

Eine zeitgemäße Sichtflächenberechnung für Bahnübergänge

Die TU Dresden untersuchte die Berechnungsgrundlagen in den gültigen Regelwerken auf Passfähigkeit zu heutigen Verkehrsverhältnissen und wissenschaftlichen Erkenntnissen.



Abb. 1: Sichtflächen an einem nichttechnisch gesicherten BÜ

Eric J. Schöne
Nina J. Schreiber

Ausgangssituation

Bei den öffentlichen Eisenbahnen in Deutschland existieren noch etwa 12 000 Bahnübergänge (BÜ) ohne technische Sicherung [1]. Ausreichend bemessene Sichtflächen (Abb. 1) sind dabei ein wesentlicher Baustein der Sicherheit. Sie bilden eine Voraussetzung für das regelkonforme Verhalten der Straßenverkehrsteilnehmer, indem sie ihnen die richtige Entscheidung zwischen Anhalten und Durchfahren ermöglichen. Deshalb müssen die Berechnungsvorschriften für Sichtflächen zu den tatsächlichen fahrdynamischen Abläufen passen, wobei stets auch der ungünstigste anzunehmende Fall im Zusammenspiel der Infrastruktur- und Fahrzeugeigenschaften berücksichtigt werden muss.

Die ersten bekannten Regeln zur Sichtflächenberechnung stammen aus dem Jahr 1930 [2] und erfolgten auf Grundlage der

1928 neu erlassenen Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung [3] vor dem Hintergrund des zunehmenden Kraftfahrzeugverkehrs. Sie wurden 1942 inhaltlich leicht verändert und formal neu gefasst [4]. Nach dem Zweiten Weltkrieg und der deutschen Teilung übernahm die Deutsche Reichsbahn 1952 die Inhalte dieser Vorschrift für das Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik weitgehend unverändert [5]. Im Jahr 1969 erfolgte eine Neuregelung in Form eines Standards [6], der in den Jahren 1977 und 1985 nochmals weiterentwickelt wurde [7].

In der Bundesrepublik Deutschland blieben die Vorkriegsregelungen zunächst ebenfalls weitgehend erhalten und wurden 1960 in eine allgemeine BÜ-Richtlinie der Deutsche Bundesbahn übernommen [8]. Aufgrund wesentlicher Änderungen der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung 1967 [9] erschien 1969 eine gesonderte Richtlinie für Sichtflächen [10], die 1973 wieder mit den allgemeinen Regeln für BÜ zusammengeführt wurde [11]. Im Jahr

1974 gab der Bundesverband Deutscher Eisenbahnen erstmals eine eigene BÜ-Vorschrift für nichtbundeseigene Eisenbahnen heraus [12], um den dort unterstellten „größtenteils vereinfachten Verhältnissen [...] so gut wie möglich Rechnung“ zu tragen [13].

Nach dem Beitritt der Deutschen Demokratischen Republik zur Bundesrepublik Deutschland galten die Vorschriften von Deutscher Bundesbahn und Deutscher Reichsbahn zunächst parallel weiter, bevor 1994 eine einheitliche BÜ-Vorschrift der Deutschen Bahn erschien [14]. Heute gilt für die nichtbundeseigenen Eisenbahnen die zuletzt 2001 neu gefasste Vorschrift des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen [15], während für die Eisenbahnen des Bundes die zuletzt 2008 wesentlich überarbeitete Richtlinie der DB Netz maßgebend ist [16]. Um die praktischen Auswirkungen aufzuzeigen, stellt Tab. 1 beispielhaft zwei elementare Ergebnisse der Sichtflächenberechnung im historischen Verlauf dar. Dabei handelt es sich um die Annäherungsstrecken (d. h.

die Längen der Sichtflächen entlang des Gleises) für das langsamste anzunehmende Kraftfahrzeug und für Fußgänger. Es ist zu beachten, dass insbesondere die neueren Regelwerke nicht unmittelbar die angegebenen Zahlenwertgleichungen enthalten, sondern diese aus Größengleichungen oder Wertetabellen abgeleitet wurden. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, liegen jedoch identische Randbedingungen (eingleisige Strecke, rechtwinklige Kreuzung) zugrunde. Bemerkenswert sind folgende Tatsachen:

1. Die Berechnungen der BÜ-Sichtflächen für Kraftfahrzeuge sind seit etwa 50 Jahren nahezu unverändert, obwohl sich Kraftfahrzeugtechnik, Regelwerke für den Straßenverkehr und wissenschaftlicher Erkenntnisstand zweifellos erheblich weiterentwickelt haben.
2. Die Sichtflächenberechnung für Fußgänger, die bei sonst identischen Bedingungen vor allem von der Gehgeschwindigkeit bestimmt wird, variierte im Laufe der Geschichte deutlich, obwohl nicht von einer wesentlichen Veränderung dieser Geschwindigkeit auszugehen ist.
3. Die heute geltenden Berechnungen unterscheiden sich zwischen den Eisenbahnen des Bundes und nichtbundeseigenen Eisenbahnen, obwohl die Eigentumsverhältnisse einer Bahnstrecke in keinem Zusammenhang mit den Eigenschaften des Straßenverkehrs stehen.

