



Alle Fotos: Dirk Menne

## Grundlagen

# Sanden und Gleisstromkreise

**Dirk Menne**, DB Regio AG, Eisenbahnbetriebsleiter, Frankfurt am Main

Nasse oder verschmutzte Schienen mindern die Zug- und Bremskräfte moderner Fahrzeuge, was zu Verzögerungen bei der Anfahrt und verlängerten Bremswegen führen kann. Durch das Einbringen von Sand in den Kontaktpunkt zwischen Rad und Schiene wird der Haftwert so weit erhöht, dass sich unter nahezu allen Umständen wieder für den Triebfahrzeugführer gut beherrschbare Verhältnisse ergeben. Moderne Lokomotiven benötigen Sand zum Anfahren nur noch bei schweren Zügen in der Steigung, wenn sich ein Schmierfilm auf dem Gleis befindet. Zunehmend wichtiger wird aber die Verwendung von Sand beim Bremsen: Dabei gilt es, sowohl auf die Sicherheit der Fahrzeugdetektion durch Gleisstromkreise als auch auf die Sicherheit der Bremswege zu achten.

Die Sandstreuereinrichtung bei den Dampflokomotiven hatte die Aufgabe, bei schlüpfrigen Schienen die Reibung zwischen Rad und Schiene zu erhöhen, um beim Anfahren das Drehmoment auf die Schiene bringen zu können, ohne ein Schleudern der Räder zu riskieren. Gerade bei Radsätzen mit großem Durchmesser und großem Hebelarm der Dampfmaschine führte ein Schleudern schnell zu irreparablen Schäden. Die Sandförderung erfolgte über Druckluft und eine Sandtreppe, nach diesem Wirkprinzip arbeiten die Streuanlagen vielfach noch heute. Besandet wurden in der Regel alle angetriebenen Radsätze. Bedient wurde die Sandstreuereinrichtung über einen Anstellhahn, dieser konnte aus der Abschlusstellung in die Stellungen „schwache Sandung“ und „starke Sandung“ verlegt werden. Um das Sanden zu beenden, musste der Hahn wieder in die Abschlusstellung verlegt werden (aus Leopold Niederstraßer, Leitfaden für den Dampflokomotivdienst, Leipzig 1938.)

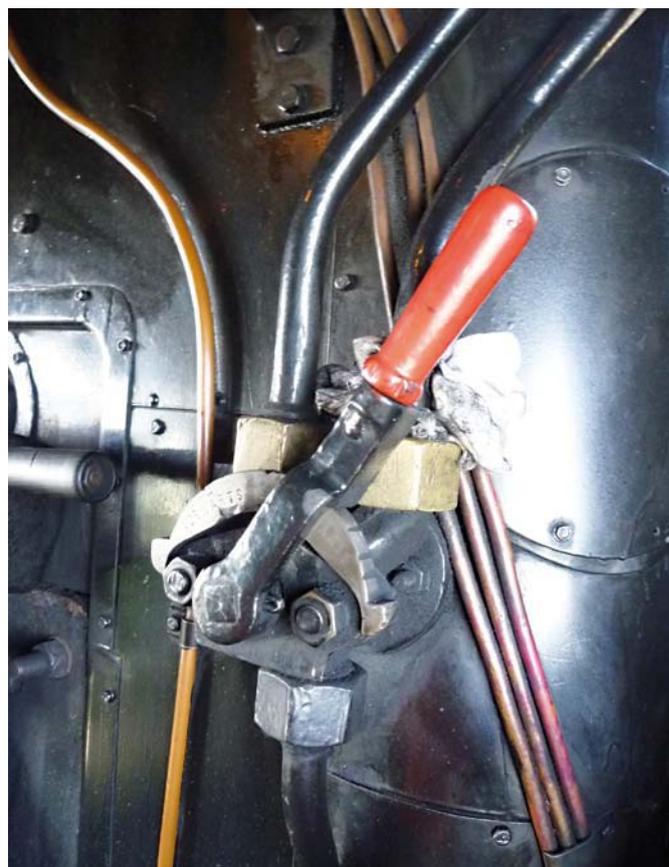
Eine Nutzung zur Unterstützung des Bremsens war explizit nicht vorgesehen. Die elektrischen Einheitslokomotiven, die in den 1950er Jahren entwickelt und eingeführt wurden, verfügten über eine Sandstreuereinrichtung, die über einen Taster bedient wurde. In der Position Sanden als Taststellung und eingerastet als Dauersanden.

