

Messtechnische Ermittlung des realen Lichtraumbedarfs

Bestimmung der Einflüsse auf den Lichtraumbedarf und die Fahrzeugstellungen im Gleis von Multigelenk- und Drehgestellfahrzeugen



Abb. 1: Fahrzeug im Messfeld

Quelle: CE cideon engineering (Aufnahme während Messkampagne)

STEFAN SCHUBERT | DIRK FISCHER |
STEPHAN SCHULTZE

In Städten stehen dem öffentlichen Nahverkehr limitierte Flächen für die Nutzung zur Verfügung. Jedoch werden immer höhere Beförderungskapazitäten mit höherem Komfortbedarf nachgefragt. Dieser Konflikt ist mit breiteren Fahrzeugen in der Neubeschaffung lösbar. Die bestehenden Berechnungsverfahren bilden nicht alle möglichen Fahrzeugkonfigurationen von Multi-Gelenkfahrzeugen exakt ab – hier muss mit Ersatzmodellen gearbeitet werden. Dabei stellen sich folgende Fragen: Wie können diese Worstcase-Lichtraumbedarfe für reale Situationen in eine bewertbare Situation überführt werden? Wie können die Risiken einzelner den Lichtraumbedarf bestimmender Einflüsse verifiziert und bewertet werden? Dieser Fachbeitrag richtet sich an Fahrzeughersteller, Verkehrsdienstleister und Sicherheitsbeauftragte.

Die Bestimmung des Lichtraumbedarfs, zum Beispiel gemäß TRStrab Lichtraum [1], ist ein

wesentlicher Bestandteil für die Genehmigung der Inbetriebnahme von Straßenbahn-, U-Bahn- und sonstigen Fahrzeugen, welche im ÖPNV gemäß BOStrab [2] eingesetzt werden.

Für den Fahrzeugbau werden Ausragungen des jeweiligen Fahrzeugkonzeptes vorab bestimmt und der Lichtraumgrenze gegenübergestellt. Der Grund des Vorgehens ist es zum einen, den größtmöglichen Bauraum für das Fahrzeug festzulegen und zum anderen, sicher innerhalb der Lichtraumumgrenzung zu verbleiben, damit es zu keinen Berührungen an der Infrastruktur oder Berührungen bei einer Begegnung mit anderen Fahrzeugen kommen kann.

Die Dresdner Verkehrsbetriebe AG (DVB AG) hat sich dieser Aufgabe gestellt und ist aktuell dabei, neue breitere Fahrzeuge zu beschaffen und eine Inbetriebnahmegenehmigung zu erwirken. Die Nachweisführung für die Einhaltung der Grenzen des lichten Raumes beinhaltet die Lichtraum-Bedarfsrechnung des Fahrzeugherstellers und die Verifizierung der Berechnung durch Versuche. Die CE cideon engineering GmbH & Co. KG (CE) unterstützt die DVB AG bei der Bewertung der theoretischen Lichtraum-Bedarfsrechnung und bei der ver- suchstechnischen Nachweisführung.

Hierzu wurden seitens CE

- die Messkampagne vorbereitet und spezifiziert,
- das Messverfahren ausgewählt und validiert,
- die Messungen gemeinsam mit den Partnern Davoscan GmbH und MeGo GmbH durchgeführt (Abb. 1) und
- die Messdaten ausgewertet.

Theoretischer Hintergrund

Die TRStrab Lichtraum [1] definiert den Lichtraumbedarf als den „Raum, den ein Fahrzeug unter Berücksichtigung der horizontalen und der vertikalen Bewegungen sowie aller Toleranzen und Verschleiße benötigt“. Er ergibt sich aus den Parametern der

- halben Fahrzeugbreiten zuzüglich der
- bogengeometrischen Ausragungen und
- der kinematischen Ausragungen.

Die Einflussgrößen auf den Lichtraumbedarf werden gemäß TRStrab Lichtraum [1] wie in Abb. 2 eingeteilt.

