund 104 dB(A) ab. Die Warnsignalbeschallung der Arbeitsstelle wird damit deutlich gleichmäßiger als im Falle der senkrechten WSG-Anordnung.

Aus den Bedingungen $2a = 30$ m und $e = 6,5$ m errechnet sich ein optimaler Winkel von rund $\varphi = 12^\circ$, um die in Abbildung 1 dargestellte gleichmäßige Warnsignalverteilung (grün) zu erhalten.

Messungen

Es erschien sinnvoll, diese theoretische Aussage messtechnisch auf ihre Praxis-tauglichkeit zu überprüfen, weil sich in

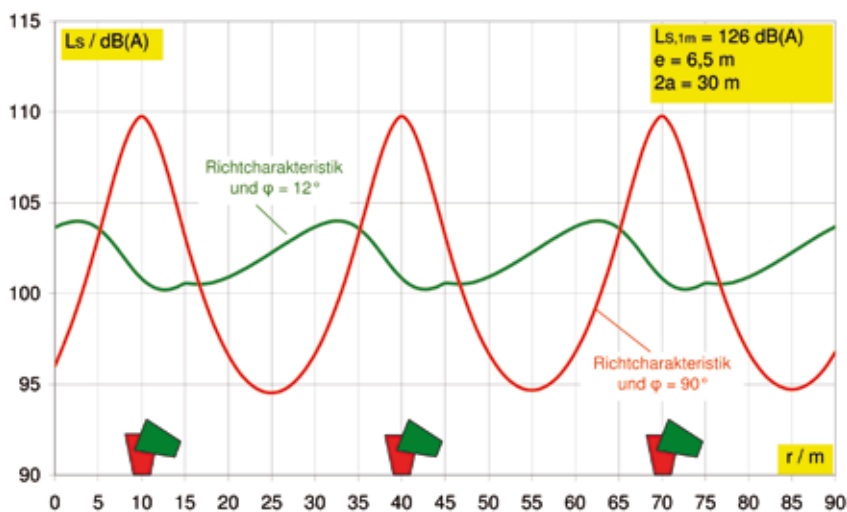


Abbildung 1: Warnsignalpegelverteilung bei unterschiedlicher Anordnung der WSG innerhalb einer feldseitigen Kette (freie Schallausbreitung)



Abbildung 2: Messgelände am Bahnhof Beelitz-Heilstätten (Foto: BG BAU)

der Literatur keine Hinweise auf ähnliche Untersuchungen finden ließen.

Das für diese Untersuchungen zur Verfügung gestellte und gesperrte Messgelände (Ladestraße, Gleise im Schotterbett) lag sehr günstig, so dass auch keine Anwohner durch die Versuche belästigt wurden (Abbildung 2).

Als Warnsignalgeber wurden die Typen WGH 95/0 sowie das ZPW 120 der Fa. Zöllner (D) und von der Fa. Schweizer (CH) der Typ AW21/126 eingesetzt (Abbildung 3). Das WGH 95/0 konnte sowohl mit dem Autoprowa- als auch mit dem Minimal-Signal betrieben werden, das ZPW nur mit dem Autoprowa-Signal, das AW21/126 nur mit dem Minimal-Signal. Die einzelnen WSG-Typen erzeugten unterschiedliche hohe Schalldruckpegel $L_{s,1m}$.

Die gesamte Messtechnik wurde vom Prüfbereich „Lärm und Vibration“ der BG BAU gestellt und betrieben. Zwischen den

Gleisen wurden je nach Teilaufgabe bis zu 12 Mikrofone nach vorher festgelegten Aufstellplänen eingesetzt und deren Signale gespeichert sowie zum Teil vor Ort ausgewertet.

Die Warnsignalgeber einschließlich der Ansteuerung wurden von Mitarbeitern der Firmen Zöllner und Schweizer nach den jeweiligen Vorgaben aufgebaut und während der Messungen betreut. Außerdem waren weitere Mitarbeiter der DB AG sowie der Unfallversicherungsträger EUK und BG BAU an diesen Grundsatzuntersuchungen beteiligt.

