

Algorithmus zur automatischen Platzierung von Gleisfreimeldegrenzen für LST-Planungswerkzeuge

Wie das systematische 10-Schritte-Verfahren auch in Planungswerkzeuge implementiert werden kann

ULRICH MASCHKE

Das in EI 1/2020 vorgestellte 10-Schritte-Verfahren zur optimalen Aufteilung der Gleisfreimeldeanlage [3] zielt auf die Anwendung durch den LST-Planer (LST, Leit- und Sicherungstechnik), der die Standorte der Gleisfreimeldegrenzen festlegt. Mit zunehmender Verbreitung von LST-Planungsprogrammen bietet es sich an, den Algorithmus zur Planungsunterstützung zumindest teilweise zu implementieren und damit den LST-Planer zu entlasten.

Intention

Das Untergewerk „Stellwerk“ wird fälschlicherweise oftmals als „LST“ bezeichnet, doch LST ist das Gewerk, das Untergewerke wie Stellwerk, Bahnübergang, ETCS oder ZN enthält. Mittlerweile existieren drei LST-Planungswerkzeuge, die das Untergewerk Stellwerk im PlanPro-Datenmodell befüllen können.

Intention für die Beschäftigung mit dem Thema sind die Präsentationen zweier derartiger Planungswerkzeuge, bei denen auch eine rudimentäre Planungsunterstützung durch automatische Anordnung von Gleisfreimeldegrenzen vorgestellt wurde. Interessanterweise verhielten sich die Werkzeuge teilweise völlig unterschiedlich und nahmen in keiner Weise auf das 10-Schritte-Verfahren Bezug. Dies ist sicherlich der noch frühen Entwicklungsphase zuzuschreiben, bei der zunächst die richtige Funktionalität und weniger die Planungsunterstützung im Fokus steht.

Beide Programme haben gemein, dass sie an jedem Standort eines Haupt-, Zugdeckungs- oder Sperrsignals sowie in definiertem Abstand von der Weichenspitze und vom Grenzzeichen eine Gleisfreimeldegrenze setzen. Regelmäßig werden damit zu viele Freimeldegrenzen gesetzt, die viel Nacharbeit des LST-Planers erfordern, der aber auch nur die offensichtlich falschen entfernen wird, wodurch meist zu viele Freimeldegrenzen geplant sind mit allen in [1, 2, 3] beschriebenen Nachteilen. Am Weichenstumpf setzen beide Programme in definiertem Abstand vom Grenzzeichen eine Freimeldegrenze. Wenn jedoch – wie bei

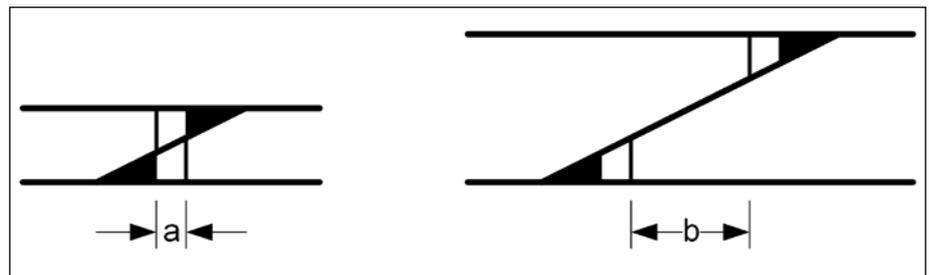


Abb. 1: Lage der Grenzzeichen bei einfacher Gleisverbindung, der Abstand a ist negativ, b ist positiv.

einfachen Weichenverbindungen häufig – der Abstand zum nächsten Grenzzeichen (Abb. 1) ein bestimmtes Maß (b) unterschreitet oder sogar negativ (a) wird, verhalten sie sich sehr unterschiedlich. Ein Programm verzichtet auf das Setzen einer Grenze (Abb. 2a), das andere setzt stur im definierten Abstand vom Grenzzeichen die Freimeldegrenzen (Abb. 2b). Beide Ergebnisse entsprechen nicht der üblichen Lösung (Abb. 2c) und verlangen Nacharbeit vom LST-Planer.