Die nicht zufallsbedingten Faktoren gehen als lineare Größen in den Lichtraumbedarf ein. Hierbei ist die Signifikanz des Betrages der Einzelfaktoren zu berücksichtigen, da nicht jede Einflussgröße einen großen Anteil an dem Gesamlichtraumbedarf besitzt. Einflussgrößen mit geringem Anteil müssen nicht versuchstechnisch erneut gemessen werden. Sie werden als feste Werte in die anschließende Parameterbewertung übernommen und nicht mehr als variable Größen betrachtet. Durch dieses Vorgehen reduziert sich die Anzahl an variablen Einflussgrößen. Die Anteile der zufallsbedingten Faktoren werden quadratisch aufsummiert und anschließend radiert. Erfahrungsgemäß ergibt sich dieser Anteil für den Lichtraumbedarf aus dem größten Einzelanteil. Kleine Beträge werden zwar statistisch berücksichtigt, spielen aber für den Gesamlichtraumbedarf keine signifikante Rolle.

Lösungsansatz zur Verifizierung der Einflussgrößen

Die Verifizierung der Einflussgrößen erfolgt in der Regel einzeln in Versuchsständen. Das Ergebnis sind die Minimal- und Maximalwerte, jedoch nicht die unter realen Bedingungen auftretenden Beträge der Einflussgrößen. Mit dem messtechnischen Nachweis am Fahrzeug unter realen Streckenbedingungen wird die Möglichkeit geschaffen, die bestimmenden statischen und kinematischen Einflüsse auf

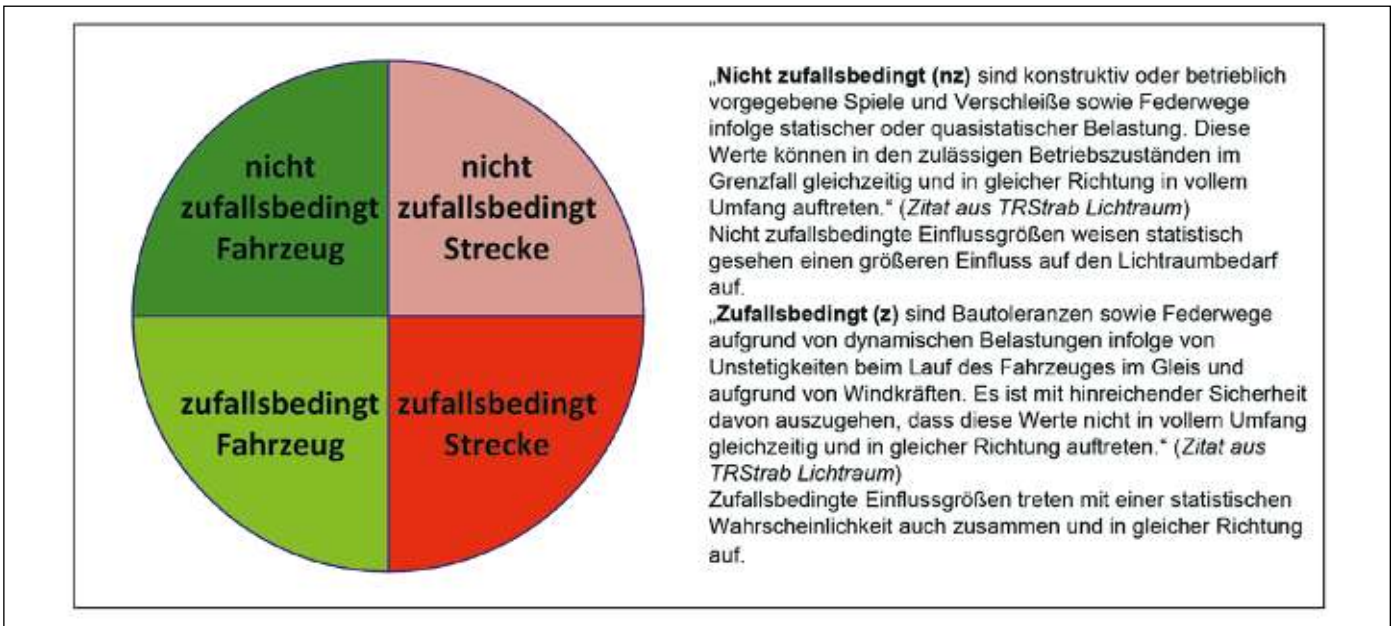


Abb. 2: Einteilung der Einflussgrößen auf den Lichtraumbedarf gemäß TRStrab Lichtraum

Quelle: CE cideon engineering

den Lichtraumbedarf (fahrzeug- und gleistechnische Anteile) zu bestimmen. Aus den daraus gewonnenen Messergebnissen werden im Anschluss Parameterbewertungen durchgeführt, um so die Auslegungswerte für die theoretische Lichtraumuntersuchung mit realen Messergebnissen vergleichen zu können.