Während die den Berechnungen zugrunde liegenden Annahmen in den älteren Regelwerken kaum dokumentiert waren, stellen heute zumindest die Regelwerke der Eisenbahnen des Bundes diese Parameter weitge-

Geltungsbereich/ Regelwerk	Quelle	Jahr	Annäherungsstrecke s_a für	
			langsame Kraftfahrzeuge	Fußgänger
Deutsches Reich				
Richtlinien zur Beurteilung der Übersichtlichkeit von unbeschränkten Wegübergängen in Schienenhöhe (RÜW)	[2] [4]	1930 1942	$5,0 * v_E$	$2,5 * v_E$
Deutsche Demokratische Republik				
Richtlinien zur Beurteilung der Übersichtlichkeit von ungesicherten Wegübergängen in Schienenhöhe (RÜW)	[5]	1952	$5,0 * v_E$	$2,5 * v_E$
Fachbereichsstandard Sichtverhältnisse an Wegübergängen (TGL 24 337)	[6]	1969		
Fachbereichsstandard Sichtverhältnisse an höhengleichen Kreuzungen von Straßen oder Wegen mit Gleisen (TGL 24 337)	[7]	1985		
Bundesrepublik Deutschland bis 1990				
Richtlinien für die Sicherung von Bahnübergängen (DV 815)	[8]	1960	$5,0 * v_E$	$2,0 * v_E$
Richtlinien für die Übersicht auf die Bahnstrecke	[10]	1969	$4,2 * v_E$	$1,7 * v_E$
Bahnübergangsvorschrift (BÜV, DV 815)	[11]	1973		
Bahnübergangsvorschrift für nichtbundeseigene Eisenbahnen (BÜV-NE)	[12]	1974		$1,5 * v_E$
Bundesrepublik Deutschland ab 1990				
Bahnübergänge entwerfen und instandhalten (DS 815)	[14]	1994	$4,2 * v_E$	$1,8 * v_E$
Bahnübergangsvorschrift für nichtbundeseigene Eisenbahnen (BÜV-NE)	[15]	2001		
Bahnübergänge planen und instand halten (Ril 815)	[16]	2008		$1,8 * v_E$
Einheiten in den Zahlenwertgleichungen: s_a – Annäherungsstrecke (m), v_E – Geschwindigkeit der Eisenbahnfahrzeuge (km/h)				

Tab. 1: Beispiele zu Annäherungsstrecken im historischen Verlauf

hend transparent dar. Allerdings liegen für viele Werte keine Herleitungen oder Begründungen vor; teilweise widersprechen sie auch anderen Regelwerken. Vor diesem Hinter-

grund hat die vorliegende Studie das Ziel, die heute zur Sichtflächenberechnung verwendeten Annahmen zu prüfen und bei Bedarf konkrete Aktualisierungen zu empfehlen.

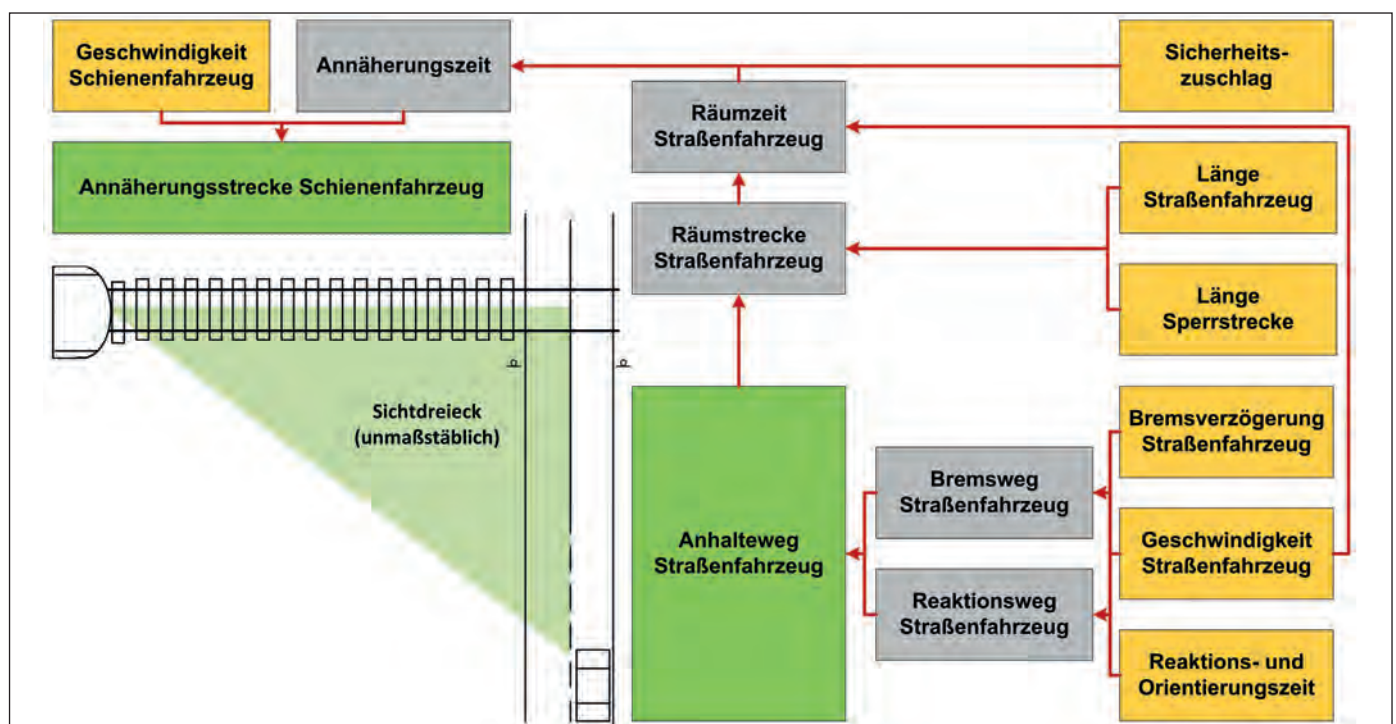


Abb. 2: Eingangsparameter (gelb) und Ergebnisse (grün) der Berechnung

Untersuchte Parameter

BÜ-Sichtflächen werden nach folgender Grundüberlegung berechnet: Ein Straßenverkehrsteilnehmer, der sich mit einer zulässigen Geschwindigkeit nähert, muss sich spätestens am Beginn seines Anhaltens vor dem BÜ zwischen Anhalten und Durchfahren entscheiden. Kann er aufgrund der Sichtverhältnisse an dieser Stelle kein Schienenfahrzeug wahrnehmen, muss er den BÜ gefahrlos überqueren können. Ein Schienenfahrzeug, das in diesem Moment am Beginn der Annäherungsstrecke wahrnehmbar wird, darf deshalb erst am BÜ eintreffen, wenn der Straßenverkehrsteilnehmer diesen vollständig geräumt hat. Hieraus ergeben sich die in Abb. 2 dargestellten Eingangsparameter und Zusammenhänge. Sie gelten mit Vereinfachungen auch für nichtmotorisierte Verkehrsteilnehmer.

