

In zehn Schritten zur optimalen Aufteilung der Gleisfreimeldeanlage

Durch ein systematisches Verfahren werden nur die notwendigen Gleisfreimeldegrenzen geplant – bei gleichzeitiger Erhöhung der betrieblichen Verfügbarkeit

ULRICH MASCHKE

Die Planung von Gleisfreimeldegrenzen – heute die Platzierung von Achszählpunkten, wovon im Folgenden ausgegangen wird – erfolgt bisher weitgehend unsystematisch; vielmehr ist die Erfahrung des LST-Planers maßgebend. Dabei werden meist zu viele Grenzen gesetzt, in seltenen Fällen auch zu wenige. Während überflüssige Grenzen „nur“ die Lebenszykluskosten erhöhen und die Verfügbarkeit verringern können, führen fehlende Grenzen dazu, dass die Anlage nicht in allen betrieblichen Situationen funktioniert. Im Fall von Letzteren muss nachgearbeitet werden, während Ersterer in der Regel unentdeckt bis zum Lebensende der Anlage ihre Nachteile ausspielen. Bereits in [1] wurde ein Verfahren zur systematischen Planung beschrieben, das in [2] um Aspekte der Verfügbarkeit erweitert wurde. Nach Konsolidierung und Weiterentwicklung wurde aus dem Verfahren ein für den Planer leicht anwendbares 10-Schritte-Programm entwickelt, nach dessen Anwendung auf eine Eisenbahninfrastruktur die optimal aufgeteilte Gleisfreimeldeanlage entsteht – mit nicht zu vielen und nicht zu wenigen Freimeldeabschnitten.

Anforderungen an die Aufteilung der Gleisfreimeldung

Die Festlegung der Freimeldegrenzen ist von einer Vielzahl teilweise gegensätzlicher Forderungen geprägt. An erster Stelle steht selbstverständlich die Gewährleistung der Sicherheit. Weiterhin muss die Funktionalität der Anlage gewahrt bleiben. Je mehr Freimeldegrenzen gesetzt werden, desto höher sind die Lebenszykluskosten (LCC) und die Verfügbarkeit der Freimeldeanlage sinkt. Doch nicht zwangsläufig

steigen damit auch die betriebliche Leistungsfähigkeit und Flexibilität.

Die Anforderungen wurden bereits ausführlich in [1] beschrieben und sollen deshalb hier nur noch einmal genannt werden. Weitere Erläuterungen dazu enthält auch [3].

- Sicherheit
 - Freimeldung aller Zugstraßenbestandteile
 - Freimeldung ferngestellter, beweglicher Fahrwegelemente
 - Sicherstellung des rechtzeitigen Signalhalts
- Funktionalität
 - Getrennte Freimeldung von Fahrstraßenbestandteilen
 - Getrennte Freimeldung von Teilfahrstraßenknoten
 - Gewährleistung der Auflöserreihenfolge
- Leistungsfähigkeit
- Verfügbarkeit
- Sonstige Anforderungen

Experiment: Wie hätten Sie geplant?

Bevor Sie diesen Beitrag weiterlesen, versuchen Sie es doch einmal selbst: Wie hätten Sie die Freimeldegrenzen ohne das systematische Verfahren geplant? Nehmen Sie den in Abb. 1 vereinfacht dargestellten Musterbahnhof nach Hand und tragen Sie alle Freimeldegrenzen in Form von Achszählpunkten ein. Alle Enden von Durchrutschwegen sind mit einem ausgefüllten Kreis auf dem Gleis gekennzeichnet. Der Bahnhof ist nicht elektrifiziert, sonstige betriebliche Anforderungen bestehen nicht.

Festlegung von Gleisfreimeldegrenzen

Um die Anforderungen in die Planung einer optimalen Gleisfreimeldeanlage umzusetzen, wurde das 10-Schritte-Programm als Arbeitshilfe entwickelt. Dabei wird ausschließlich der Makrostandort geplant; den Mikrostandort (z. B. Abstand zum Grenzzeichen) muss der Planer anhand der Richtlinien festlegen.

Oft übernehmen die festgelegten Freimeldegrenzen mehrere Aufgaben. Im Folgenden werden nun die einzelnen Schritte vorgestellt.