Das 10-Schritte-Verfahren zu implementieren, ist sicherlich möglich, verlangt aber relativ aufwendige Algorithmen, für die möglicherweise zurzeit keine Priorität bei der Weiterentwicklung der Planungswerkzeuge besteht. Deshalb soll an dieser Stelle ein Algorithmus in zwei Detaillierungsstufen entwickelt werden, der leicht zu implementieren ist und weit weniger Nacharbeit des LST-Planers verlangt, als beim aktuell implementierten Algorithmus.

Das 10-Schritte-Verfahren

In [3] ist das 10-Schritte-Verfahren ausführlich erläutert. Deshalb seien an dieser Stelle nur die zehn Schritte genannt, bei denen eine Gleis-

freimeldegrenze zu setzen ist, um die optimal geplante Gleisfreimeldeanlage zu erhalten:

1. Grenze zu nicht freigemeldeten Bereichen
 2. Fahrstraßenstart, -ziel, -zugschlussstelle
 3. Teilfahrstraßenknoten
 4. Gewährleistung der Auflöserreihenfolge
 5. Durchrutschwegende und Gefahrenpunkt
 6. Flankenschutzraum
 7. Rechtzeitiger Signalhalt
 8. Erhöhung der Leistungsfähigkeit (optional)
 9. Erhöhung der Verfügbarkeit (optional)
 10. Zusätzliche Forderungen
- Damit entsteht die optimal geplante Gleisfreimeldeanlage mit weder zu vielen noch zu wenigen Gleisfreimeldegrenzen.

Analyse der zehn Schritte für die detaillierte Variante

Die zehn Schritte sind nun darauf zu analysieren, wie sie – unter Nutzung des PlanPro-Datenmodells, dessen Nutzung im Folgenden vorausgesetzt wird – von einem Planungswerkzeug umgesetzt werden können. Es wird zunächst die detaillierte Variante erstellt und anschließend eine vereinfachte abgeleitet. Abb. 3 zeigt ein Beispiel, in dem jeder Freimeldegrenze zum



Abb. 2: Heutiger Umgang der Planungswerkzeuge mit einfachen Gleisverbindungen (a und b) und richtige Lösung (c)

THEMENSCHWERPUNKTE:

Ausgabe Nr. 2/24

14. Tiefbau-Fachtagung

26. EBA-Fachtagung

8. Symposium Eisenbahnbrücken und Konstruktiver Ingenieurbau

Kongress BIM in der Infrastruktur Verkehr&Energie

- Smarte Schienenmessung der Metro Barcelona
- Scannendes Robotersystem zur Gleiserfassung
- STRAILway 30
- Monitoring und Digitaler Zwilling der Fitalbrücken
- Doppelspurausbau Laufental: landschaftliche Einbindung und die ökologische Vernetzung
- Langenthal: Bau einer neuen Stadtverbindung unter Bahnbetrieb

Anzeigenschluss: 11.1.24

Erscheinungstermin: 9.2.24

Ausgabe Nr. 3/24

Offizielles Tagungsheft
zur 65. Oberbaufachtagung des VDEI

- Die neue Continuous Tamping Robot 4.0
- Feste Fahrbahn bei der Tunnelsanierung von Schmalspurbahnen
- Einführung von NXO-Net3
- Machine Condition Monitoring
- Internationale Baukoordination
- Einsatzmöglichkeiten der KI als Unterstützung in der digitalen Bestandserfassung

Anzeigenschluss: 12.2.24

Erscheinungstermin: 12.3.24

Ausgabe Nr. 4/24

- Erschütterungsschutz in der Schweiz
- Schallmesswagen
- BIM Entwicklung und Umsetzung bei Bahntechnik
- Montage und Betrieb von ITK-Anlagen im Umfeld der Bahnstrom-Rückführung

Anzeigenschluss: 11.3.24

Erscheinungstermin: 10.4.24

besseren Verständnis für jeden realisierten Schritt eine Farbe zugeordnet ist. Bei Freimeldegrenzen, die bei mehreren Schritten zu setzen wären, ist immer die Farbe des Schrittes angegeben, bei der sie zuerst realisiert wird.