Während die Länge der Sperrstrecke aus den örtlichen Verhältnissen resultiert und die Geschwindigkeit der Schienenfahrzeuge anhand des Verzeichnisses zulässiger Geschwindigkeiten (VzG) ermittelt wird, erfordern die übrigen Parameter zusätzliche Annahmen. Diese werden nachfolgend diskutiert. Die Ausführungen beziehen sich auf die heutige Ril 815 [16], abweichende Festlegungen der BÜV-NE [15] werden angegeben.

Geschwindigkeiten der Verkehrsteilnehmer

Die Sichtflächenberechnung für Kraftfahrzeuge erfolgt für die kleinste und die größte angenommene Geschwindigkeit, woraus zwei sich überlagernde Sichtdreiecke entstehen. Als Untergrenze werden derzeit 10 km/h angenommen (bei ungünstigen örtlichen Verhältnissen 5 km/h) und als Obergrenze 50 km/h, sofern die Höchstgeschwindigkeit nicht durch Verkehrszeichen weiter beschränkt ist.

Eine Untergrenze wird zweifellos benötigt, um die größte benötigte Räumzeit zu bestimmen. Zwar enthält § 19 der Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) anstelle einer konkreten Mindestgeschwindigkeit für BÜ nur die Formulierung „zügig“ [17], jedoch sind 10 km/h auch für eher schwerfällige Fahrzeuge wie Traktoren eine geeignete Annahme. Ein BÜ, der wegen des Straßenzustandes nicht mit mindestens 10 km/h befahrbar ist, kann zudem kaum als sichere Verkehrsanlage bezeichnet werden, weshalb die 5 km/h-Untergrenze für Fahrzeuge künftig entfallen sollte.

Die Notwendigkeit einer Obergrenze für die Berechnung ist hingegen fragwürdig. Die derzeit gewählten 50 km/h lassen sich weder aus Rechtsnormen noch aus der Rechtsprechung ableiten, dort wird für BÜ teilweise die Einhaltung der allgemein für die Straße geltenden Höchstgeschwindig-

keit als ausreichend erachtet [18]. Zwar ist es diskussionswürdig, ob ein Straßenverkehrsteilnehmer bei höheren Geschwindigkeiten dem Schienenverkehr noch ausreichende Aufmerksamkeit widmen kann; allerdings sollte diese Frage nicht durch Grenzen in den Berechnungsgrundsätzen geklärt, sondern je nach örtlichem Erfordernis durch Verkehrszeichen geregelt werden.

Für Radfahrer werden heute 10 km/h und 30 km/h angenommen, jedoch mit der Ausnahme, dass sie wie Fußgänger betrachtet werden dürfen, sofern Umlaufsperrn sie zum Absteigen zwingen. Da dies jedoch nachgewiesenermaßen nicht zutrifft [19] und Umlaufsperrn neuerdings mit großzügigeren Abmessungen errichtet werden müssen [20], sollten die genannten Werte künftig ausnahmslos gelten.

Die derzeit für Fußgänger angenommenen Geschwindigkeiten unterscheiden sich zwischen Ril 815 (Regelwert: 1,2 m/s, Bestandsanlagen: 1,5 m/s, Sonderfälle wie Nähe zu Seniorenheimen: 1,0 m/s) und BÜV-NE (Regelwert: 1,4 m/s, Sonderfälle: 1,0 m/s). Während der Regelwert der Ril 815 dem für Lichtsignalanlagen des Straßenverkehrs entspricht [21], liegt der Regelwert der BÜV-NE darüber. Beim Vergleich von BÜ mit Querungsstellen im Straßenverkehr ist allerdings zu beachten, dass dort andere Voraussetzungen als an BÜ gelten, denn vor einem bereits auf der Straße befindlichen Fußgänger kann und muss ein sich näherndes Kraftfahrzeug bei Bedarf bremsen. Daher sind an BÜ schärfere Anforderungen zu stellen. Darüber hinaus empfehlen eine wissenschaftliche Studie [22] sowie das Regelwerk für barrierefreie Verkehrsanlagen [23] mittlerweile auch im Straßenverkehr einen Regelwert von 1,0 m/s. Vor dem Hintergrund der besonderen Gefahrensituation an BÜ sollte dieser Wert künftig auch hier einheitlich als Gehgeschwindigkeit angesetzt werden.

Orientierungs- und Reaktionszeit

Bereits die Bezeichnung zeigt, dass es sich bei diesem Parameter nicht allein um die Reaktionszeit zwischen Wahrnehmung eines Reizes (hier: Schienenfahrzeug) und dem Einleiten der erwarteten Reaktion (hier: Bremsung) handelt. Vielmehr muss auch die Zeitdauer berücksichtigt werden, die für das Überblicken der Bahnstrecke in beide Richtungen benötigt wird. Die heute gültigen Regelwerke nehmen für die genannten Abläufe 1,0 s bei Geschwindigkeiten der Straßenfahrzeuge bis 30 km/h und 1,3 s bei höheren Geschwindigkeiten an.

Diese Werte liegen, verglichen mit Nachbarländern, sehr niedrig. So gelten in Österreich 1,8 s [24], in der Schweiz 2,0 s [25]. Die tschechische BÜ-Norm gibt bei nichttechnischer Sicherung einen Wert

von 3,5 s vor, bei technischer Sicherung gelten niedrigere Werte [26]. Letzteres Beispiel verdeutlicht die Problematik: Selbstverständlich benötigt ein Verkehrsteilnehmer für das erwartete Blickverhalten mit Kopfbewegungen – anders als bei einem unmittelbar auf oder neben der Fahrbahn auftretenden Reiz – zusätzliche Zeit. Hierzu führte bereits 1954 ein Beitrag über Abläufe an BÜ aus: „Da dies aber nach beiden Seiten gleichzeitig nicht möglich ist, genügt eine Sekunde nicht, sondern man wird zwei Sekunden brauchen, um sich die Gewißheit zu verschaffen, daß von keiner Seite ein Zug kommt.“ [27]

Angesichts der Tatsache, dass selbst die Haltesichtweitenberechnung im Straßenverkehr mittlerweile von 2,0 s Reaktionszeit ausgeht [28], sollte auch der Zeitwert für die Sichtflächenberechnung an BÜ erhöht und grundsätzlich mit 2,0 s angesetzt werden. Außerdem empfiehlt sich die korrekte Bezeichnung als „Orientierungs-, Reaktions- und Bremsansprechzeit“.