1. Grenze zu nicht freigemeldetem Bereich

Aufgrund der Forderungen der Sicherheit sind alle Hauptgleise und alle fernbedienten Fahrwegelemente mit einer Gleisfreimeldung auszurüsten. Nebengleise werden – bis auf Durchrutschwege und Flankenschutzräume – nicht freigemeldet. Das bedeutet, dass an allen Grenzen zu nicht freigemeldeten Bereichen eine Freimeldegrenze gesetzt wird (hellviolett in Abb. 2).

2. Fahrstraßenstart, -ziel, -zugschlussstelle

Um die Anforderungen der Funktionalität zu bedienen, bekommen eine Freimeldegrenze:

- Zug- und Rangierstraßenstart
 - Zugstraßenziel (außer bei Gleisabschluss)
 - Fahrstraßenzugschlussstelle
- Praktisch bedeutet das, dass an allen
- Haupt- und Zugdeckungssignalen,
 - Sperrsignalen, an denen
 - Rangierstraßen beginnen oder
 - Zugstraßen beginnen oder enden und
 - Rangierstraßenstarts ohne Signal eine Freimeldegrenze zu setzen ist (dunkelviolett in Abb. 2).

An der Fahrstraßenzugschlussstelle ist meist bereits durch den Fahrstraßenstart am Ausfahrtsignal der Gegenrichtung eine Freimeldegrenze vorhanden. Im Gleis 6 ist das nicht der Fall, weshalb hier eine Freimeldegrenze nur für die Fahrstraßenzugschlussstelle notwendig wird.

3. Teilfahrstraßenknoten

Um unabhängige Fahrten auf jedem Teilfahrstraßenknoten (nicht zu verwechseln mit Teilfahrstraßen, siehe [1]!) zulassen zu können, sind sie freimeldetechnisch abzugrenzen. Das bedeutet, dass an jeder Grenze eines Teilfahrstraßenknotens auch eine Freimeldegrenze zu planen ist (dunkelblau in Abb. 3).

Um festzustellen, wo sich Teilfahrstraßenknoten befinden, sind immer zwei benachbarte Weichen zu betrachten – unabhängig von den vorgesehenen Fahrstraßen. Sind gleichzeitige Fahrten über die beiden Weichen nicht möglich, handelt es sich um einen Teilfahrstraßenknoten, der keiner weiteren Unterteilung bedarf. Sind gleichzeitige Fahrten über beide Weichen möglich, handelt es sich um zwei Teilfahrstraßenknoten, die getrennt freigemeldet werden müssen (Beispiele in [1] und [3]).

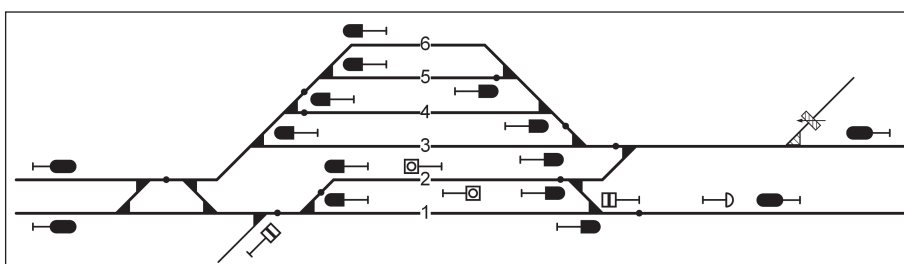


Abb. 1: Musterbahnhof ohne Gleisfreimeldegrenzen

In den meisten Fällen ergibt sich, dass Stumpf an Stumpf liegende Weichen zwei Teilfahrstraßenknoten bilden. Doch wie in [1] und [3] gezeigt, muss das nicht unbedingt so sein.

4. Gewährleistung der Auflöseereihenfolge

Aus der Zeit der Gleisstromkreise stammt die Forderung nach der kontinuierlichen Auflöseereihenfolge. Dazu müssen alle Teilfahrstraßen – deckungsgleich mit Freimeldeabschnitten – kontinuierlich in der Fahrtrichtung des Zuges besetzt und wieder freigefahren werden (Ausnahme: Zielgleis). Andernfalls lösen sie nicht auf, da eine Störung der Gleisfreimeldeanlage angenommen wird. Diese Funktionalität ist heute noch in der ESTW-Logik enthalten.

