

Mit Meldelampen werden wichtige Zustände, wie Störungen, Türschliessung, Ventilation und Ähnliches, signalisiert sowie, durch akustische Einrichtungen ergänzt, Warnungen in Zusammenhang mit der Zugsicherung erteilt.

Neuere Triebfahrzeuge mit Leittechnik sind mit komfortablen Bildschirm-Anzeigesystemen im Führerraum ausgerüstet, die auch eine Fehlerdiagnose einschliessen. Die Möglichkeiten zur Information des Führers sind dabei praktisch unbeschränkt.

## 6.8 Die Sicherheitseinrichtungen

Durch die Sicherheitseinrichtungen sollen Unfälle im Bahnbetrieb verhindert werden. Der Aufwand für diese Einrichtungen variiert von Fall zu Fall stark und hängt in erster Linie von der Wichtigkeit der zu befahrenden Strecken und von der Höhe der Fahrgeschwindigkeit ab.

### *Fahrwegsicherung*

Das umfangreiche Gebiet der Fahrwegsicherung (Überwachung der Gleisbesetzung und der Weichenstellungen, gegenseitige Verriegelung zwischen den Signalen zur Erstellung einer sicheren Fahrstrasse) liegt ausserhalb der Triebfahrzeuge und übersteigt den Rahmen dieser Betrachtungen. Als Ausgang der Fahrwegsicherung werden dem Führer optisch über Hauptsignale Befehle zum Halten (rot) oder Warnungen zum Verlangsamten (gelb) erteilt, sowie die freie Fahrt (grün) bewilligt. Verschiedene Geschwindigkeitsbeschränkungen (grün/gelb-Kombinationen) kommen hinzu. Damit wird das sichere Befahren eines Streckenabschnittes (Block, Streckenblock) gewährleistet.

Der Führer muss die Signalstellung rechtzeitig wahrnehmen, um den Zug noch vor dem Signal anhalten zu können. Zu diesem Zweck werden in 400...1000 m Entfernung Vorsignale, die die Stellung der Hauptsignale anzeigen, aufgestellt. Der Abstand von 1000 m reicht bei mässigen Fahrgeschwindigkeiten bis etwa 160 km/h als Bremsweg aus. Höhere Geschwindigkeiten verlangen grössere Abstände, beispielsweise mindestens 1500 m für 200 km/h.

Bei Fahrgeschwindigkeiten über 160 km/h wird der notwendige Vorsignalabstand zu gross. Zudem wird eine eindeutige Erfassung des optischen Signals bei schlechten Sichtverhältnissen (Nacht, Nebel, Tunnel) fraglich. Die Problematik ist nur mit dauernder Übertragung der Signalstellung oder noch besser der Zielentfernung und der Zielgeschwindigkeit in das Triebfahrzeug zufriedenstellend zu lösen. Dazu steht in erster Linie eine im Gleis verlegte Doppelleitung, der *Linienleiter*, zur Verfügung. Die berührungslose induktive Ankoppelung erfolgt über die Fahrzeugantenne. Der Informationsübermittlung dienen Telegramme im Trägerfrequenzbereich von ca. 30...60 kHz, gelegentlich auch mit höheren Frequenzen.

Eine zentrale Rechnerstelle, über Linienleiter oder andere Geräte mit sämtlichen Zügen eines Streckenabschnittes in ständiger Verbindung, kann die ortsfesten Signale ersetzen. Der Rechner überwacht die Lage, die Geschwindigkeit und den Abstand der Züge, bestimmt unter Berücksichtigung des Bremsweges die zulässige Fahrgeschwindigkeit und überträgt die erforderlichen Angaben auf ein Anzeigergerät im Führerstand sowie an die Zugsicherung.

### *Zugsicherung und Sicherheitssteuerung*

Die Befehle der Fahrwegsicherung müssen selbstverständlich unbedingt befolgt werden. Bei einfachen Verhältnissen genügt die Wachsamkeit des Führers. Im allgemeinen ist eine besondere Überwachung unerlässlich.

Die seit langem benutzte so genannte *Totmanneinrichtung* hat die Aufgabe, den Zug bei Dienstunfähigkeit des Führers zum Stehen zu bringen. Der Führer muss während der Fahrt ständig ein Pedal oder eine Taste drücken. Diese sind so angeordnet, dass sie ihn nicht belästigen, jedoch mit grösster Wahrscheinlichkeit losgelassen werden, falls er ohnmächtig würde. Nach der Warnung folgt mit einer kleinen Verzögerung von ca. 5 s die Schnellbremsung.