1. Grenze zu nicht freigemeldeten Bereichen (hellviolett)

Nebengleise werden nicht freigemeldet, außer sie beinhalten ferngestellte Fahrwegelemente oder sind Bestandteil eines Durchrutschwegs bzw. Flankenschutzraums (ohne Flankenschutzelement). Es müssen also alle Schnittstellen zwischen Neben- und Hauptgleisen gefunden werden. Daraufhin ist eine Fallunterscheidung zu treffen.

- Folgt auf die Weiche im Nebengleis ein Gleisabschluss und ist auf dem Weichenschenkel „Flankenschutzverzicht“ geplant, handelt es sich um eine ausschließliche Flankenschutzweiche („Schutzstummel“), und es ist keine Freimeldegrenze zu setzen.
- Schließen sich an die Schnittstellenweiche noch eine oder mehrere ferngestellte Weichen und/oder fern- oder ortsgestellte Gleissperren an oder erstreckt sich ein Durchrutschweg in das Nebengleis, ist die Freimeldung entsprechend zu erweitern, d.h. die Freimeldegrenze entsprechend in das Nebengleis zu verschieben.
- Schließt sich ein Sperrsignal an, ist nichts weiter zu tun, hier sorgt dann der Schritt 2 für die Freimeldegrenze. Dies gilt auch für Signale, die sich direkt an der Grenze Haupt-/Nebengleis befinden (z.B. bei Einfahrgleisen von Güter-/Rangierbahnhöfen).
- In allen anderen Fällen wird nach der das Nebengleis anschließenden Weiche eine Freimeldegrenze im Nebengleis gesetzt.

2. Fahrstraßenstart, -ziel, -zugschlussstelle (dunkelviolett)

Fahrstraßenstarts und -ziele, die eine Freimeldegrenze erhalten, werden dadurch gefunden, dass dies an allen Haupt-, Zugdeckungs- und Sperrsignalen (auch fiktive Signale, z.B. bei Rangierstraßenstart ohne Signal) sowie Rangierhalttafeln geschieht. Auch wenn ein Sperrsignal weder Start noch Ziel einer Fahrstraße ist, wird dennoch eine Freimeldegrenze gesetzt.

Fahrstraßenzugschlussstellen sind in den meisten Fällen durch das Ausfahrtsignal der Gegenrichtung abgedeckt. Sollte es in Gegenrichtung kein Ausfahrtsignal geben, muss in Wirkrichtung des Ausfahrtsignals rückwärts die nächste Weiche gesucht und vor dieser eine Freimeldegrenze – unter Beachtung des Streckenschutzes – gesetzt werden. Der Algorithmus funktioniert nicht bei Mittelweichen, doch müssen diese ohnehin manuell angepasst werden. Wenn allerdings der Fall Mittelweiche häufiger auftritt als der Fall „ohne Ausfahrtsignal der Gegenrichtung“, kann dieser seltene Fall auch unberücksichtigt bleiben und manuell bearbeitet werden.