Um Unsicherheiten durch mögliche Windinflüsse gering zu halten, wurden die weiteren Messungen bei einem Warnsignalgeberabstand $2a = 18$ m und $e = 4$ m ausgeführt. Für dieses Abstandsverhältnis erhält man ebenfalls einen Winkel von rund $\varphi = 12^\circ$ und damit vergleichbare Verhältnisse. Die Mikrofone waren in einer von Höhe $H = 1,2$ m über Schienenoberkante



Abbildung 3: Warnsignalgeber WGH 95/0, ZPW 120 (beide Fa. Zöllner); AW 21/126 (Fa. Schweizer)
(Fotos: BG BAU)

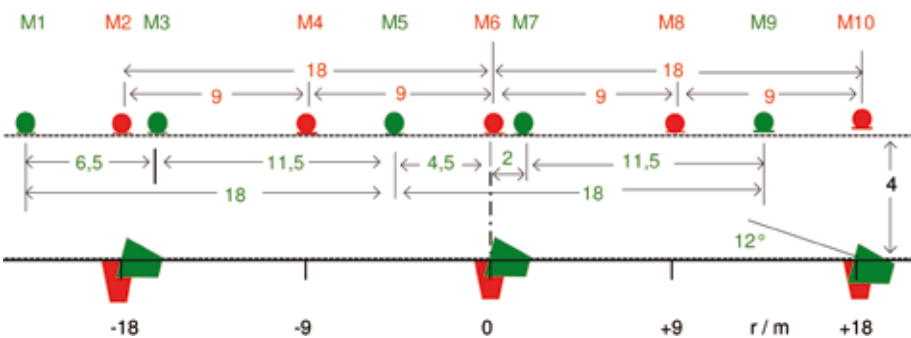


Abbildung 4: Mikrofonanordnung zur Messung der Warnsignalschallausbreitung bei 90° und 12°

(SO) entsprechend dem in Abbildung 4 dargestellten Messplan aufgestellt. Sie wurden so angeordnet, dass sie jeweils die Maximal- und Minimalwerte der theoretisch zu erwartenden Schalldruckpegel erfassen sollten. M2, M6 und M10 registrierten die Maxima bei der 90°-Anordnung der WSG, die Mikrofone M4 und M8 die Minima. Unter der 12°-Anordnung wurden die Maxima von den Mikrofonen M1, M5 und

M9 erfasst, die Minima durch M3 und M7. Die WSG-Kette bestand jeweils aus drei Warnsignalgebern, die von einer Zentrale aus angesteuert wurden.

Die Messungen wurden für Aufstellhöhen der WSG von jeweils $h = 0,8\text{ m}$ und $1,2\text{ m}$ über SO vorgenommen, weil aus vorangegangenen Untersuchungen keine zu bevorzugende Aufstellhöhe zu ermitteln war.

Messergebnisse

Abbildung 5 zeigt alle Messergebnisse für die 90°-Anordnung. Um die Ergebnisse vergleichbar zu machen, wurden die Messwerte auf einen Schalldruckpegel $L_{S,1m} = 126\text{ dB(A)}$ für die Position $r = 0\text{ m}$ (s. Abbildung 4, Mikrofon 6) normiert. Die Differenz zwischen Maxima und Minima beträgt rund 20 dB(A) . Die Vorausberechnung für 3 WSG (schwarzer Linienzug) hatte einen Unterschied von 15 dB(A) erwarten lassen. Der Vorausberechnung lagen die Daten der so genannten Umhüllenden zu Grunde. Sie beschreibt die Richtcharakteristik aller WSG-Typen, die im Jahre 2008 gemessen worden waren.

Ordnet man die WSG unter einem Winkel von $\varphi = 12^\circ$ zum Gleis an, ergibt sich das in Abbildung 6 dargestellte Messwertband. Normiert wurde auf die Position $r = -4,5\text{ m}$ (siehe Abbildung 4), weil die Rechnung hier das Maximum ergeben hatte.

Alle Messwerte der Aufstellhöhe $h = 0,8\text{ m}$ liegen oberhalb der Rechnung (schwarzer Linienzug) und alle Messwerte der Aufstellhöhe $h = 1,2\text{ m}$ darunter. Dieses Verhalten ist wahrscheinlich auf Schallreflexionen am Schotter zurückzuführen.