Auswirkungen auf die Anordnung der Gleisfreimeldegrenzen hat dies bei doppelten Gleisverbindungen. Würden dabei die in einem Gleis liegenden, stumpf aneinandergrenzenden Weichen (links in Abb. 3) gemeinsam freigemeldet – sie bilden gemeinsam einen Teilfahrstraßenknoten –, so käme es bei einer Umfahrstraße zu einer Auflösestörung. Abhilfe schafft eine zusätzliche Freimeldegrenze (hellblau in Abb. 3), die keine weitere Aufgabe hat, als eine Auflösestörung zu vermeiden. (Alternativ könnte auch darüber nachgedacht werden, die Stellwerkslogik derart zu ändern, dass auf die Prüfung der Auflöseereihenfolge verzichtet wird, da der ursächliche Grund bei Achszählern ohnehin entfallen ist.)

5. Durchrutschwegende und Gefahrpunkt

Durchrutschwege und Gefahrpunktstände müssen separat freigemeldet werden (rot in Abb. 4). Zur Optimierung der Gleisfreimeldeanlage – insbesondere zur Einsparung von Freimeldeabschnitten – kann die Tatsache genutzt werden, dass für einen Durchrutschweg durchaus mehr freigemeldet werden kann, als eigentlich erforderlich. Sofern sich daraus keine betrieblichen Behinderungen ergeben, kann auf eine Freimeldegrenze am Durchrutschwegende verzichtet und stattdessen die nächste, ohnehin vorhandene Freimeldegrenze (z.B. Grenze eines Teilfahrstraßenknotens) genutzt werden. Eventuell in der Überlänge liegende Weichen müssen dann für den Durchrutschweg nicht verschlossen, jedoch der Freimeldeabschnitt zwangsläufig freigehalten werden.

In der Regel ergeben sich dann keine betrieblichen Behinderungen, wenn sich die Spitze einer Weiche anschließt. Ein Beispiel dafür ist in der doppelten Gleisverbindung links in Abb. 4 zu sehen: Obwohl zwischen den Weichenspitzen ein Durchrutschweg endet, muss hier keine Freimeldegrenze gesetzt werden, da die anschließende Weiche betrieblich nicht sinnvoll nutzbar ist, solange der Durchrutschweg eingestellt ist. Gleiches gilt für den Durchrutschweg hinter dem rechten Ausfahrtsignal von Gleis 2. In allen anderen Fällen endet der Durchrutschweg am Grenzzeichen einer Weiche. Hier kann auf die Freimeldegrenze nicht verzichtet werden, denn der Verzicht führte zu betrieblichen Behinderungen.