Messverfahren

Für die messtechnische Erfassung des realen Lichtraumbedarfes wird ein fotogrammetrisches Verfahren verwendet. Zur Vorbereitung der dynamischen Messungen in der realen Gleisgeometrie sind drei Schritte erforderlich.

- Schritt 1: Das Fahrzeug wird mit Messmarkierungen ausgerüstet. Es wird statisch im Messsystem im Raum (3D) eingemessen.
- Schritt 2: Die Messmarkierungen werden koordinatenbasierend im Raum ausgegeben. Die zugehörigen Starrkörperkonturen der Wagenkästen und der Fahrwerke werden in die Messpunktwolke integriert. Durch dieses Verfahren können koordinatenbasierende Auswertepunkte (Abb. 3) festgelegt werden.
- Schritt 3: Die Gleisgeometrie (Abb. 4) eines „Einmessgleises“ und die reale Gleisgeometrie an der jeweiligen Messstelle im Netz

- werden superpositioniert, um Aussagen über die realen Gleisparameter
- Spurspiel,
- Spurweite und
- Schienenverschleiß an der Bogenaußen- und Bogeninnenseite zu erhalten.

Die dynamischen Messungen in Form von Vorbeifahrten am Kameramesssystem erfolgen an ausgewählten signifikanten Messstellen im Streckennetz. Für die Messstellen bieten sich horizontale Bögen mit den für das jeweilige Netz typischen Bogenradien an. Exemplarisch genannt werden $R_B = 25\text{ m}$, $R_B = 100\text{ m}$,