Das Anfahren mit elektrischen Lokomotiven ist nicht mehr so anspruchsvoll wie das Anfahren mit Dampflokomotiven. Sand ist zum Anfahren nur bei schweren Zügen in der Steigung Schmierfilm auf dem Gleis erforderlich. Zunehmend wichtiger wird aber die Verwendung von Sand beim Bremsen, da die leistungsfähigeren Bremsen eine größere Ausnutzung des Reibungsbeiwertes bewirken. Es wird mit einer größeren Verzögerung gebremst und die Bremsung lässt sich besser regeln. Dies ermöglichen leistungsfähigere Klotzbremsen, die in der Lage sind, mit hoher Abbremsung den Ausfall von dynamischen Bremsen zu kompensieren. Mit der Einführung der Scheibenbremse, zunächst im Triebwagenbereich später auch bei Reisezugwagen und Lokomotiven, können höhere Bremskräfte beherrscht werden.

## Grundlagen

Die geringe Reibung zwischen Rad und Schiene ermöglicht das Führen langer schwerer Züge bei geringem Energieeinsatz. Die Radaufstandsfläche ist bei einer Radsatzlast von zirka 20 Tonnen (t) wenige Quadratcentimeter (cm<sup>2</sup>) groß. Über diese Fläche müssen die gesamten Brems- und Antriebskräfte übertragen werden. Zum Vergleich: Bei einem PKW beträgt die Radaufstandsfläche etwa 100 cm<sup>2</sup>. Über diese Fläche müssen sämtliche Zug- und Bremskräfte des Rades übertragen werden. Die maximal übertragbare Kraft ist durch den Kraftschlussbeiwert oder auch Haftwert bestimmt, der das Verhältnis zwischen übertragbarer Längskraft und Radaufstandskraft angibt.

Der Haftwert bei trockener Schiene liegt bei Werten von etwa 0,35. Dies reicht für die Übertragung maximaler Zug- und Bremskräfte moderner Fahrzeuge. Er kann jedoch bei nasser oder verschmutzter Schiene Werte bis zu zirka 0,1 annehmen, so dass sich die Zug- und Bremskräfte nicht mehr vollständig übertragen lassen, was zu Verzögerungen bei der Anfahrt und verlängerten Bremswegen führen kann. Durch das Einbringen von Sand in den Kontaktpunkt zwischen Rad und Schiene



Bedienungseinrichtung für die Sandanlage an einer Dampflok der BR 52

wird der Haftwert so weit erhöht, dass sich unter nahezu allen Umständen wieder für den Triebfahrzeugführer gut beherrschbare Verhältnisse ergeben.

## Gleisfreimeldeanlagen

Mit der Entwicklung von Stellwerken mit elektromotorischen Weichen- und Signalantrieben waren Stellentfernungen möglich, die über den Bezirk hinausgehen, den ein Fahrdienstleiter überschauen kann. Dazu wurden technische Lösungen entwickelt, die zwischen den beiden Schienen eine Spannung aufbauen und den Kurzschluss dieser Spannung durch den Radsatz auswerten.

Die Gleisstromkreise der häufigsten Bauform sind über ein Zweilagigen-Motor-Relais realisiert. Dieses wird durch den Spannungsabfall über dem Achsnebenschluss angesteuert. Bei niedrigem Spannungsabfall wird das Gleis als belegt gemeldet (Achskurzschluss). Durch diese Schaltung wird gewährleistet, dass bei einem Spannungsverlust (Spannungsunterbrechung) das Gleis als besetzt gemeldet wird (Fail-Safe-Prinzip).