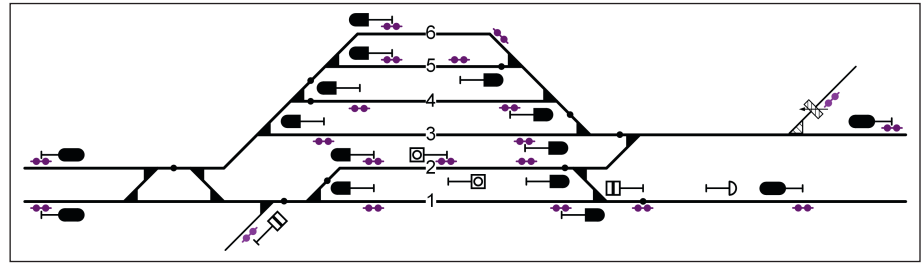


Abb. 2: Musterbahnhof mit Gleisfreimeldegrenzen nach Schritt 1 und 2

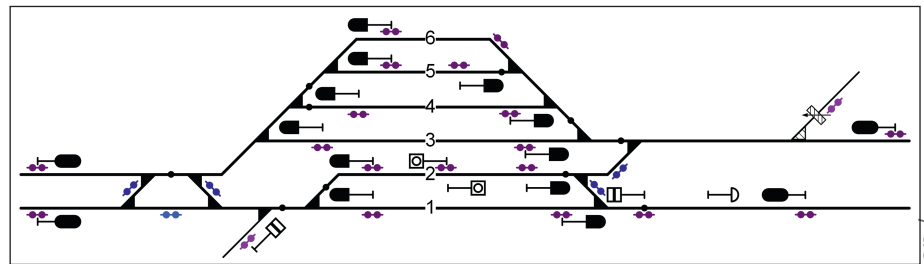


Abb. 3: Musterbahnhof mit Gleisfreimeldegrenzen nach Schritt 3 und 4

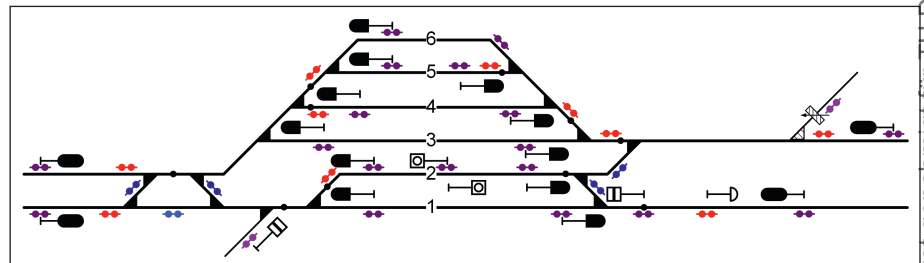


Abb. 4: Musterbahnhof mit Gleisfreimeldegrenzen nach Schritt 5

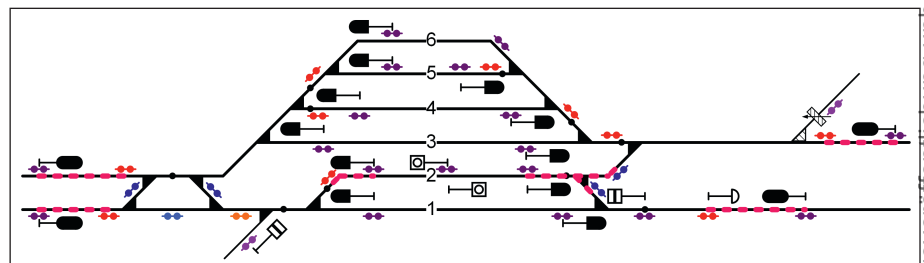


Abb. 5: Musterbahnhof mit Gleisfreimeldegrenzen nach Schritt 6 und 7

Da ein Gefahrpunktstand keine Weichen enthalten darf, gibt es diese Möglichkeit hier nicht. Am Gefahrpunkt ist immer eine Freimeldegrenze zu setzen.

6. Flankenschutzraum

Der Flankenschutzraum ist soweit wie möglich freizumelden. Meist ergibt sich die Freimeldegrenze am Ende des Flankenschutzraums automatisch:

- Signal: Anfang/Ende der Fahrstraße bzw. des freigemeldeten Bereichs
- Weiche: Trennung der Teilfahrstraßenknoten
- Gleissperre: Freimeldung ferngestellter Fahrwegenelemente bzw. Grenze des freigemeldeten Bereichs

In einem Sonderfall ist jedoch die Betrachtung notwendig: Wird wegen Zwieschutzes die Weitergabe des Flankenschutzes notwendig und ist das Ersatzschutzelement eine Weiche, muss zwischen der Zwieschutzweiche und der Ersatzschutzwei-

che eine Freimeldegrenze gesetzt werden, sofern noch keine vorhanden ist (orange in Abb. 5). Der Grund für eine eventuell bisher nicht vorhandene Freimeldegrenze ist, dass die beiden Weichen in einem Teilfahrstraßenknoten liegen.

7. Rechtzeitiger Signalhalt

Für die Haltstellung eines Hauptsignals sind bestimmte Längen von Freimeldeabschnitten hinter einem Hauptsignal zu beachten (pink in Abb. 5). Das betrifft Einfahr- und Blocksignale (max. 400 m) sowie Ausfahr- und Zwischensignale, vor denen mehrere Züge zur Abfahrt bereitstehen können (max. kürzeste Zuglänge). Letzteres trifft für Gleis 2 in Abb. 5 zu.

In der Regel werden diese Längen durch ohnehin geplante Freimeldegrenzen eingehalten, so auch in unserem Beispiel; dennoch ist zu prüfen, ob die Planung den Anforderungen entspricht. Ist das nicht der Fall, kann zumeist durch eine Verschiebung der nächsten Freimeldegrenze die Länge

eingehalten werden. Nur in Ausnahmefällen besteht die Notwendigkeit einer zusätzlichen Freimeldegrenze; alternativ kann auch ein Gleisschaltmittel vorgesehen werden.