Grundsätzlich haben Fußgänger ebenfalls eine Reaktionszeit. Angesichts der auch im Straßenverkehr üblichen Verhaltensweise, unmittelbar vor Überqueren einer Fahrbahn zunächst anzuhalten und danach in beide Richtungen zu schauen, sowie der jederzeit bestehenden Möglichkeit, bei Bedarf einen Schritt zurückzutreten, erscheint es vertretbar, diese Zeit an BÜ weiterhin zu vernachlässigen.

Bremsverzögerung der Straßenfahrzeuge

Die heutigen Regelwerke verwenden Bremsverzögerungen in Abhängigkeit von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit des Straßenfahrzeugs, und zwar 1,5 m/s² bis 25 km/h, 2,5 m/s² bis 40 km/h und 4,18 m/s² über 40 km/h. Während die ersten beiden Werte der bis 2000 gültigen Straßenverkehrs-Zulassungsordnung (StVZO) [29] entsprechen, wurde der Wert von 4,18 m/s² aus einer Straßenrichtlinie von 1963 [30] abgeleitet.

Diese Werte sind veraltet. Seit 2000 fordert § 41 StVZO eine mittlere Vollverzögerung von mindestens 5,0 m/s², bei Kraftfahrzeugen mit einer Höchstgeschwindigkeit bis 25 km/h von 3,5 m/s² [31]. Allerdings existieren Ausnahmen, beispielsweise für landwirtschaftliche Zugmaschinen bis 8 km/h, die nur eine „ausreichende Brems“ benötigen. Dies zeigt auch, dass die Rechtsnormen aus dem Straßenverkehr nicht für alle theoretisch möglichen Fälle einen geeigneten Wert bieten.

Als Orientierung sollten die Straßenregelwerke dienen, nach denen die Haltesichtweite aktuell mit einer Verzögerung von rund 3,7 m/s² berechnet wird [32]. Um jedoch der besonderen Gefahrensituation am BÜ gerecht zu werden und gleichzeitig zumin-

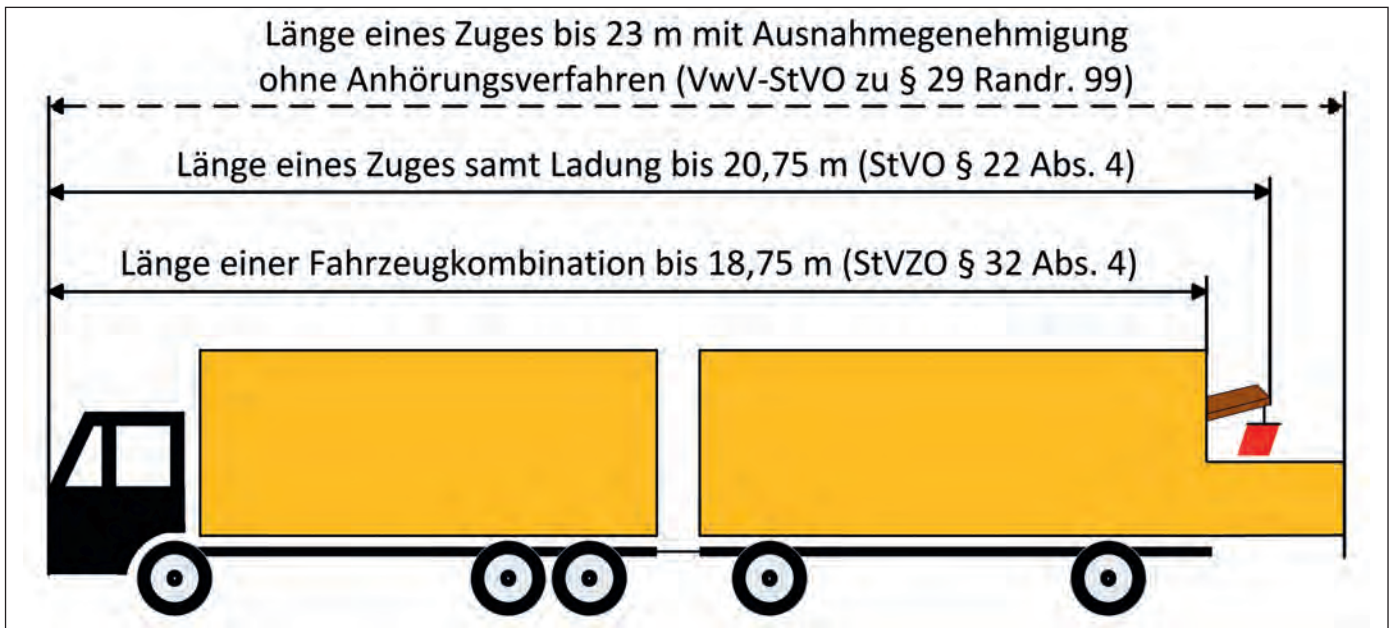


Abb. 3: Größte anzunehmende Längen der Straßenfahrzeuge

dest den ungünstigsten zulässigen Fall der StVZO zu berücksichtigen, empfiehlt sich künftig einheitlich ein Wert von $3,5 \text{ m/s}^2$. Damit entfallen auch die bisherigen Sprünge in den Berechnungen.