Ein Sandfilm auf dem Schienenkopf kann unter bestimmten Umständen die Detektion eines Radsatzes durch die Gleisfreimeldeanlage verhindern. Ist der Sandfilm durchgehend und es kommt an keinem Radsatz zu einem Kurzschluss zwischen den Schienen, so wird dieses Fahrzeug nicht detektiert, der Gleisabschnitt wird also frei gemeldet, obwohl er durch ein Fahrzeug belegt ist. Wenn dem Fahrdienstleiter keine andere Information über die Besetzung des Gleisabschnittes vorliegt, so kann

dieser ganz regulär einen Zug in oder durch dieses Gleis leiten. Ebenso wird bei einer automatischen Zuglenkung (also wenn die Fahrstraßen durch eine Automatik einlaufen) eine Fahrstraße für den nachfolgenden Zug eingestellt. In diesen Fällen reicht ein Fehler eines Systems (in diesem Fall der Gleisfreimeldung) zum Totalversagen aus. Üblicherweise müssen bei der Eisenbahn mehrere Fehler zusammenkommen, um ein Totalversagen des Systems zu verursachen.

## Gefährdungen und Ereignisse

In der Vergangenheit kam es immer wieder zu Gefährdungen durch im Gleisstromkreis nicht detektierte Züge und in einem Fall auch konkret zu einem Unfall (Recklinghausen 2008). In den letzten fünf Jahren sind mindestens sieben Ereignisse auf dem deutschen Netz aufgetreten. Dabei waren sowohl Güter- als auch Personenzugfahrten betroffen. Nur ein Fall kann auf automatisches Sanden zurückgeführt werden. In diesem Fall war nachweislich eine defekte Besandungsanlage Ursache.

Im Nachgang zu den ersten Erkenntnissen aus dem Unfall in Recklinghausen sowie verschiedenen Unregelmäßigkeiten und Gefährdungen durch das Nicht-Erkennen von Gleisbelegungen haben sich die Eisenbahnen intensiv mit dem Thema Sanden und Gleisfreimeldeanlagen befasst. Mit Unterstützung der Fachleute aus Minden wurden verschiedene Betrachtungen und Versuche durchgeführt, um Ereignisse wie zum Beispiel das Nichterkennen eines ganzen Zuges zu reproduzieren. Im Lauf der Untersuchungen wurden so zahlreiche Versuche mit verschiedenen Konfigurationen durchgeführt. Inzwischen gehen die Fachleute davon aus, dass die Faktoren, die zu einem Nichtdetektieren eines Radsatzes führen, wie folgt beschrieben werden können.

Zum Ausbilden eines Sandfilmes auf der Schiene und auf der Radlauffläche sind erforderlich:

- Ausbringen von Sand von mehr als 5 Gramm pro Meter (g/m) bei niedriger Geschwindigkeit (weniger als 15 Kilometer pro Stunde (km/h)),
- Überrollen des Sandes mit niedriger Geschwindigkeit (weniger als 15 km/h),
- wenige Überrollungen des Sandfilms (erst nach mehr als 15 Überrollungen wird der Sandfilm zuverlässig zerstört).

Begünstigend sind folgende Faktoren:

- schiebengebremste Fahrzeuge, dadurch sehr glatte Oberfläche auf Rad (und Schiene),
- niedrige Radsatzlasten,
- trockene bis leicht feuchte Witterung (kein Regen!),
- schmaler Fahrspiegel auf der Schiene.

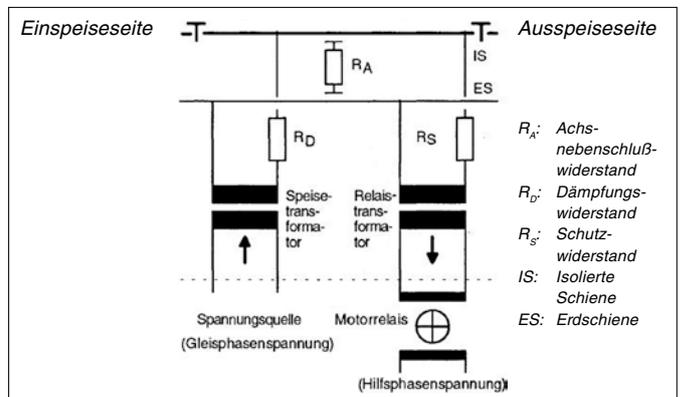
Die beobachteten Unregelmäßigkeiten folgten alle diesem Schema. Mit der Allgemeinverfügung des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA) vom 8. August 2013 und den von den Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) erlassenen Weisungen können diese Risiken beherrscht werden.