Die Differenz zwischen maximalem und minimalem Schalldruckpegel hat sich durch die 12°-Anordnung auf einen Bereich von 8 dB(A) gegenüber rund 20 dB(A) bei der 90°-Anordnung reduziert. Das bedeutet in jedem Falle eine gleichmäßigere Warnsignalpegelverteilung längs der Gleise und gleichzeitig eine Verringerung der unerwünschten Schallbelastung in das unbeteiligte Umfeld (Umweltschutz).

Mittelt man über alle Ergebnisse der gemessenen WSG und beide Aufstellhöhen h , so erhält man das in Abbildung 7 dargestellte Ergebnis. Vorausberechnung und Messergebnis fallen praktisch zusammen.

Zu einem entsprechenden Ergebnis mit Übereinstimmung zwischen Theorie und Messung gelangt man auch für die 90°-Anordnung (Abbildung 8).

Diese grundlegenden Ergebnisse zeigen im Mittel eine für akustische Messungen sehr gute Übereinstimmung zwischen theoretischen Voraussagen und Messergebnissen. Weil gleiche Längenverhältnisse vorliegen, sind die mit WSG-Abständen $2a = 18\text{ m}$ und $e = 4\text{ m}$ erhaltenen Daten bei gleichem Winkel $\varphi = 12^\circ$ auf die häufig anzutreffenden Abstände $2a = 30\text{ m}$ und $e = 6,5\text{ m}$ übertragbar.

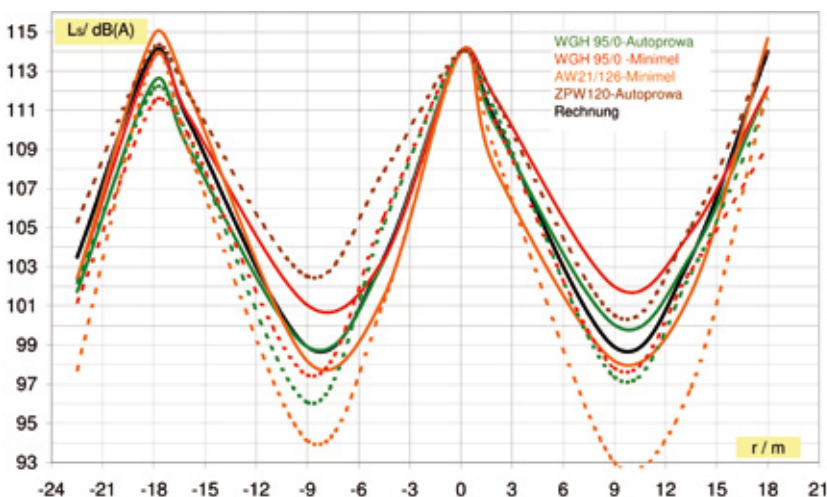


Abbildung 5: Ergebnisse aller WSG bei 90°-Anordnung zum Gleis ($2a = 18\text{ m}$; $e = 4\text{ m}$; unterbrochene Linien $h = 1,2\text{ m}$; durchgezogene Linien $h = 0,8\text{ m}$)

Konsequenzen für die Praxis

Damit ist die Aufstellung eines Diagramms möglich, aus dem bei gegebenem Warnsignalgeberpegel $L_{S,1m}$ der maximale WSG-Abstand $2a$ ablesbar ist, wenn ein gegebener Störschall abgedeckt werden soll. Berücksichtigt wurde in diesem Diagramm, dass der Warnsignalpegel L_S an der Arbeitsstelle (am Ohr des Beschäftigten) immer mindestens 3 dB(A) über dem Störschallpegel L_N liegen soll ($SN \geq 3$ dB(A)). Vergleicht man dieses Diagramm (Abbildung 9) mit dem in der DB AG Richtlinie 479 *Einsatzrichtlinie für Automatische Warnsysteme, Anhang 2* oder in der EUK-Faltkarte *Handlungshilfe zum Einsatz von Automatischen Warnsystemen unter Berücksichtigung akustischer Gesetzmäßigkeiten* angegebenen, stellt man fest, dass die abdeckbaren Störschalle knapp 2 dB(A) niedriger liegen.