Vorlänge der Straßenfahrzeuge

Bisher nehmen die Regelwerke an, dass der Fahrer direkt an der Spitze des Straßenfahrzeugs sitzt, weshalb die Lage des Sehpunktes dem Anhalteweg vor dem Andreaskreuz entspricht. Praktisch ist jedoch zwischen Fahrzeugfront und Fahrerauge eine Vorlänge vorhanden, die bereits bei Pkw bis zu 2 m betragen kann. Besonders groß können Vorlängen landwirtschaftlicher Fahrzeuge werden, bei denen zwischen Fahrzeugfront und Lenkrad bis zu 3,50 m liegen dürfen [33]. Die vernachlässigte Vorlänge führt im ungünstigsten Fall dazu, dass kein Anhalteweg mehr zur Verfügung steht [34].

Der einzige Fall, in denen die Vorlänge bereits heute berücksichtigt wird, liegt bei der oben erläuterten Annahme einer Minimalgeschwindigkeit von 5 km/h vor. Der rechnerische Anhalteweg von 2 m wird dabei auf 4 m gesetzt, was ein Entwurf der früheren DS 815 explizit mit der Vorlänge begründet [35].

Aufgrund der Relevanz des Problems für fast alle Straßenfahrzeuge sollten künftig stets 2 m Vorlänge angenommen werden, wodurch sich der Sehpunkt entsprechend vorverlagert; dieser Wert findet bereits Anwendung in Österreich [24] und der Schweiz [25]. Ein noch höherer Wert erscheint vor dem Hintergrund, dass sich landwirtschaftliche Fahrzeugführer der baulichen Besonderheiten ihrer Fahrzeuge bewusst sind und entsprechend vorsichtiger verhalten sollten, nicht erforderlich.

Die Vorlänge wirkt sich nur auf die Lage des Sehpunktes aus, nicht jedoch auf die Länge des Anhalteweges. Für die Berechnung der Räumzeit und somit des Sichtpunktes ist dieser Parameter dementsprechend nicht relevant. Er erhöht gleichwohl den Flächenbedarf für die Sichtdreiecke.

Längen der Straßenfahrzeuge

Die heutigen Regelwerke nehmen für die Länge von Kraftfahrzeugen in der Regel 20 m an, ohne hierfür eine Herleitung anzugeben. Bei Ansatz einer Minimalgeschwindigkeit von 5 km/h (siehe oben) verringert sich die angenommene Länge jedoch nach Ril 815 auf 18 m und nach BÜV-NE auf 10 m. Radfahrer werden in der Ril 815 mit 3 m angesetzt; sobald sie jedoch absteigen, haben sie wie Fußgänger keine Länge mehr. Die BÜV-NE vernachlässigt generell die Länge von Fußgängern und Radfahrer und nimmt sie als Punkt an.

Diese Vorgaben sind nicht nur schwer nachvollziehbar, sondern widersprechen auch dem geltenden Straßenverkehrsrecht. So darf ein Fahrzeug samt Ladung nach § 22 StVO bis zu 20,75 m lang sein [17]. Ein weiteres Problem stellen Großraum- und Schwertransporte mit Ausnahmegenehmigungen dar, bei denen bis zu einer Länge von 23 m auf ein Anhörungsverfahren verzichtet wird [36], sodass an BÜ heute prinzipiell mit Fahrzeugen dieser Länge zu rechnen ist. Die Problematik ist zusammenfassend in Abb. 3 dargestellt.

Kritisch sind auch die gegenwärtigen Ausnahmen für geschobene Fahrräder: Schiebt ein als Fußgänger betrachteter Radfahrer ein Rad samt Anhänger mit der angenommenen Gehgeschwindigkeit über einen Fußweg-BÜ, reicht die errechnete Sichtweite trotz Sicherheitszuschlag nicht für eine

sichere Räumung aus. Somit führen die heutigen Regelwerksvorgaben dazu, dass der BÜ in solchen Fällen fluchtartig verlassen werden muss, um einen Unfall zu vermeiden.

Kraftfahrzeuge sollten künftig mit 21 m Länge angesetzt werden, um der geltenden Rechtslage zu entsprechen. Das Problem 23 m langer Fahrzeuge mit Ausnahmegenehmigung ohne Anhörung ist auf anderer Ebene zu klären, beispielsweise durch Änderung der entsprechenden Verwaltungsvorschrift, sodass die Bahnunternehmen hier – wie bei Längen über 23 m – stets beteiligt werden müssen.

Radfahrer sind stets mit 3 m Länge anzunehmen, die bisherige Ausnahme ist nicht vertretbar. Auch bei Fußgängern ist diese Länge zu berücksichtigen, da sie außer geschobenen Fahrrädern mit Anhänger auch Kinderwagen, Handwagen oder ähnliches mitführen können.

Sicherheitszuschläge

Zu den bisherigen Sicherheitszuschlägen von 4 s für Fahrzeuge und 2 s für Fußgänger existieren keine Begründungen, somit ist von einer willkürlichen Festlegung auszugehen. Die Notwendigkeit solcher Zuschläge ist unstrittig, gleichen sie doch einerseits Abweichungen von den angenommenen Parametern aus und verringern andererseits die psychische Belastung der Triebfahrzeugführer bei Annäherung an einen BÜ, der gerade von einem Verkehrsteilnehmer geräumt wird. Allerdings sollte der Wert für alle Berechnungsfälle gleich groß sein.