Die *Sicherheitsfahrerschaltung* dient der *Wachsamkeitskontrolle* des Führers. Er muss in kürzeren Abständen, zum Beispiel spätestens nach 30 s Fahrzeit oder 1500 m Fahrweg eine Handlung vornehmen. Andernfalls wird der Zug, nach akustischer Warnung, durch Schnellbremsung angehalten [28].

Die Minimalanforderung an eine Zugsicherung ist die rechtzeitige akustische Warnung des Führers bei Signalstellung Halt. Diese erfolgt über Streckenmagnete am Vorsignal. Der Führer hat innerhalb kurzer Zeit über einen Schalter zu quittieren, dass er den Haltebefehl verstanden hat. Andernfalls erfolgt eine zwangsläufige Schnellbremsung. Nachteilig ist, dass damit die Überwachung abgeschlossen ist. Es kann vorkommen, dass der Führer quittiert und nicht reagiert. Eine eventuelle Zwangsbetätigung der Bremse bei Vorbeifahrt am Hauptsignal kommt zu spät.

Bedeutend besser ist die Geschwindigkeitsüberwachung, wie sie bei der Deutschen Bahn seit Jahren angewendet wird (Indusi). Drei Gleismagnete verschiedener Frequenz (1000, 500, 2000 Hz) wirken mittels Resonanz auf die Schaltung des fahrenden Triebfahrzeuges ein. Neben dem Quittieren erfolgen drei abgestufte Geschwindigkeitskontrollen [28].

Eine Weiterentwicklung ist die Zugüberwachungsanlage mit induktiver Übermittlung der erforderlichen Informationen (Zielentfernung, Zielgeschwindigkeit, Neigung der Strecke) in das Triebfahrzeug bei Vorbeifahrt am Vorsignal. Mit Hilfe der gespeicherten Zugparameter (Art, Masse, Bremsvermögen) rechnet sich damit das Triebfahrzeug den notwendigen Verlauf der Geschwindigkeit aus. Zur Überwachung des Bremsvorganges wird der vom Eingabepunkt durchfahrene Weg mit der Sollgeschwindigkeit verglichen.

Die *Linienzugbeeinflussung* mit der kontinuierlichen Geschwindigkeitsüberwachung über Linienleiter ist insbesondere für hohe Fahrgeschwindigkeiten eine bewährte Zugsicherung.

Die neueste Entwicklung ist das Zugbeeinflussungssystem ETCS.

Die Fahrzeugpositionierung über das Satellitensignal (GPS, Global Positioning System) könnte in Zukunft auch für die Zugsicherung verwendet werden. Entwickelt wird diese Möglichkeit in den USA [106].

### *Das Zugbeeinflussungssystem ETCS*

Die rasante Entwicklung digitaler Steuerungen, der Bedarf an vermehrter Sicherheit im Fahrbetrieb, insbesondere bei hohen Geschwindigkeiten, sowie der Wunsch mit einer einheitlichen europäischen Lösung den grenzüberschreitenden Verkehr zu erleichtern, haben zur Entwicklung des europaweiten *Zugbeeinflussungssystems ETCS* geführt.

ETCS (European Train Control System) ist modular aufgebaut, mit normierten Schnittstellen zur Informationsübertragung zwischen Strecke und Zug. Es sind hier zuerst drei Ebenen (Level) zu unterscheiden [107]:

Level 1: Konventionelle Streckensignale mit Fahrzeugsicherung, Zugsicherung und eventueller Geschwindigkeitsüberwachung. Punktuelle Informationsübertragung von der Strecke zum Fahrzeug über gleismagnetähnliche Geräte, so genannte *Eurobalisen*. Level 1 entspricht funktionsmässig dem bisherigen Stand der Technik.

Level 2: Die Streckensignale entfallen, die Fahrwegsicherung bleibt. Die Informationsübertragung zum Fahrzeug erfolgt über Funk. Die Eurobalisen im Gleis dienen der Zugortung. Die Informationen werden im Führerraum auf einem Bildschirm angezeigt.

Die wichtige Voraussetzung ist eine stabile Datenübertragung. Unter dem Namen GSM-R (Global System Mobile Communications Railways) wird das System entwickelt [108].

Level 3: Wie Level 2, jedoch Fahrwegsicherung ohne fixe Blockeinteilung, noch in Entwicklung.