3. Teilfahrstraßenknoten (blau)

Um festzustellen, wo sich Teilfahrstraßenknoten befinden, sind immer zwei benachbarte Weichen zu betrachten, von denen mindestens eine ferngestellt sein muss. Sind gleichzeitige Fahrten über beide Weichen möglich, handelt es sich um zwei Teilfahrstraßenknoten, die getrennt freigemeldet werden müssen [1, 3]. Dieses algorithmisch herauszufinden, ist möglich, aber aufwendig. Die allermeisten Fälle lassen sich wesentlich einfacher finden: Stoßen zwei Weichen stumpf an stumpf aneinander, handelt es sich um zwei Teilfahrstraßenknoten, die freimeldetechnisch zu trennen sind. Befindet sich zwischen beiden bereits mindestens eine Freimeldegrenze, ist nichts weiter zu tun, ansonsten ist in der Mitte der Verbindung eine Freimeldegrenze zu setzen. Lediglich ein Spezialfall ist damit nicht abgedeckt: die doppelte Gleisverbindung. Da aber bei der doppelten Gleisverbindung ohne Kreuzung ohnehin eine Freimeldegrenze zur Gewährleistung der Auflöserreihenfolge (Punkt 4) gesetzt werden muss, verbleibt nur noch die doppelte Gleisverbindung mit Kreuzung, die dann manuell angepasst werden muss.

4. Gewährleistung der Auflöserreihenfolge (blau)

Die Freimeldegrenze zur Gewährleistung der Auflöserreihenfolge ist bereits im Algorithmus „Teilfahrstraßenknoten“ enthalten.

5. Durchrutschwegende und Gefahrpunkt (gelb)

Da die Planung der Signale vor der Planung der Gleisfreimeldung stattfindet, müssen bereits Durchrutschwege und Gefahrpunktabstände berücksichtigt worden sein. Da nunmehr der Durchrutschweg zu 100 % seiner Soll-Länge freigemeldet werden muss, ist bei der vom Durchrutschweg abhängigen Standortermittlung zu berücksichtigen, dass z.B. beim Abstand zum Grennzeichen in der Regel 6 m zuzuschlagen sind. Mittels der vorhandenen Daten können alle Durchrutschwegenden (in Abb. 3 und 4 mit einem ausgefüllten schwarzen Kreis markiert) und Gefahrpunkte ermittelt werden. An allen Gefahrpunkten ist eine Freimeldegrenze anzuordnen, sofern noch keine vorhanden ist, wie z.B. an der Rangierhalttafel. Bei Durchrutschwegenden ist mithilfe der PlanPro-Daten eine Fallunterscheidung zu treffen (im Musterbahnhof vorkommende Fälle sind in Abb. 3 gekennzeichnet): Liegt es

- an einem Signal, ist bereits eine Freimeldegrenze vorhanden.
- in Fahrtrichtung vor dem Grennzeichen einer Weiche, ist im entsprechenden Abstand vor dem Grennzeichen eine Freimeldegrenze zu setzen, sofern noch keine vorhanden ist.
- in Fahrtrichtung vor der Spitze einer Weiche, ist keine Freimeldegrenze zu setzen.
- in Fahrtrichtung nach dem Grennzeichen einer Weiche (nicht sinnvoll aber möglich) oder in Fahrtrichtung nach der Spitze einer Wei-