Die Festlegung des Wertes muss vor dem Hintergrund des Zusammenspiels der übrigen Parameter erfolgen, sodass bei Zusammentreffen aller ungünstigsten Werte noch

Parameter	Bisheriger Regelwert	Empfohlener Regelwert
Mindestgeschwindigkeit der Kraftfahrzeuge	10 km/h (5 km/h)	10 km/h
Höchstgeschwindigkeit der Kraftfahrzeuge	50 km/h	wie örtlich zulässig
Mindestgeschwindigkeit der Radfahrer	10 km/h	10 km/h
Höchstgeschwindigkeit der Radfahrer	30 km/h	30 km/h
Gehgeschwindigkeit der Fußgänger	1,2 m/s ... 1,4 m/s	1,0 m/s
Orientierungs-, Reaktions- und Bremsansprechzeit	1,0 s ... 1,3 s	2,0 s
Orientierungszeit vor dem Wiederauffahren	nicht definiert	1,0 s
Bremsverzögerung der Straßenfahrzeuge	1,5 m/s ² ... 4,18 m/s ²	3,5 m/s ²
Anfahrbeschleunigung der Straßenfahrzeuge	nicht definiert	0,5 m/s ²
Vorlänge der Straßenfahrzeuge	0 m (2 m)	2 m
Länge der Kraftfahrzeuge	20 m (18 m, 10 m)	21 m
Länge der Radfahrer	3 m (0 m)	3 m
Länge der Fußgänger	0 m	3 m
Sicherheitszuschlag	4 s	2 s

Tab. 2: Empfohlene Annahmen für die künftige Sichtflächenberechnung

ein Sicherheitspuffer vorhanden ist. Wesentlicher Nachteil des heutigen Ansatzes ist die alleinige Wirkung des Sicherheitszuschlages auf die Annäherungszeit und somit Lage des Sichtpunktes auf dem Gleis, während die Lage des Sehpunktes auf der Straße unbeeinflusst bleibt. Angesichts der im vorliegenden Beitrag aufgezeigten Mängel der heutigen Berechnung ist es somit möglich, dass ein Verkehrsteilnehmer trotz Sicherheitszuschlag erst hinter dem Andreaskreuz zum Halten kommt.

Mit den nun unterbreiteten Vorschlägen für die einzelnen Parameter wird dieses Problem verringert: Die Lage des Sehpunktes orientiert sich stärker an den ungünstigsten zu erwartenden Verhältnissen. Gleichwohl werden diese für die meisten Verkehrsteilnehmer nicht ausgeschöpft, woraus sich eine zusätzliche Sicherheit ergibt, indem für sie das Überblicken der Bahnstrecke früher als zwingend erforderlich möglich wird. Somit kommen weniger Verkehrsteilnehmer in die Lage, den BÜ noch überqueren zu müssen, obwohl sich

	Ergebnis (bisher)	Ergebnis (empfohlen)	Veränderung
Sichtdreieck für anfahrende Kraftfahrzeuge			
Lage des Sehpunktes vor Andreaskreuz	–	2 m	–
Lage des Sichtpunktes vor BÜ	–	259 m	–
ungefährer Flächenbedarf	–	518 m ²	–
Sichtdreieck für Kraftfahrzeuge mit 10 km/h			
Lage des Sehpunktes vor Andreaskreuz	6 m	9 m	+ 50 %
Länge des Anhalteweges	6 m	7 m	+ 17 %
Lage des Sichtpunktes vor BÜ	255 m	238 m	– 7 %
ungefährer Flächenbedarf	765 m ²	1125 m ²	+ 47 %
Sichtdreieck für Kraftfahrzeuge mit 50 km/h			
Lage des Sehpunktes vor Andreaskreuz	41 m	58 m	+ 41 %
Länge des Anhalteweges	41 m	56 m	+ 37 %
Lage des Sichtpunktes vor BÜ	160 m	133 m	– 15 %
ungefährer Flächenbedarf	3280 m ²	3944 m ²	+ 20 %
Sichtdreieck für Radfahrer mit 10 km/h			
Lage des Sehpunktes vor Andreaskreuz	6 m	9 m	+ 50 %
Länge des Anhalteweges	6 m	7 m	+ 17 %
Lage des Sichtpunktes vor BÜ	170 m	130 m	– 24 %
ungefährer Flächenbedarf	510 m ²	639 m ²	+ 25 %
Sichtdreieck für Radfahrer mit 30 km/h			
Lage des Sehpunktes vor Andreaskreuz	22 m	29 m	+ 32 %
Länge des Anhalteweges	22 m	27 m	+ 23 %
Lage des Sichtpunktes vor BÜ	135 m	106 m	– 21 %
ungefährer Flächenbedarf	1485 m ²	1595 m ²	+ 7 %
Sichtdreieck für Fußgänger			
Lage des Sichtpunktes vor BÜ	106 m (DB) 96 m (NE)	171 m	+ 61 % (DB) + 78 % (NE)

Tab. 3: Vergleichsrechnung mit bisherigen und empfohlenen Annahmen

bereits ein Schienenfahrzeug nähert. Diese Überlegungen führen zur Empfehlung, als Sicherheitszuschlag zur Annäherungszeit künftig einheitlich 2 s anzusetzen.

In diesem Zusammenhang sollten auch die Rundungsregeln für Sperr- und Annäherungsstrecken vereinheitlicht werden. Diese unterschieden sich je nach Berechnungsmethode (Formel, Tabelle oder Rechenprogramm) und führten unsystematisch zu mehr oder weniger großen zusätzlichen Sicherheiten. Stattdessen sollten künftig alle Eingangsparameter mit ihrem tatsächlichen Wert einfließen und nur das Endergebnis auf volle Meter gerundet werden.

Zusätzliche Prüfung für anfahrende Kraftfahrzeuge

Ein Anhalten von Fahrzeugen vor dem Andreaskreuz gehört zu den möglichen und je nach Verkehrssituation sogar geforderten Verhaltensweisen, beispielsweise bei Gegenverkehr auf schmaler Fahrbahn oder Rückstau von einer benachbarten Einmündung. Die Sicht für das Wiederauffahren muss deshalb stets vorhanden sein; die bisher nicht vorgesehene explizite Prüfung empfiehlt sich künftig.

Aufgrund der oben definierten Vorlänge liegt der Sehpunkt hierfür 2 m vor dem Andreaskreuz. Vor dem Auffahren ist eine Orientierungszeit zum Überblicken der Bahnstrecke zu gewähren, die jedoch kürzer ausfallen kann als die oben für fahrende Fahrzeuge empfohlene Orientierungs-, Reaktions- und Bremsansprechzeit. Dementsprechend werden hierfür 1,0 s vorgeschlagen. Ein neuer Parameter ist die Anfahrbeschleunigung, wofür sich aus einer Studie zum Einsatz von Stoppschildern an BÜ ein Wert von 0,5 m/s² entnehmen lässt [37], der beispielsweise auch in Österreich verwendet wird [24]. Die übrigen Parameter entsprechen den bereits definierten Werten.