## Erkenntnisse

Im Nachgang zu den oben beschriebenen Ereignissen wurden Versuche mit verschiedenen Szenarien durchgeführt, bei denen



Bedienungseinrichtung einer Sandanlage an einer Einheitslok BR 141



Darstellung der Wirkungsweise der Gleisfreimeldeanlage Siemens

das Nichterkennen der Fahrzeuge reproduziert und messtechnisch erfasst werden konnte.

## Manuelles Sanden

Die Umsetzung der EBA-Allgemeinverfügung durch Weisung an die Lokführer gewährleistet auch in den Fällen, in denen unter ungünstigen Faktoren eine Gleisbelegung nicht korrekt angezeigt wird, den sicheren Betrieb durch zeitnahe Meldung an den Fahrdienstleiter (Fdl). Die Einhaltung der Weisung muss überwacht werden. Bei der Ausbildung ist auf das Problem des übermäßigen beziehungsweise unzeitigen Sandens einzugehen. Da bei bestimmungsgemäßer Nutzung der Besandungsanlage (nur beim Bremsen oder Beschleunigen, nur bei Gleiten der Radsätze, nicht beim Rollen) eine Nichtdetektierung weitgehend ausgeschlossen werden kann, besteht mit der Weisung aus Sicherheitsicht eine zusätzliche Barriere.

Der Aspekt des unbeabsichtigten Sandens durch einen versehentlich in Raststellung belassenen Sandtasters ist beispielsweise durch eine akustische oder optische Anzeige des Sandens zu betrachten. Dies sollte für Fahrzeugneubeschaffungen Bestandteil des Lastenheftes werden. Diese Meldung muss nicht ausfallsicher sein. Alternativ kann geprüft werden, auf die Schalterstellung „Dauersanden“ zu verzichten.

## Automatisches Sanden

Ältere Triebzüge verfügen teilweise über Besandungsanlagen, die in der Schnellbremsung direkt angesteuert werden; das



Sandfilm durch Sand nach Überfahren von mehreren Radsätzen

bedeutet: Solange der Fahr-/Bremshebel in Schnellbremsstellung liegt sandet das Fahrzeug. Insbesondere neuere Triebzüge verfügen über ein selbsttätiges Sanden bei Ansprechen des Gleitschutzes.

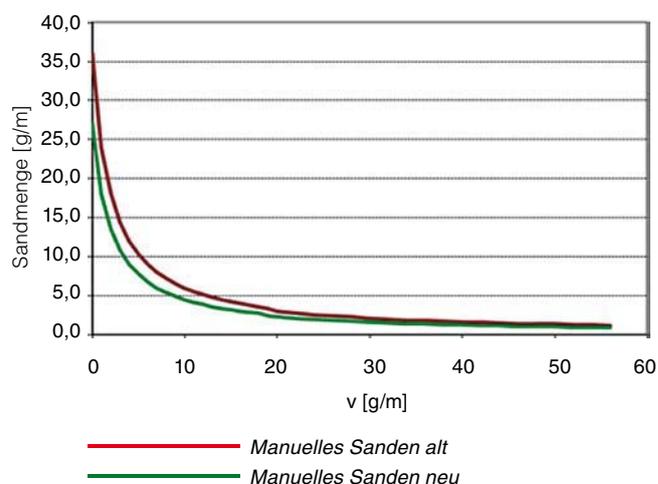
Dabei wird in der Regel geschwindigkeitsabhängig gesandet. Im unteren Geschwindigkeitsbereich, bei zirka 10 bis 15 km/h wird diese Funktion deaktiviert (bei einigen Anlagen bereits bei 18 km/h). Damit ist ausgeschlossen, dass Szenarien, die in den Versuchen zum Verlust der Gleisbesetzmeldung geführt haben, auftreten.