ETCS Level 2 sollte bald einsatzbereit sein. In mehreren Ländern sind ausgedehnte Versuche im Gange. Das System soll zunächst auf Hochgeschwindigkeitsstrecken verwirklicht werden. Ausrüstung längerer Strecken, wie zur Zeit in der Schweiz vorgesehen, dürfen noch etliche Probleme bergen.

### *Die Bremsenrichtungen*

Die immer vorhandene mechanische Bremse, meistens als Druckluftbremse ausgeführt, ist die wichtigste Bremsenrichtung. Die elektrische Bremse sowie die eventuell in Zusammenhang mit den Bremssystemen stehenden Überwachungen gehören auch dazu.

Erwähnenswert ist die in den Strassenbahnwagen früher viel verwendete elektrische Betätigung der mechanischen Bremse über Elektromagnete, die meistens aus dem Bremsstromkreis der Fahrmotoren gespeist werden (*Solenoidbremse*).

Falls die Haftreibung zur Entwicklung der erforderlichen Bremskraft nicht genügt, müssen besondere Bremsenrichtungen eingebaut werden. Dies ist notwendig bei hohen Fahrgeschwindigkeiten, beim Befahren von grossen Gefällen (ab ca. 60 ‰) sowie für Notbremsungen bei Strassen- und Stadtbahnen.

Für diese Aufgabe wird im allgemeinen die *Magnetschienenbremse* eingesetzt. Die im Drehgestell elastisch aufgehängten Bremsmagnete werden bei Schnellbremsungen erregt. Sie pressen sich durch Magnetkräfte auf die Schiene und erzeugen Bremskraft durch Reibung. Die Erregung erfolgt aus der Fahrleitung, aus der Akkumulatorenatterie oder aus dem Stromkreis der elektrischen Bremse. Die Anpresskräfte betragen bis 120 kN pro Magnet [2].

Die Bremswirkung der Magnetschienenbremse nimmt bei abnehmender Geschwindigkeit zu. Sie soll nach Möglichkeit vor dem Stillstand abgeschaltet werden, um einen unangenehmen Halteruck zu vermeiden.

Die *lineare Wirbelstrombremse* ist eine Neuheit auf diesem Gebiet. Sie besteht aus mehreren Elektromagneten, die zur Bremsung erregt und mit einem Abstand von ca. 7 mm über die Schiene geführt werden, wobei in dieser verschleissfrei Wirbelströme erzeugt werden (Beispiele B. 18 und B. 25).

Beide Bremsen können auch mit Permanentmagneten versehen werden. Dann sind sie jedoch nicht mehr regulierbar (Beispiel 22).

#### *Besondere Sicherheitseinrichtungen*

Die Zahnradbahnen benötigen zusätzliche Sicherheitseinrichtungen. Sie werden im Abschnitt 8.4 besprochen.

#### *Berührungsschutz*

Ein Schutz gegen Berühren der unter Spannung stehenden Teile ist unerlässlich. Dazu gehören:

- Eine einwandfreie Betriebserdung über Erdungsbürsten der Stromrückleitung zu den Schienen.
- Schutzerdungen verschiedener Stromkreise (Fahrmotoren, Hilfsbetriebe, Akkumulatorenatterie).
- Ein Erdungsschalter für die Dachapparatur.
- Verriegelungen zu den abgeschlossenen Hochspannungsräumen, so dass diese nur bei gesenktem Stromabnehmer und eingelegtem Erdungsschalter zugänglich sind.
- Verschiedene Verschaltungen als Schutz gegen zufällige Berührung.
- Eventuell eine Erdungsstange zur Erdung der Fahrleitung bei Arbeiten auf dem Fahrzeugdach. Ihr Nutzen ist allerdings umstritten, weil sie bei unsachgemäßem Gebrauch für den Bedienenden gefährlich sein könnte. Sie kann auch schwere Kurzschlüsse verursachen. Deshalb ist sie, obwohl manchenorts noch verlangt, heute eher verboten.

Zur Vermeidung von Lagerschäden soll die Schutzerdung der Masse des Fahrzeuges über eigene Erdungsbürsten getrennt von der Betriebserdung erfolgen. Um im Störfall eine höhere Sicherheit zu erreichen, werden beide Erdungen über eine sättigbare *Erdungsdrosselspule* verbunden, die bei grösseren Fehlerströmen die Stromaufteilung auf alle Erdungsbürsten zulässt.