Übersicht der Empfehlungen

In Tab. 2 sind die erarbeiteten Empfehlungen zusammengefasst und den bisherigen Annahmen gegenübergestellt. Werte in Klammern stellen bisherige Sonderfälle dar, die im Text erläutert sind.

Auswirkungen

Um die Auswirkungen der geänderten Berechnungsparameter abzuschätzen, zeigt Tab. 3 eine Vergleichsrechnung unter typischen Rahmenbedingungen an einem durch Übersicht gesicherten BÜ auf einer eingleisigen Nebenbahn. Hierfür wurden zugrunde gelegt:

- eine Geschwindigkeit der Schienenfahrzeuge von 60 km/h,
 - eine Länge der Sperrstrecke von 6 m für Fahrzeuge und von 5,25 m für Fußgänger sowie
 - eine annähernd rechtwinklige Kreuzung.
- Während sich die Sehpunkte auf der Straße mit den neuen Annahmen um rund 30 % bis 50 % vom BÜ entfernen, können

die Sichtpunkte um bis zu 25% an den BÜ heranrücken. Eine Ausnahme bilden die Sichtdreiecke für Fußgänger, bei denen sich der Sichtpunkt deutlich weiter um rund 60% bis 80% vom BÜ entfernt. Die erhebliche Steigerung für nichtbundeseigene Eisenbahnen wird nachvollziehbar, wenn man die Annäherungszeiten vergleicht: während Fußgänger heute nur 5,75 s bis zum Eintreffen des Zuges zur Verfügung stehen, sind es nach den neuen Empfehlungen 10,25 s. Der Flächenbedarf steigt in allen betrachteten Fällen in unterschiedlichem Maße. Da die benötigten Flächen nicht überall herstellbar sind, werden häufiger technische Sicherungen erforderlich. Die zusätzliche Prüfung für anfahrende Kraftfahrzeuge wirkt sich kaum aus, da der Sichtpunkt nur geringfügig weiter entfernt liegt als der für Fahrzeuge mit 10 km/h, während der zugehörige Sehpunkt sehr nahe am BÜ liegt und somit eine noch weitere Sicht auf die Strecke ermöglicht. Das Sichtdreieck für diesen Fall kann jedoch bei Zulassung von Stoppschildern an BÜ relevant werden, was im Einzelfall eine Alternative bei sonst fehlender Übersicht darstellt [37].

Fazit und Ausblick

Bereits in einem Aufsatz aus dem Jahr 1952 wurde konstatiert [38]: „Es handelt sich bei der Erhöhung der Sicherheit an Bahnübergängen nicht darum, etwas nachzuholen, was vergessen oder vernachlässigt worden ist, sondern um das Anpassen an die Entwicklung des Verkehrs und an den neuesten Stand der Technik der Sicherungseinrichtungen.“ Diese Aussage lässt sich auch auf die Regelwerke übertragen, die von Zeit zu Zeit auf Basis des aktuellen Erkenntnisstandes weiterentwickeln sind. Die dargelegten Empfehlungen sollen hierzu einen Beitrag leisten.

Neben den betrachteten Berechnungsannahmen gibt es zu Sichtflächen weiteren Untersuchungsbedarf. Hierzu gehört die Frage der maximal möglichen Annäherungsstrecke, da beispielsweise bezweifelt werden darf, dass ein Schienenfahrzeug in 745 m Entfernung (Wert aus der BÜV-NE [15]) überhaupt zuverlässig wahrnehmbar ist. Ebenso müssen mögliche Sichtwinkel festgelegt werden, da der heute vorausgesetzte 360°-Rundumblick

der Verkehrsteilnehmer praktisch nicht realisierbar ist. Andere Länder haben für diese beiden Aspekte in jüngerer Zeit bereits Festlegungen getroffen.