## Fazit

Bei Fahrzeug-Neubeschaffungen muss eine entsprechende Lösung Bestandteil der Anforderungen sein. Die im Einsatz befindlichen Gleisfreimeldeanlagen werden weit ins nächste Jahrzehnt noch im Einsatz bleiben. Die allergrößte Zahl der Triebfahrzeuge und Steuerwagen verfügt über Besandungsanlagen, welche derzeit auch im unteren Geschwindigkeitsbereich Sand auswerfen, und diesen in Mengen, bei denen die Schwelle von 5 g/m im untersten Geschwindigkeitsbereich überschritten wird. Mit dieser Konfiguration ist ein Ereignis nicht ausgeschlossen. Betroffen sind im Wesentlichen die Besandungsanlagen der Bauformen KM1 SP, SDN 14, SDN 31. Für diese Fahrzeuge muss eine Anpassung der Besandung bzw. der Sandmenge vorgenommen werden. Dabei ist darauf zu achten, dass der Schutz vor überlangen Bremswegen aufgrund von extremem Schmierfilm weiterhin gewährleistet ist.

Beim manuellen Sanden bis zum Stillstand des Fahrzeugs steigen die Sandmengen im unteren Geschwindigkeitsbereich extrem an und ergeben den Verlauf im nachfolgenden Diagramm. Dargestellt sind die Verlaufskurven bestehender Fahrzeuge „alt“ und Fahrzeuge mit reduzierter Sandmenge gemäß TSI „neu“. Beim manuellen Sanden wird mit nahezu jeder beliebigen Sandmenge jedoch der als kritisch anerkannte Wert von 5,0 g/m überschritten, wenn nur langsam genug gefahren wird.

### Sandmengen vs. Geschwindigkeit



Manuelles Sanden

## Maßnahmen

Es handelt sich hier ein klassisches „System“-Thema. Bei ungünstigen Reibwertbedingungen ist Sand zur Unterstützung des Bremsens erforderlich. Ergebnisse zum Beispiel aus Großbritannien haben gezeigt, dass ansonsten – bei sehr ungünstigen Reibwerten – Bremswege von mehreren Kilometern auftreten können. Alternativlösungen, zum Beispiel Aluminiumkorund als elektrisch leitendes Streumaterial (Versuche aus Japan) oder Druckluftstrahler als Streuersatz (Lok Re 4/4 der BLS), haben sich nicht durchsetzen können.

Eine Lösung kann nur unter Einbeziehung von Infrastruktur und Fahrzeugseite erfolgen. Es gilt sowohl die Sicherheit der Fahrzeugdetektion durch Gleisstromkreise als auch die Sicherheit der Bremswege zu erhöhen, also Optimierungen vorzunehmen, die auf beiden Seiten die Situation verbessern.

### Maßnahmen der Aufsichtsbehörde

Durch das EBA wurde bereits 2008 per Allgemeinverfügung angewiesen, dass Triebfahrzeugführer (Tf) sich nach Sanden bei unter 25 km/h bei einzeln fahrenden Lokomotiven und (einteiligen) Triebwagen beim Fdl zu melden haben. Diese Allgemeinverfügung wurde am 20. Dezember 2012 auf Zugkonfigurationen mit bis zu zehn Radsätzen erweitert. Am 8. und 12. August wurde das Melden an den Fdl per Ergänzung zu den Allgemeinverfügungen auf alle Zugkonfigurationen ausgedehnt. Allerdings beschränkt sich das EBA dabei auf Bremsvorgänge, Meldungen, wenn Züge beim Anfahren im unteren Geschwindigkeitsbereich sanden,

Anzeige



Walter Jonas

DB-Fachbuch

**Elektronische Stellwerke bedienen.**  
Der Regelbetrieb

2. überarbeitete Auflage, 07/2013  
296 Seiten, Paperback, Preis 49,90 Euro  
ISBN 978-3-943214-00-0

Dieses Fachbuch soll die verschiedenen Entwicklungsstufen der Elektronischen Stellwerke aufzeigen. Es wird Ihnen den Aufbau und die Funktionsweise der Elektronischen Stellwerke der Hersteller Siemens, Thales, Bombardier sowie Scheidt & Bachmann aufzeigen. Sie lernen in diesem Buch die Bedienoberfläche eines Elektronischen Stellwerks mit den herstellereigenen Besonderheiten kennen. Ihnen wird die Bedienung dieser verschiedenen Stellwerke im Regelfall vermittelt. Dazu gehören u.a. auch die Bedienungen im Streckenblock und an den Bahnübergängen. Ferner werden Besonderheiten bei der Bedienung der Stellwerke aus einer Betriebszentrale eingegangen.