Ursache dafür ist die konsequente Berücksichtigung der realen Richtcharakteristiken der WSG, die zum Zeitpunkt der Erarbeitung der DB AG Richtlinie 479 (Fassung 01.01.2007) so nicht bekannt waren.

Angesichts der im Störschallkataster (vgl. BahnPraxis 2/2010) angegebenen sehr hohen Störschallpegel L_N bei großen Gleisbaumaschinen hat das aber keine wesentliche praktische Auswirkung für die WSG-Anordnung, weil man in aller Regel bei diesen Maschinen ohne maschineneigene Warnsignalanlagen nicht auskommt.

Andere Arbeitsstellen (zum Beispiel Schienenwechsel) ohne wesentlichen warnsignalverdeckenden Störschall lassen sich weiter problemlos abdecken. Dazu stehen WSG mit ausreichend hohen Schallpegeln zur Verfügung.

Es wird empfohlen (keine Bedingung!), die Warnsignalgeber gegen die Arbeitsrichtung (gAR) auszurichten, um die Richtcharakteristik des Gehörs zusätzlich zur Informationsgewinnung nutzen zu können.

Toleranzbereich für den empfohlenen Winkel 12°

Weitere Berechnungen haben ergeben, dass die Einhaltung des empfohlenen Aufstellwinkels von $\varphi = 12^\circ$ nicht sehr kritisch ist wie aus Abbildung 10 hervorgeht. Lässt man Abweichungen bis zu maximal $\Delta L = -0,5$ dB(A) zu, steht ein Winkelbereich von 0° (parallel zum Gleis) bis 25° zur Verfügung. Das bedeutet, dass eine übertriebene Genauigkeit bei der Schrägaufstellung der WSG nicht erforderlich ist.

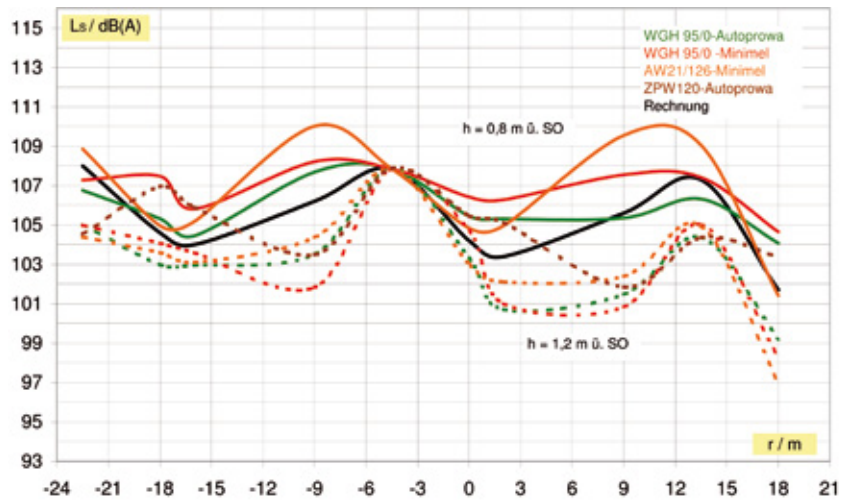


Abbildung 6: Ergebnisse aller WSG bei 12°-Anordnung zum Gleis ($2a = 18$ m; $e = 4$ m; unterbrochene Linien $h = 1,2$ m; durchgezogene Linien $h = 0,8$ m)