LITERATUR

- [1] Statistisches Bundesamt: Betriebsdaten des Schienenverkehrs, 2010
- [2] Deutsche Reichsbahn (Hrsg.): Richtlinien zur Beurteilung der Übersichtlichkeit von unbeschränkten Wegübergängen in Schienenhöhe (RÜW), Ausgabe 1930
- [3] Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung, gültig ab 1. Oktober 1928
- [4] Deutsche Reichsbahn (Hrsg.): Richtlinien zur Beurteilung der Übersichtlichkeit von unbeschränkten Wegübergängen in Schienenhöhe (RÜW); Ausgabe 1942
- [5] Deutsche Reichsbahn (Hrsg.): Richtlinien zur Beurteilung der Übersichtlichkeit von ungesicherten Wegübergängen in Schienenhöhe (RÜW); Ausgabe 1952
- [6] Deutsche Demokratische Republik (Hrsg.): Fachbereichsstandard Sichtverhältnisse an Wegübergängen (TGL 24 337), Ausgabe 1969
- [7] Deutsche Demokratische Republik (Hrsg.): Fachbereichsstandard Sichtverhältnisse an höhengleichen Kreuzungen von Straßen oder Wegen mit Gleisen (TGL 24 337), Ausgabe 1985
- [8] Deutsche Bundesbahn (Hrsg.): Richtlinien für die Sicherung von Bahnübergängen (DV 815), Ausgabe 1960
- [9] Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung vom 8. Mai 1967 (BGBl. 1967 II S. 1563), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 19. November 2015 (BGBl. I S. 2105)
- [10] Richtlinien für die Übersicht auf die Bahnstrecke, in: Verkehrsblatt, Amtlicher Teil, Jahrgang 1970, Heft 4
- [11] Deutsche Bundesbahn (Hrsg.): Bahnübergangsvorschrift (DV 815), Ausgabe 1973
- [12] Bundesverband Deutscher Eisenbahnen (Hrsg.): Bahnübergangsvorschrift für nichtbundeseigene Eisenbahnen (BÜV-NE), Ausgabe 1974
- [13] Stier, G.: Rationelle Sicherung der Bahnübergänge bei den NE, in: Verkehr und Technik 69 (1976), Heft 4
- [14] Bundesbahn-Zentralamt (Hrsg.): Bahnübergänge entwerfen und instandhalten (DS 815), Ausgabe 1994
- [15] Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (Hrsg.): Bahnübergangsvorschrift für nichtbundeseigene Eisenbahnen (BÜV-NE), Ausgabe 2001
- [16] DB Netz AG (Hrsg.): Bahnübergänge planen und instand halten (Ril 815), Ausgabe 2008
- [17] Straßenverkehrs-Ordnung vom 6. März 2013 (BGBl. I S. 367), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 15. September 2015 (BGBl. I S. 1573)
- [18] Burmann, M. u. a.: Straßenverkehrsrecht, 20. Auflage, München, 2008
- [19] Schöne, E.; Hoefert, C.: Umlaufsperrungen zwischen Sicherheit und Barrierefreiheit, in: EI - Der Eisenbahningenieur, Heft 11/2012, S. 34-40
- [20] DB Netz AG (Hrsg.): TM 2012-238 I.NVT 4 zu Ril 815.0030 Abschn. 4 (8) Umlaufsperrungen an BÜ für Fußgänger und Radfahrer, gültig ab 18.12.2012
- [21] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA), Ausgabe 2015
- [22] Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.): Verbesserung der Bedingungen für Fußgänger an Lichtsignalanlagen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 217, Bergisch Gladbach, 2012
- [23] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Hinweise für barrierefreie Verkehrsanlagen (H BVA), Ausgabe 2011
- [24] Verordnung der Bundesministerin für Verkehr, Innovation und Technologie über die Sicherung von Eisenbahnkreuzungen und das Verhalten bei der Annäherung an und beim Überqueren von Eisenbahnkreuzungen, gültig ab 01.09.2012 (BGBl. II Nr. 216/2012)
- [25] Verband öffentlicher Verkehr: RTE - SN Basisdokument Bahnübergang, Entwurf V12 (nach Vernehmlassung); Entwurf V12, Stand: 17.10.2011
- [26] Tschechische Norm ČSN 736380 „Železniční přejezdy a prechody“ (Bahnübergänge), Ausgabe Mai 2008
- [27] Hanker, R.: Zulässige Fahrgeschwindigkeit und Verkehrssicherheit im Eisenbahn- und Straßenverkehr, in: Zeitschrift für Verkehrssicherheit 2 (1954), Heft 7/8
- [28] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Herausgeber): Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Linienführung (RAS-L), Ausgabe 1995
- [29] Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. September 1988 (BGBl. I S. 1793), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 3. August 2000 (BGBl. I S. 1273)
- [30] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Überarbeiteter Entwurf der Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL), II. Teil: Linienführung (RAL-L), Fassung April 1963
- [31] Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung vom 26. April 2012 (BGBl. I S. 679), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 9. März 2015 (BGBl. I S. 243)
- [32] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL), Ausgabe 2012
- [33] Landesregierung Baden-Württemberg (Hrsg.): Land- oder forstwirtschaftliche Fahrzeuge im Straßenverkehr - Vorschriften für den Betrieb auf öffentlichen Straßen, Stand November 2012
- [34] Speck, G.: Sicherheitsmängel an nichttechnisch gesicherten Bahnübergängen, in: EI - Der Eisenbahningenieur, Heft 10/2013
- [35] Deutsche Bundesbahn (Hrsg.): DS 815 Bahnübergänge planen, bauen, instandhalten - Grundlagen, gültig ab 02.06.1991 (unveröffentlichter Entwurf)
- [36] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO) vom 26. Januar 2001 (BANz. S. 1419, 5206), zuletzt geändert am 17.07.2009 (BANz. Nr. 110 vom 29.07.2009, S. 2598)
- [37] Schöne, E.; Buder, J.: Einsatz von Stoppschildern an nichttechnisch gesicherten Bahnübergängen, in: EI - Der Eisenbahningenieur, Heft 3/2011, S. 25-29
- [38] Korner, H.: Über die Sicherung von Bahnübergängen, in: ETR - Eisenbahntechnische Rundschau, Heft 6/1952, S. 181-192



Dr.-Ing. Eric J. Schöne

Leiter Eisenbahnbetriebslabor
Fakultät Verkehrswissenschaften
„Friedrich List“, TU Dresden
eric.schoene@tu-dresden.de



M.Sc. Nina J. Schreiber

Absolventin
Fakultät Verkehrswissenschaften
„Friedrich List“, TU Dresden
nina_schreiber@gmx.net

Zusammenfassung

Eine zeitgemäße Sichtflächenberechnung für Bahnübergänge

Um die Größe der Sichtflächen an nichttechnisch gesicherten Bahnübergängen zu berechnen, sind zahlreiche Eingangsparameter erforderlich. Die vorliegende Studie untersuchte, inwieweit die in den entsprechenden Eisenbahnregelwerken enthaltenen Annahmen noch zu den heutigen Anforderungen passen. Durch Abgleich mit aktuellen Rechtsnormen und wissenschaftlichen Erkenntnissen aus dem Straßenverkehr wurden veraltete Parameter identifiziert und darauf aufbauend Empfehlungen für eine Aktualisierung abgeleitet. Der Beitrag schließt mit einer Beispielrechnung zu den Auswirkungen der vorgeschlagenen Werte.

Summary

A modern method of calculating visible surfaces for level crossings

Numerous input parameters are needed to calculate the size of the visible surfaces at level crossings without technical means of securing. The present study investigated to what extent the assumptions contained in the corresponding railway sets of rules still respond to the current requirements. By a comparison with current legal standards and scientific results from road traffic, outdated parameters were identified and on this basis recommendations for an update were derived. The contribution ends with the calculation of an example of the consequences of the proposed values.