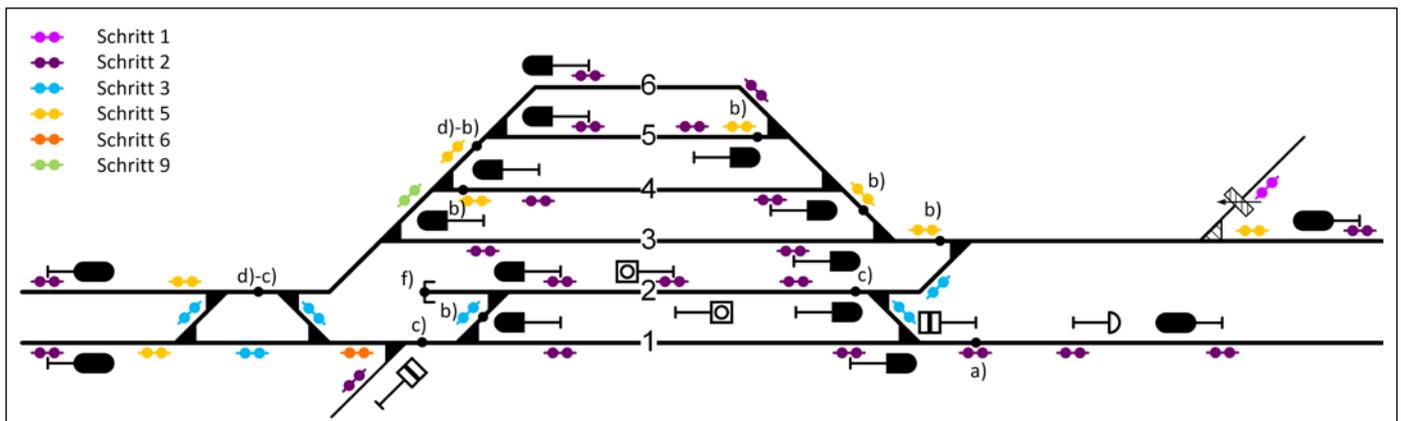


Abb. 3: Gesetzte Freimeldegrenzen nach dem detaillierten Verfahren mit farbiger Markierung der Schritte und Fallbezeichnung der Behandlung von Durchrutschwegenden (Schritt 5)

che, ist das folgende Element zu suchen und dort der Algorithmus ab a) zu durchlaufen.

e) an einer Gleissperre, ist im entsprechenden Abstand eine Freimeldegrenze zu setzen, sofern noch keine vorhanden ist. Je nach örtlicher Situation kann hier eine Nacharbeit für den Mikrostandort notwendig werden.

f) an einem Gleisabschluss, ist keine Freimeldegrenze zu setzen.

g) an einer bisher nicht genannten Stelle, ist eine Freimeldegrenze zu setzen, sofern noch keine vorhanden ist.

6. Flankenschutzraum (orange)

Der Flankenschutzraum ist nur in einem Sonderfall zu berücksichtigen: Wenn eine Zwieschutzweiche, auch nach Weitergabe, einen Ersatzschutz durch eine andere Weiche bekommt, ist vor der letztendlich Flankenschutz gebenden Weiche eine Freimeldegrenze zu setzen, sofern noch keine vorhanden ist. Hierfür müssen die Daten des Flankenschutzes ausgewertet werden.

7. Rechtzeitiger Signalhalt

Ist der Freimeldeabschnitt nach einem Signal zu lang, um einen rechtzeitigen Signalhalt zu ermöglichen, sind mehrere Optionen möglich, die durch den LST-Planer gewählt werden sol-

len, weshalb hierfür kein Algorithmus erstellt wird. Gegebenenfalls kann das Planungswerkzeug oder die Plausibilitäts- und Zulässigkeitsprüfung (PlaZ) im PlanPro-Werkzeugkoffer auf eine zu große Länge des Freimeldeabschnitts hinweisen.

8. Erhöhung der Leistungsfähigkeit (optional)

Zur Entscheidung, ob Freimeldegrenzen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit benötigt werden, ist das Betriebsprogramm zu bewerten. Dies soll weiterhin dem LST-Planer ggf. in Abstimmung mit dem Betrieb vorbehalten bleiben.

9. Erhöhung der Verfügbarkeit (optional, grün)

Zur Erhöhung der Verfügbarkeit ist es sinnvoll, an allen Abzweigungen vom durchgehenden Hauptgleis eine Freimeldegrenze zu setzen, sofern noch keine vorhanden ist [2]. Die Information, ob ein Gleis ein durchgehendes Hauptgleis ist, ist in den PlanPro-Daten vorhanden und kann somit ausgewertet werden.

10. Zusätzliche Forderungen

Die Umsetzung zusätzlicher Forderungen, die zu weiteren Gleisfreimeldegrenzen führen,

bleiben dem LST-Planer vorbehalten, weil diese in den PlanPro-Daten nicht enthalten sind.