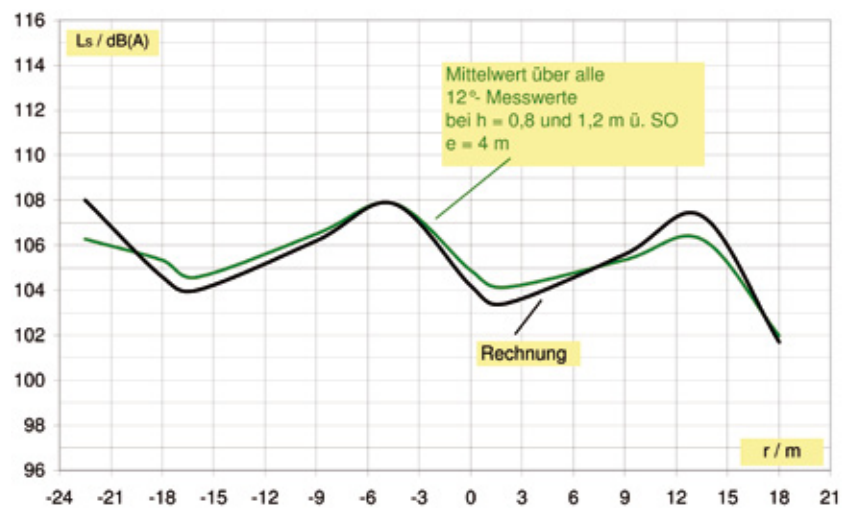


Abbildung 7: Mittelwert über alle Messwerte und WSG bei 12°-Anordnung zum Gleis ($2a = 18$ m; $e = 4$ m)

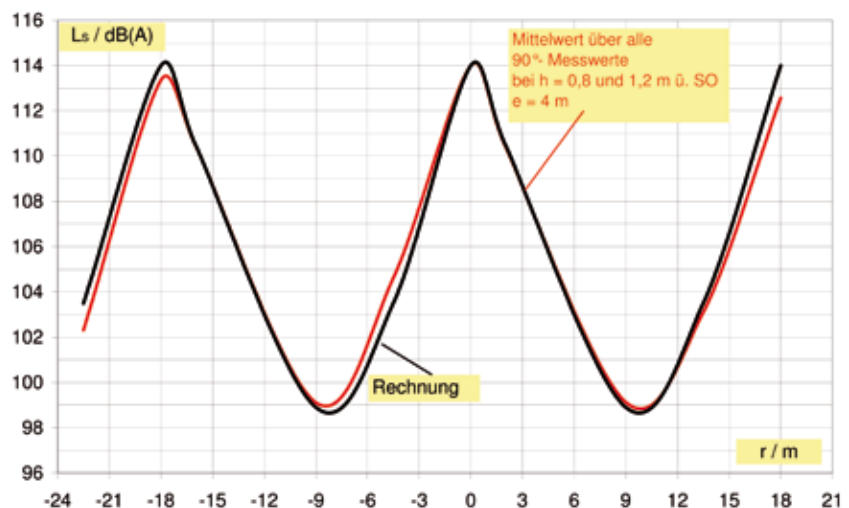


Abbildung 8: Mittelwert über alle Messwerte und WSG bei 90°-Anordnung zum Gleis ($2a = 18$ m; $e = 4$ m)

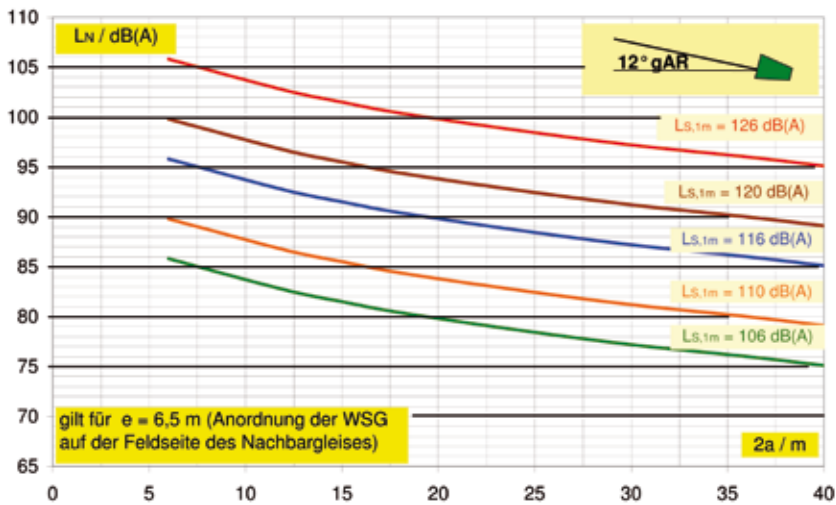


Abbildung 9: Maximal abdeckbarer Störschallpegel L_N bei gegebenem WSG-Abstand $2a$ und gewähltem WSG-Pegel $L_{s,1m}$