Bestellen Sie das Fachbuch unter:  
[www.deine-bahn.de](http://www.deine-bahn.de)  
E-Mail: [office@bahn-fachverlag.de](mailto:office@bahn-fachverlag.de)

sind gemäß EBA-Verfügung nicht vorgesehen. Die aktuelle Verfügung des EBA (Stand 12. August 2013) lautet im Einzelnen:

Den Triebfahrzeugführern ist für Zug- und Rangierfahrten, bei denen Fahrzeuge mit aktiven Sandstreuereinrichtungen eingestellt sind, eine Handlungsanweisung mit folgendem Inhalt zu erteilen:

1. Bei Geschwindigkeiten von 25 km/h oder weniger ist das Sanden zur Unterstützung eines Bremsvorgangs oder zum Anhalten zu vermeiden. Die Bremsvorgänge sind deshalb bei den oben genannten Zug- und Rangierfahrten entsprechend früher einzuleiten, zum Beispiel in der Art, dass die Geschwindigkeit rechtzeitig vor dem Anhaltepunkt auf die niedrigste mögliche Fahrgeschwindigkeit begrenzt wird, von der aus das Fahrzeug dann mit einer Betriebsbremse mit geringer Bremskraft zum Stillstand gebracht werden kann.
2. Abweichend von Ziffer 1. ist die Sandstreuereinrichtung im Notfall jedoch zu betätigen, insbesondere wenn ein Unfall oder ein gefährliches Ereignis (zum Beispiel eine Vorbeifahrt am Haltsignal oder ein Auffahren auf andere Fahrzeuge) dadurch verhindert oder im Schadensausmaß reduziert werden kann.
3. Wurde die Sandstreuereinrichtung in Verbindung mit einem Anhalte- oder Bremsvorgang bei einer Geschwindigkeit von 25 km/h oder weniger dennoch betätigt oder ist davon auszugehen, dass sie durch eine automatische Einrichtung (zum Beispiel Gleitschutz) ausgelöst wurde, ist der Fahrdienstleiter hierüber sofort mit Ortsangabe des Sandstreuens zu verständigen. Gelingt die sofortige Kontaktaufnahme nicht, ist der Fahrdienstleiter unverzüglich mit einem Notruf zu rufen.

## UAK Sanden

Im April 2013 wurde ein Unterarbeitskreis des Lenkungs-kreises Fahrzeuge eingerichtet. In dieser Gruppe sind Vertreter der DB Netz AG und des Bremsenfachdienstes aus Minden sowie Vertreter der meisten für den deutschen Markt bedeutenden Fahrzeug- und Bremskomponentenlieferanten sowie das EBA, die Bundesnetzagentur, der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen und die EVU gemeinsam um eine Lösung bemüht. Dabei gilt es eine umsetzbare Lösung zu finden, soviel Sand wie nötig, aber so wenig wie möglich auszubringen. Zudem wird ein Vorschlag erarbeitet, der dann die Regelungen aus der TSI CCS (Technische Spezifikation für die Interoperabilität – Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung) ersetzen könnte. Gemäß diesem Vorschlag wird die Menge auszubringenden Sandes nicht pro Zeiteinheit limitiert, sondern pro Längeneinheit. Eine Arbeitshypothese ist, dass eine Menge von 5 g/m je Schienenstrang unkritisch ist. Mit längenproportionaler Ausbringung können einerseits die Anforderungen an optimale Nutzung des Radaufstandspunktes und damit optimale Übertragung der Brems- und Traktionskräfte sichergestellt werden. Andererseits wird eine Störung der Gleisfreimeldeanlage zuverlässig ausgeschlossen.

Damit wird für zukünftige Anlagen der Weg gewiesen. Für bestehende Anlagen kann eine Begrenzung der Mengen auf Werte, welche ein Einhalten der 5 g/m gewährleisten ein möglicher Lösungsweg sein. Dazu wird es erforderlich werden, im untersten Geschwindigkeitsbereich ggf. auf Sanden zu verzichten. Eine Risikobewertung sichert ein entsprechendes Vorgehen ab. ■