Vereinfachte Variante

Da die Umsetzung der beschriebenen Algorithmen einen gewissen Aufwand in der Implementation bedeutet, soll ein noch weiter vereinfachtes Verfahren vorgestellt werden, das weniger Implementierungsaufwand, allerdings deutlich mehr Nacharbeit durch den LST-Planer benötigt. Das vereinfachte Verfahren besteht nur aus zwei Schritten: Eine Freimeldegrenze wird gesetzt

1. an allen Haupt-, Zugdeckungs- und Sperrsignalen sowie Rangierhalttafeln und
2. sofern nicht im noch festzulegenden Abstand (z.B. 30 m) ein Signal folgt, an allen Grennzeichen von Weichen im Standardabstand; Gleisverbindungen sind gesondert zu behandeln (siehe unten).

Hierbei werden mehr Freimeldegrenzen gesetzt, als in der detaillierten Variante. Ein wesentlicher Unterschied der vereinfachten Variante zur heute implementierten Variante ist, dass an einer Weichenspitze keine Freimeldegrenze gesetzt wird. Das ist auch nicht notwendig: Soll über die Weiche umgesetzt werden, befindet sich dort in der Regel ein Startsignal (ggf. fiktiv), das bereits eine Freimeldegrenze beinhaltet. Bei Durch-

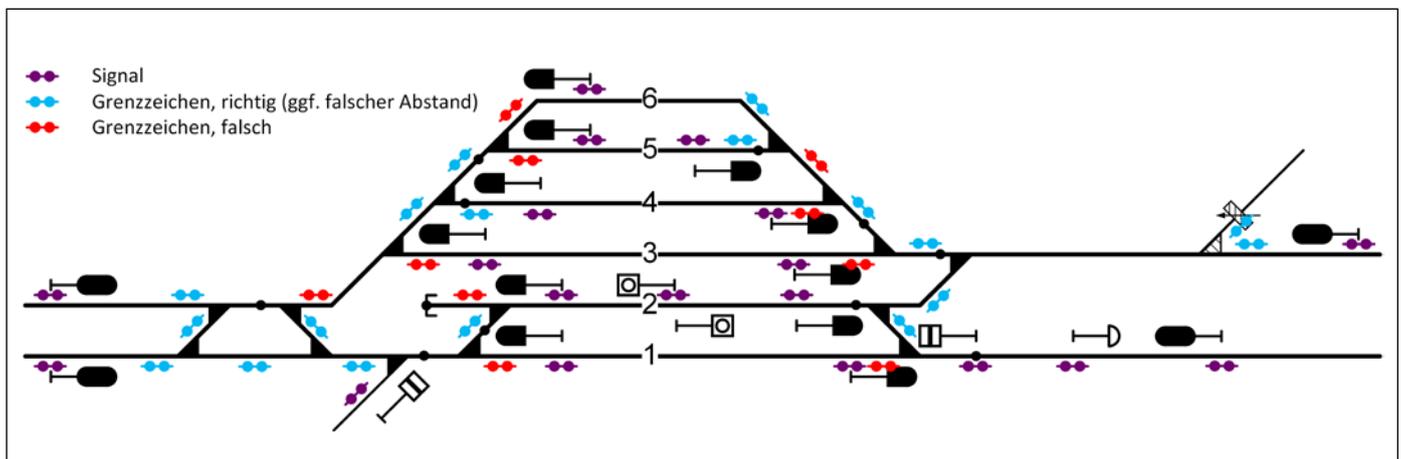


Abb. 4: Gesetzte Freimeldegrenzen nach dem vereinfachten Verfahren mit farbiger Markierung der zwei Schritte sowie der überflüssigen Grenzen

rutschwegenden wird die nächste, ohnehin vorhandene Freimeldegrenze verwendet, was bei der Weichenspitze nicht betrieblich behindernd wirkt [1, 2].

Abb. 4 zeigt das Ergebnis des vereinfachten Verfahrens. Alle rot dargestellten Freimeldegrenzen, immerhin etwa jede fünfte, sind zu viel gesetzt und müssen manuell entfernt werden. Da fraglich ist, ob der LST-Planer nach so einer automatischen Planung noch das 10-Schritte-Verfahren durchführen wird, steht zu befürchten, dass nicht alle überflüssigen Freimeldegrenzen entfernt werden.