8. Erhöhung der Leistungsfähigkeit (optional)

Wie in [1] gezeigt, lohnt es sich nur selten, zusätzliche Freimeldegrenzen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit vorzusehen. Dabei geht es vorrangig darum, Teilfahrstraßen früher aufzulösen, infolgedessen eine andere Fahrstraße früher gebildet werden kann. In vielen Fällen jedoch steht die Forderung der Flankenschutzraumfreiprüfung einer früheren Fahrstraßeneinstellung entgegen. Wenn eine zusätzliche Freimeldegrenze identifiziert wurde, die tatsächlich zur Betriebsbeschleunigung beiträgt, müssen die Kosten für den zusätzlichen Gleisfreimeldeabschnitt den Fahrzeitgewinnen gegenübergestellt werden. Hier kommt es auf das beabsichtigte Betriebsprogramm an. Gerade bei Taktfahrplänen mit geringen Pufferzeiten können auch Sekunden zur Stabilisierung des Betriebs beitragen. Bei zeitlich entzerrtem Betriebsprogramm, wie es bei Eisenbahnen im Mischbetrieb in der Regel der Fall ist, sind die entstehenden Lebenszykluskosten in vielen Fällen nicht zu rechtfertigen. Da eine eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchung für jeden Einzelfall zu aufwendig wäre, kann als Faustformel angenommen werden, dass ein Gewinn von mindestens 0,2 Minuten erreicht werden muss, damit überhaupt eine signifikante Wirkung eintritt (gilt nicht für S- und U-Bahnen mit dichtem Takt). Bis zum Erreichen der nächsten, ohnehin vorhandenen Freimeldegrenze müssen also mindestens 12 Sekunden vergehen; die tatsächlich benötigte Fahrzeit lässt sich leicht aus Abstand und örtlicher Geschwindigkeit errechnen.

Im Musterbahnhof ergibt sich bei Ausfahrt von Gleis 2 auf die Strecke oben rechts, dass die letzte fernbediente Weiche, die als Flankenschutzweiche für eine Einfahrt von unten rechts nach Gleis 2 umlaufen muss, erst nach dem Verlassen der ortsbedienten Weiche stellbar wäre. Beträgt im fraglichen Abschnitt ab der Spitze der ferngestellten Weiche die Fahrzeit mehr als 0,2 Minuten, so lohnt hier eine zusätzliche Freimeldegrenze (türkis in Abb. 6).

9. Erhöhung der Verfügbarkeit (optional)

In [2] wurde das Spannungsfeld zwischen Verminderung der Auswirkungen und Erhöhung der Anzahl von Gleisfreimeldestörungen durch zusätzliche Freimeldegrenzen ausgiebig untersucht. Im Ergebnis zeigte sich, dass es sinnvoll

ist, an allen Abzweigungen von durchgehenden Hauptgleisen eine Freimeldegrenze zur Erhöhung der Verfügbarkeit zu setzen, sofern noch keine Grenze vorhanden ist.

Im Musterbahnhof ist das nur an einer Stelle im linken Bahnhofskopf der Fall (grün in Abb. 6). An allen anderen dafür infrage kommenden Stellen befindet sich schon eine Freimeldegrenze.

10. Zusätzliche Forderungen

Bestehen zusätzliche betriebliche Anforderungen an die Gleisfreimeldung, die mit den bisherigen Schritten noch nicht abgedeckt sind, so gilt es, diese zu erfüllen. Solche Forderungen können z. B. die Freimeldung von Nebengleisen sein oder die weitere Unterteilung von Gleisen zur Erlangung einer besseren betrieblichen Übersicht. Derartige Forderungen müssen aber in der betrieblichen Aufgabenstellung formuliert sein.

Bei der Planung von Freimeldegrenzen kann eine Abstimmung mit den Schaltgruppen der Fahrleitungsanlage erforderlich werden. Zur Vermeidung von betrieblichen Einschränkungen sollen Freimeldegrenzen und Schaltgruppengrenzen deckungsgleich sein.

Auswertung

Und wie haben Sie geplant? Wenn Sie auf das gleiche Ergebnis (vgl. Abb. 6) gekommen sind, dann haben Sie intuitiv richtig geplant. Meist werden zu viele Freimeldeabschnitte gesetzt, deren Mehrkosten niemand hinterfragt. Sind es zu wenige, funktioniert die Anlage nicht in allen betrieblichen Situationen.

Wird das systematische Vorgehen angewandt, so entsteht die optimal aufgeteilte Gleisfreimeldeanlage, die weder zu viele noch zu wenige Freimeldegrenzen enthält. Sie bildet das Optimum aus betrieblicher Verfügbarkeit und Lebenszykluskosten. Jede Freimeldegrenze muss begründbar sein! Gibt es für eine Freimeldegrenze keine Begründung, kann sie entfallen.