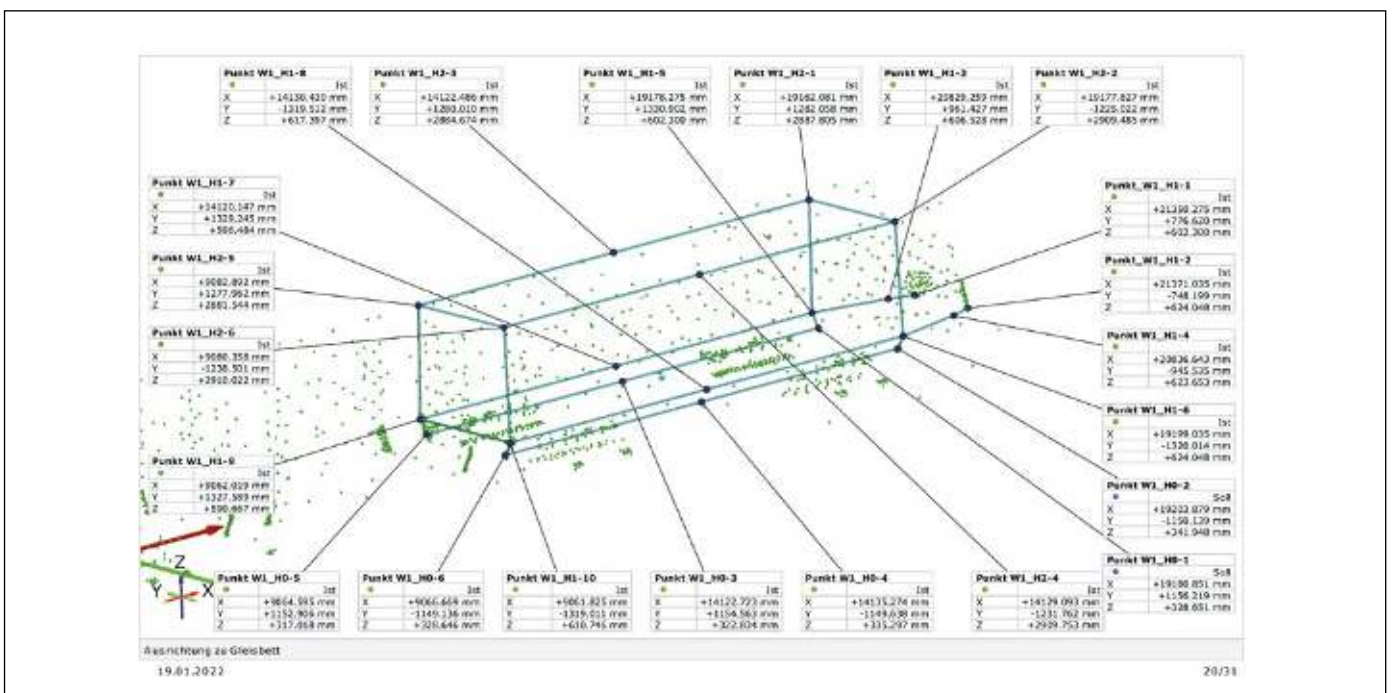


Abb. 3: Koordinatenbasierende Auswertepunkte

Quelle: Me-go

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für CE cideon engineering /
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
 genehmigt / © DVV Media Group GmbH



Abb. 4: Ermittlung der Gleisgeometrie Quelle: CE cideon engineering (Aufnahme während Messkampagne)

$R_{Bv} = 500 \text{ m} \rightarrow R_B = 500 \text{ m}$. Diese werden mit konstanten Geschwindigkeiten wiederholt durchfahren. Die Wiederholungen sind erforderlich, um eine statistisch relevante Anzahl an Messreihen zu erhalten.

Auswertung der Messergebnisse

Die Messergebnisse werden z.B. in Tabellenform (Auswertung von Maximalwerten etc.) und geometrisch mittels Spurlinienverfolgung als Trajektorienschär (Abb. 5) ausgegeben. Bei einer Aufspreizung des Ausgabebereiches ist das fahrzeugspezifische Verhalten bzw. der

reale Lichtraumbedarf nachvollziehbar. Abb. 6 zeigt die Spurlinienverfolgung als Trajektorie über den Messbereich hinaus.

Bewertung

Das Messverfahren bietet in der Anwendung wesentliche Vorteile:

- Validierung der signifikanten Einflussgrößen mit realen Beträgen
- Berücksichtigung realer Gleisgeometrien
- Hochrechnungen für den Lichtraumbedarf der Fahrzeuge bei Verschleiß der Gleise und der Räder

- bei freiliegenden Schwellengleisen können die Schwellenbewegungen mit vermessen und ausgewertet werden
- geringe Rüstzeiten, keine Verwendung von Sensorik auf dem Fahrzeug
- berührungslose Messungen
- Messungen im laufenden Betrieb möglich
- geringe Vorbereitungszeiten
- geringer Logistikaufwand seitens des Betreibers zur Ermöglichung der Messversuche.

Die hohe Flexibilität und Einsatzbreite des Messverfahrens, die geringen Aufwände in der Vorbereitung, die Durchführung der Messungen bei laufendem Betrieb sowie die umfangreichen systematischen Auswertmöglichkeiten bieten somit eine praxistaugliche Messmethode für alle Arten von Schienenfahrzeugen. Zudem besteht erstmalig die Möglichkeit, die signifikanten Einflussfaktoren des Lichtraumbedarfs in allen Raumrichtungen sowie für jeden beliebigen Fahrzeugkonturpunkt messtechnisch zu verifizieren. ■

QUELLEN

- [1] Technische Regeln für Straßenbahnen – Bemessung des lichten Raumes von Bahnen (TRStrab Lichtraum), Fassung vom 25.03.2015
 [2] Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung – BOStrab), Dezember 1987; Deutsche Bau- und Betriebsordnung Straßenbahnen