Schlussfolgerungen

Aus den Berechnungen und den zur Kontrolle durchgeführten Messungen lassen sich im Sinne der Aufgabenstellung folgende Aussagen ableiten:

1. Die Untersuchungen zur Schallausbreitung von Warnsignalgeberketten in Gleisanlagen im Freien belegen, dass zwischen Vorausberechnung und Messergebnis im Mittel gute bis sehr gute Übereinstimmung besteht. Als selbstverständlich wird vorausgesetzt, dass die Warnsignalgeber mindestens oberhalb der Schotteroberkante aufgestellt sind, um Abschirmeffekte auszuschließen.

2. Bestätigt wurde, dass eine gleichmäßigere Warnsignalabstrahlung längs der Gleise unter einem Winkel von $\varphi = 12^\circ$ auf der Grundlage von Abständen $e/2a$ von $4/18$ m bzw. $6,5/30$ m bei Gleisabständen von 4 m deutlich besser erreicht werden kann als durch die heute übliche 90° -Anordnung (senkrecht zur Gleisachse). Das Ergebnis entspricht damit auch den Empfehlungen im UIC-Kodex 730-3.

3. Weitere Berechnungen haben gezeigt, dass bei einer Abweichung von maximal $-0,5$ dB(A) der empfohlene 12° -Winkel lediglich innerhalb eines Toleranzbereiches von 0° bis 25° liegen muss.

4. Gleichberechtigt zur Verbesserung der Warnsignalabstrahlung für die Beschäftigten in den Gleisen ist die Herabsetzung der in der Fläche wirkenden Maximalpegel bei 126 dB(A)-Warnsignalgebern von rund 110 dB(A) auf 104 dB(A) unter der Voraussetzung $2a = 30$ m und $e = 6,5$ m (siehe Abbildung 1) vorteilhaft. Das ist als deutlicher Beitrag zum Umweltschutz zu bewerten (Minderung der Lärmbelastigung Unbeteiligter). Eine weitere Verbesserung im Sinne des Umweltschutzes lässt sich nur durch Lärmbekämpfung an den Gleisbaumaschinen und -geräten selbst erreichen, weil der durch sie erzeugte warnsignalverdeckende Störschall der Maßstab für die erforderliche Warnsignalpegelhöhe ist.

5. Bleibt man bei der Größenordnung der WSG-Abstände $2a$ wie bisher, so treten durch das Schwenken der Warnsignalgeber von 90° auf 12° längs der Gleisanlage für die Sicherungsunternehmen keine zusätzlichen Kosten auf. ■

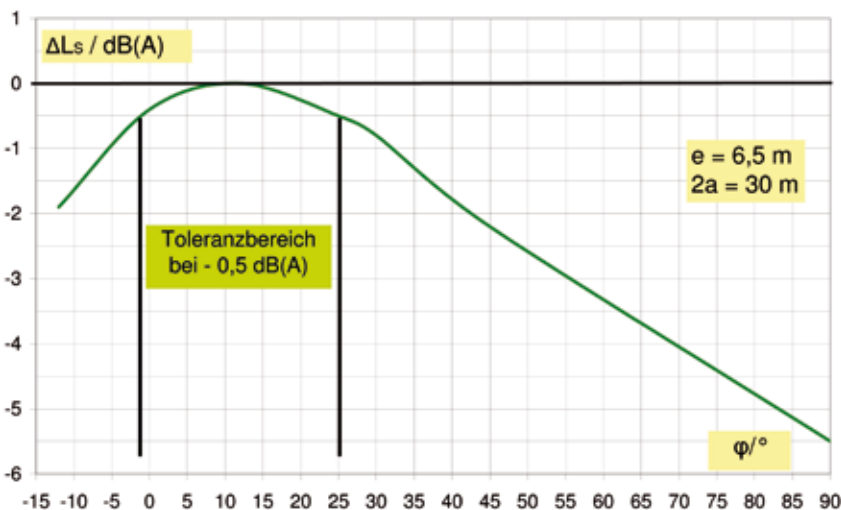


Abbildung 10: Toleranzbereich für den empfohlenen Aufstellwinkel 12°