Dem Autor ist die Freimeldeplanung einer S-Bahnstammstrecke bekannt, bei der die Freimeldung möglichst kleinteilig geplant wurde, im Glauben, dadurch eine besonders hohe Leistungsfähigkeit – die hier zweifellos notwendig ist – zu erzielen. Doch das Gegenteil ist der Fall: Durch mehr eingesetzte Technik kann mehr ausfallen, was sich negativ auf die betriebliche Verfügbarkeit auswirkt. Nur sehr wenige der zusätzlichen Freimeldegrenzen tragen tatsächlich zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit bei. Um diese zu identifizieren, müsste über jede dieser optionalen Grenzen mithilfe von

Zugfolgefällen nachgedacht werden. Dies zu tun, lohnt sich hier – und erfordert keine eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchung.

Spezialfall Durchrutschweg

Gelegentlich wird die Forderung erhoben, ein Durchrutschweg müsse an einer Gleisfreimeldegrenze enden. Diese Forderung ist kontraproduktiv und würde im Musterbahnhof drei zusätzliche Freimeldegrenzen und damit Freimeldeabschnitte mit sich bringen, davon zwei im durchgehenden Hauptgleis! Wie in [2] gezeigt, vermindern zusätzliche Unterteilungen im durchgehenden Hauptgleis die betriebliche Verfügbarkeit. Die zusätzlichen Investitionen betragen zwischen 50 000 und 100 000 EUR. Alternativ könnten die Durchrutschwege bis zur nächsten Freimeldegrenze verlängert werden; das jedoch erfordert Wahldurchrutschwege, die sonst vermieden würden.

Das Ende eines Durchrutschweges bzw. Gefahrpunktabstandes an einer Freimeldegrenze anstatt an einem anderen markanten Punkt hat noch einen weiteren wesentlichen Nachteil: Bei der visuellen Freiprüfung in der Rückfallebene ist ein Achszählpunkt kaum als markanter Punkt sichtbar, erst recht nicht bei problematischen Witterungsverhältnissen wie z. B. Schnee. Das Problem verschärft sich, wenn der neue faseroptische Achszähler zum Einsatz kommt, dessen Sensor noch viel weniger sichtbar ist als die bisherigen. Abhilfe könnte das Signal Ra 13 (Isolierzeichen) schaffen, was aber in der Regel nicht aufgestellt wird. Aus diesem Grund sollte im Regelfall immer ein gut sichtbarer markanter Punkt verwendet werden wie z. B. eine Weichenspitze oder ein Signal. Letzteres beinhaltet auch das Grenzzeichen, was theoretisch auch bei Schnee sichtbar sein muss.

Davon unbenommen bleibt die seit wenigen Jahren erhobene Forderung, dass ein Durchrutschweg zu 100 % seiner Solllänge freigemeldet werden muss. Doch die Auseinandersetzung mit dieser aus Sicht des Autors übertriebenen Forderung soll einer weiteren Veröffentlichung vorbehalten bleiben. ■

QUELLEN

[1] Maschek, U.; Trenchel, D.; Franke, J.: Ein systematisches Verfahren zur Festlegung von Gleisfreimeldegrenzen, DER EISENBANINGENIEUR, (62) Heft 3/2011

[2] Maschek, U.: Der Einfluss betrieblicher Verfügbarkeit auf die Planung von Gleisfreimeldegrenzen, DER EISENBANINGENIEUR, (64) Heft 2/2013

[3] Maschek, U.: Sicherung des Schienenverkehrs: Grundlagen und Planung der Leit- und Sicherungstechnik, 4., überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2018

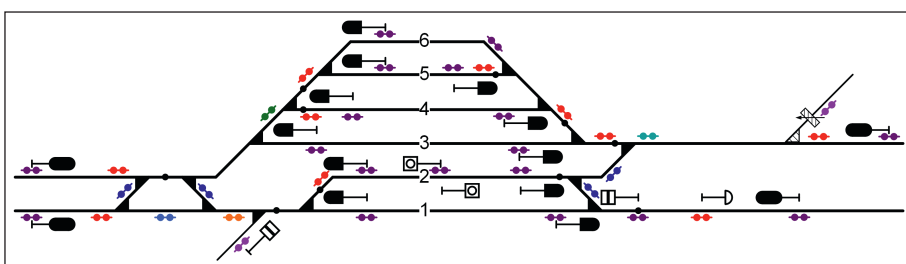


Abb. 6: Musterbahnhof mit endgültigen Gleisfreimeldegrenzen nach Schritt 8, 9 und 10



PD Dr.-Ing. habil. Ulrich Maschek

Wissenschaftlicher Oberassistent an der Professur für Verkehrssicherungstechnik, Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, TU Dresden
u.maschek@tu-dresden.de