Spezialfall Gleisverbindung

Bei einer einfachen Gleisverbindung stoßen zwei Weichen mit ihrem Weichenstumpf aneinander (Abb. 1). Der Abstand der Grenzzeichen zueinander kann stark variieren und ist oft negativ (überlappende Grenzzeichen bei kleinem Gleisabstand). Sowohl in der detaillierten als auch in der vereinfachten Variante muss implementiert werden, dass im Fall des Platziens einer Freimeldegrenze am Grenzzeichen, bei dem das nächste Element ebenfalls ein Grenzzeichen ist, hier zwischen beiden nur eine Freimeldegrenze platziert wird, sowohl bei positivem (b) als auch bei negativem (a) Abstand. Zur Optimierung kann der LST-Planer

den Mikrostandort noch anpassen. Wesentlich ist, dass hier eine Freimeldegrenze vorgesehen wird. Sonderfälle, wie z. B. redundante Freimeldungen, die zwei Achszählpunkte benötigen, sind ohnehin manuell zu bearbeiten.

Bildung von Gleisfreimeldeabschnitten

Die Bildung von Gleisfreimeldeabschnitten geschieht schon heute automatisch durch die Planungswerkzeuge. Hier ist noch zu implementieren, dass Nebengleise, die keine ferngestellten Fahrweegelemente, Durchrutschwege und Flankenschutzräume beinhalten, nicht freigemeldet werden. Sollte der seltene Fall eintreten, dass es betrieblich bestellt ist, kann der LST-Planer die Freimeldung manuell festlegen (Schritt 10).

Schlussbemerkungen

Sowohl die detaillierte als auch die vereinfachte Variante führen, unter Beachtung des Spezialfalls Gleisverbindung, zu besseren Ergebnissen als mit der heutigen Planungsunterstützung. Da die vereinfachte Variante im herangezogenen Beispiel noch ca. 20 % mehr Freimeldegrenzen erzeugt als notwendig, sei den Herstellern der Planungswerkzeuge ans Herz gelegt, die detaillierte Variante zu implementieren. Hier bleibt nur noch wenig Nacharbeit für den LST-Planer, wie zur Gewährleistung des rechtzeitigen Si-

gnalhalts, ggf. sinnvoller Erhöhung der Leistungsfähigkeit sowie Realisierung zusätzlicher betrieblicher Forderungen. Damit wird die Planung der optimalen Gleisfreimeldeanlage noch leichter möglich werden. ■

QUELLEN

- [1] Maschek, U.; Trensche, D.; Franke, J.: Ein Systematisches Verfahren zur Festlegung von Gleisfreimeldegrenzen, DER EISENBAHNINGENIEUR 3/2011
 [2] Maschek, U.: Der Einfluss betrieblicher Verfügbarkeit auf die Planung von Gleisfreimeldegrenzen, DER EISENBAHNINGENIEUR 2/2013
 [3] Maschek, U.: In zehn Schritten zur optimalen Aufteilung der Gleisfreimeldeanlage, DER EISENBAHNINGENIEUR 1/2020

VDEI *Fachausschuss*

SICHERUNGSTECHNIK,
INFORMATIK UND KOMMUNIKATION



PD Dr.-Ing. habil. Ulrich Maschek

Kommissarischer Leiter
 Professur f. Verkehrssicherungstechnik
 Fakultät Verkehrswissenschaften
 „Friedrich List“, TU Dresden
 ulrich.maschek@tu-dresden.de

DIGITALE FACHMEDIEN KOSTENLOS FÜR STUDENTEN

Unverzichtbar
im Studium

In wenigen Schritten zur erstklassigen Fachliteratur:

- ▶ 1. Probeabonnement bestellen
- ▶ 2. Studienbescheinigung vorlegen
- ▶ 3. Sechs Monate vollumfänglich nutzen.
Das Abonnement endet automatisch.

Jetzt kostenlos anfordern:

www.eurailpress.de/studentenangebot