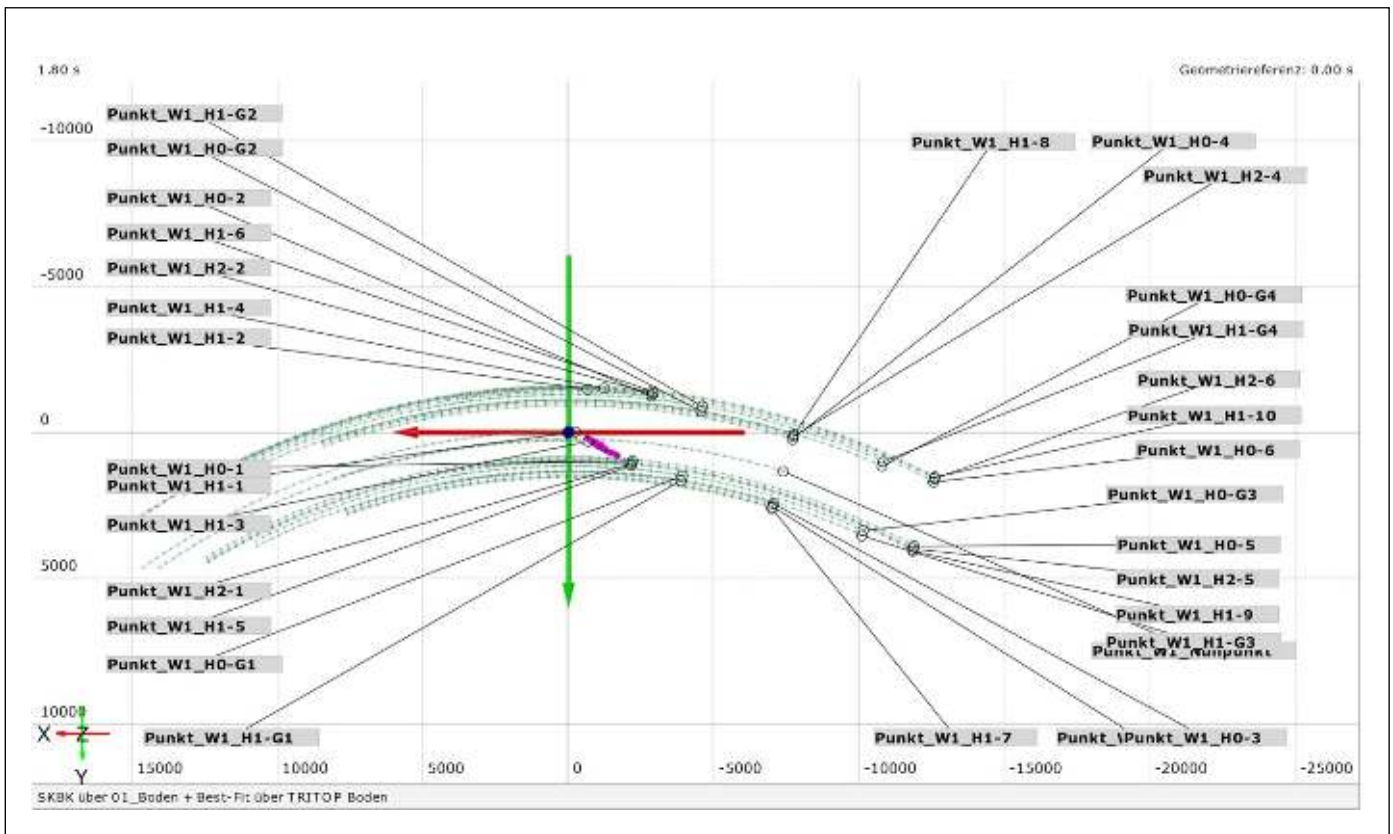


Abb. 5: Trajektorienschär der Auswertepunkte

Quelle: Me-go

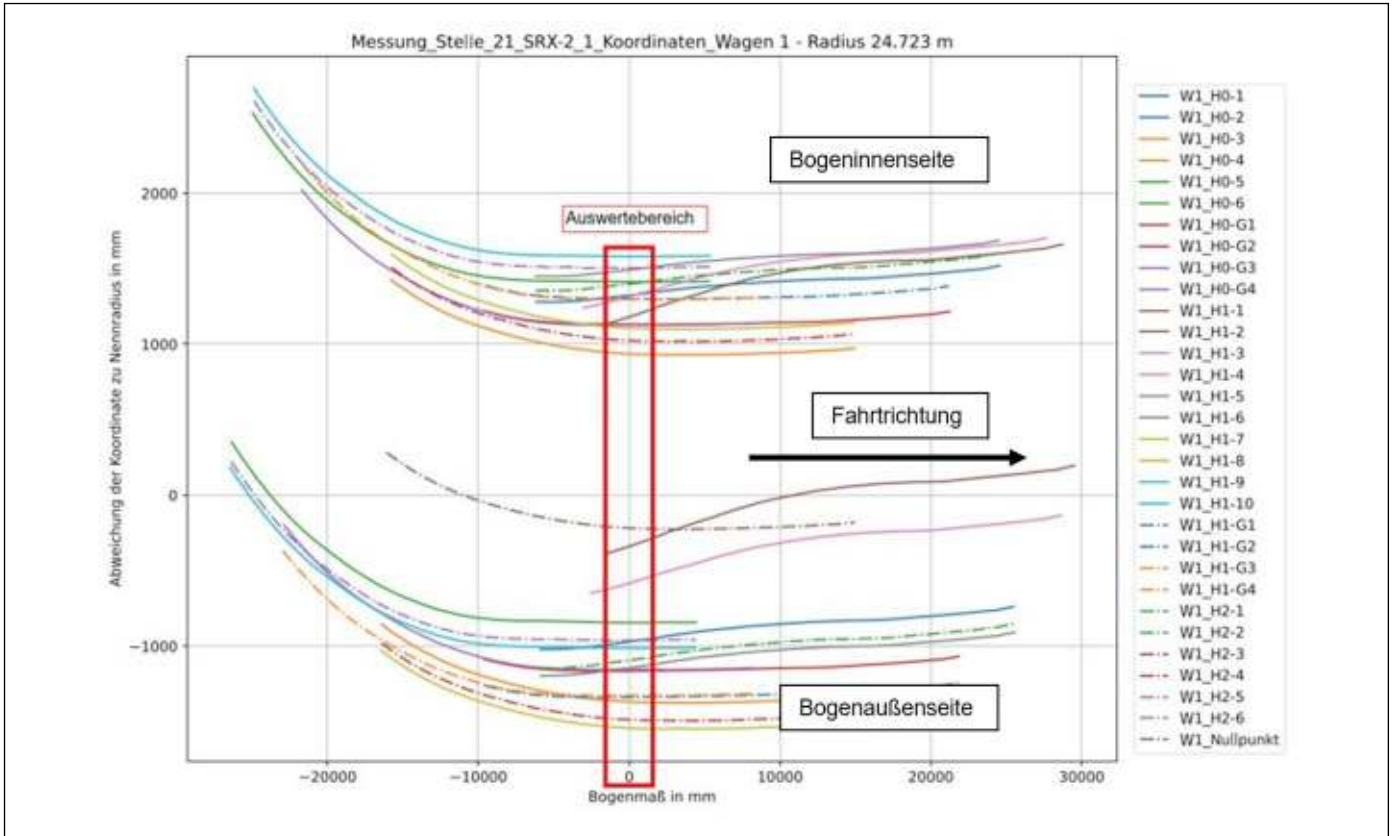


Abb. 6: Überlagerung der Trajektorien im Auswertebereich

Quelle: Me-go



Dipl.-Ing. Dirk Fischer
Gutachter & Projektleiter
CE cideon engineering
GmbH & Co. KG, Bautzen
dirk.fischer@cideon-engineering.com



Dipl.-Ing. IWE Stefan Schubert
Sachverständiger
CE cideon engineering
GmbH & Co. KG, Bautzen
stefan.schubert@cideon-engineering.com



Dipl.-Ing. Stephan Schultze
Verantwortlicher Ingenieur
Fahrzeugtechnik Straßenbahn
Dresdner Verkehrsbetriebe AG, Dresden
stephan.a.schultze@dvbag.de



Viale dell'industria 65
21052 Busto Arsizio Italy
+39 0331 1262011
marketing@tmctransformers.com
tmctransformers.com

TMC has a wide range of MV and LV transformers for railway traction fixed electrical substations.

The products are in dry type technology both cast resin and VPI.

360° RAILWAYS EXPERTISE



Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für CE cideon engineering / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH