

# Vom Zollstock zu BIM

## Lichtraumkontrolle: Kollisionsanalyse im Wandel der Zeit

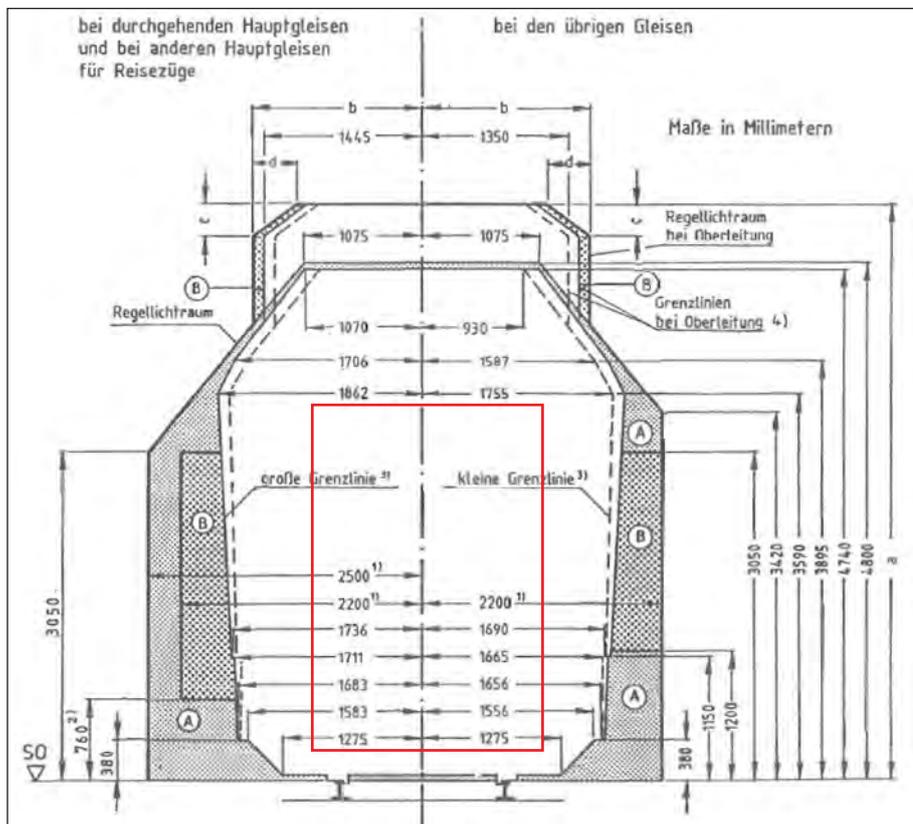


Abb. 1: EBO-Lichtraum mit kleiner und großer Grenzlinie, Vergleich mit der Hüllkurve eines Straßenbahnfahrzeugs

Thies Rickert

Die Arten der hier gemeinten Kollisionen sind vielfältig. Dazu gehören jedoch nicht Zusammenstöße von Zügen, die durch technische oder menschliche Fehler zur selben Zeit auf dasselbe Gleis geschickt werden. Kollisionsanalyse meint hier also nicht die Erforschung der Schuldursachen tatsächlich stattgefundener Unfälle, stattdessen vielmehr Vorabuntersuchungen zu deren Vermeidung. Die an dieser Stelle angesprochenen Kollisionen hängen sämtlich mit dem Lichtraum zusammen, einer gedachten Beanspruchung des Raums, den Züge während ihrer Fahrten auf Gleisen nutzen bzw. nutzen könnten. Ein Sicherheitspuffer spielt ebenfalls eine Rolle.

### Lichtraum, Grenzlinie, Hüllkurve

Der Lichtraum ist in einer senkrecht zur Gleisachse stehenden Ebene definiert. Geregelt wird er in Deutschland in der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO), europaweit finden sich zusätzliche Hinweise in den Technischen Spezifikationen für

die Interoperabilität (TSI). Die Richtlinien berücksichtigen auch die Unfallverhütungsvorschriften, welche von den Berufsgenossenschaften erlassen werden und auf dem Siebten Buch des Sozialgesetzbuchs (SGB VII) fußen. Verwandte des Lichtraums sind die kleine und die große Grenzlinie und die Hüllkurve. In Abb. 1 sind die vier so definierten Flächen zu erkennen. Die Definitionen unterscheidet man wie folgt:

- Die Grenzlinie umschließt den Raum, den ein Fahrzeug unter Berücksichtigung der horizontalen und vertikalen Bewegungen sowie der Gleislagetoleranzen und der Mindestabstände von der Oberleitung benötigt. Die Grenzlinie ist fahrzeugunabhängig und daher von allen Fahrzeugen einzuhalten. Die kleine und die große Grenzlinie unterscheiden sich nur durch die Gleisposition, die große gilt in der Kurve ( $r \geq 250$ ), die kleine in der Geraden.
- Der Regellichtraum setzt sich zusammen aus dem von der Grenzlinie umschlossenen Raum und zusätzlichen Räumen für bauliche und betriebliche Zwecke. Diese können Bahnsteige, Rampen, Rangierein-

richtungen und Signalanlagen sein, darüber hinaus sind Einragungen bei Bauarbeiten zulässig, wenn die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen getroffen sind.

- Die Hüllkurve ähnelt der Grenzlinie. Sie ist allerdings fahrzeugabhängig und wird vor allem bei der Planung von Straßenbahnen verwendet. Für jedes Fahrzeug muss der Raum ermittelt werden, den genau dieses Fahrzeug bei der Fahrt mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten über ein bestimmtes Gleis erfordert.

Berechnet man nun die so definierten, geschlossenen Profillinien gleicher Art in sehr kleinen Abständen entlang des Gleises, reiht sie aneinander und vermascht sie in Längsrichtung, so erhält man jeweils einen georeferenzierten Schlauch, der genau den Raum enthält, der kollisionsfrei (profilfrei) zu halten ist. Diese räumlichen Körper können zum Beispiel mit der Software CARD/1 für beliebige Querschnitte und Fahrzeuge berechnet und als 3D-Objekt über Schnittstellen an andere Systeme übergeben werden.

### Kollisionen

Kollisionen können in verschiedenen Phasen auftreten. Sie werden entweder bereits bei der Planung verursacht, dann sind sie Planungsfehler und durch geeignete Qualitätskontrollen zu erkennen und zu beseitigen. Oder sie existieren, nachdem die Planung bzw. Teile der Planung realisiert wurden, weil es an irgendeiner Stelle einen Umsetzungsfehler gegeben hat. Dann nennt man sie Absteck- oder Baufehler. Dies wird in der Regel durch die Vermessung entdeckt, die baubegleitend oder vor der endgültigen Abnahme stattfindet. Drittens können sich nach der Inbetriebnahme während des Betriebs durch ungewollte Änderungen der Gleislage, durch streckennahes Baum- und Strauchwachstum, durch unsachgemäßes menschliches Verhalten und weitere Ursachen mögliche Kollisionsorte entwickeln, die ebenfalls durch geeignete Vermessungen rechtzeitig zu entdecken und zu entschärfen sind.

Geometrisch unterteilen sich die potenziellen Kollisionsursachen in punktförmige, linienförmige und räumliche Objekte. Punktförmige Objekte sind zum Beispiel Signale, Gebäudeecken und ähnliche Zwangspunkte, bei den linienförmigen ist die Bahnsteigkante das hervorstechende Objekt, welches am sorgfältigsten geplant und gepflegt werden muss. Hier ist insbesondere die relative Lage zwischen Lichtraum und Objekt von Bedeutung. Die Hinweise zu den Einbaumaßen von Bahnsteigkanten in Deutschland

sind detailliert vorgegeben, sie befinden sich im Anhang 3 der DB Station&Service AG – Richtlinie 813.0201 „Bahnsteige konstruieren und bemessen“.

Bei den räumlichen Objekten ist an erster Stelle der Zug auf dem Nachbargleis zu nennen. Es ist also zu prüfen, ob sich die relevanten Schläuche (Lichträume, Grenzlinien, Hüllkurven) an irgendeiner Stelle durchdringen. Bei Weichen und Kreuzungen kann dies natürlich nicht verhindert werden. Deswegen findet hier die Kollisionsprüfung nur bis zum Grenzzeichen (SO 12) statt, die Vorgehensweise zur Platzierung des Grenzzeichens berücksichtigt bereits die Grenzlinien der beiden Gleise. Genauso wichtig sind Streckenabschnitte mit Tunneln. Die fertiggestellten Tunnelbauwerke dürfen einschließlich der Einbauten über die gesamte Lebensdauer von Tunnel und Gleis den Lichtraum der durchführenden Gleise nicht verletzen. Als drittes räumliches Objekt sollen Brückenunterfahrten angeführt werden. Hier sind allerdings die kritischen Stellen bekannt, so dass punktuelle Prüfungen in der Regel ausreichen.

### Methoden der Kollisionsanalyse

Die Anwendungsfälle für Kollisionsanalysen haben sich im Laufe der Zeit nicht geändert, wohl aber die Methoden, die Einhaltung des Lichtraums zu kontrollieren. Bei Einzelobjekten ist in der Planungsphase keine Vermessung erforderlich. Der Gleisabstand ist im Bahnhofsbereich mit einem Abstand von mindestens 4,50 m zu planen, dazwischen passt dann ein Signal. Sind Gleise und Signal in Betrieb, ist aus Sicherheitsgründen nur von Zeit zu Zeit auf die relative Lage zu achten. Dazu können Zollstock oder Maßband verwendet werden. Da sich der Standort des Signals nicht ändert, reicht es aus, in regelmäßigen Abständen die Solllage des Gleises zu kontrollieren und ggf. wiederherzustellen.

Auch die Bahnsteigkante erfordert eine möglichst exakte relative Lage des Gleises. Die ist hier sogar noch wichtiger als beim Signal, weil wir uns in der Nähe der Grenzlinie und nicht nur in der Nähe des Lichtraumprofils bewegen. Um tatsächliche Kollisionen zwischen Fahrzeug und Bahnsteig zu verhindern, wird das Gleis festgelegt. Die Eisenbahner meinen damit Holzbalken, die zwischen Schwelle und Bahnsteig eingebaut werden. Diese verhindern auf einfache aber effektive Art, dass das Gleis im Betrieb seine Lage hin zum Bahnsteig ändert. Vermessungstechnisch werden Bahnsteigkante und Gleisachse mittels tachymetrischer Einzelpunktaufnahme oder spezieller Lichtraummessverfahren kontrolliert.

Natürlich ist für diesen Zweck auch die Bestandserfassung über Punktwolken eine Vermessungsmöglichkeit. Die absolute Messgenauigkeit ist grundsätzlich kein Problem, doch benötigt man ein Verfahren, um die Bahnsteigkante innerhalb der Punktwolke exakt identifizieren zu können. Solange dies

nicht verbreitet anerkannt ist, wird Laserscanning wohl erst einmal in anderen Bereichen eingesetzt werden. Die Auswertung von Bestandstunnelprofilen, die als Punktwolken erfasst wurden, ist damit sehr gut durchführbar. Da sowohl die Schienen als auch die Tunnelwände gleichzeitig gemessen werden, lässt sich nicht nur die Beschaffenheit des Tunnels, sondern gleichfalls die relative Lage kontrollieren. Eine weitere Methode zur Kollisionsanalyse ist die unmittelbare Verwendung der Raumkörper, so wie sie im Abschnitt „Lichtraum, Grenzlinie, Hüllkurve“ beschrieben werden. So wäre es z. B. 1999 am Hackeschen Markt in Berlin fast zur Kollision zweier Straßenbahnen gekommen. Ursache war damals eine fehlerhafte Berechnung der Wagenaus-schlagslinie, das Problem wurde erst bei Probefahrten entdeckt. Bis zur Behebung des Problems durch Neuverlegung der betroffenen Gleise legten die Triebfahrzeugführer per Handzeichen fest, wer zuerst fahren darf. Die auch heute noch gebräuchliche Berechnung des maximalen Flächenbedarfs im Grundriss durch die Nutzung von tabellarisch erfassten fahrzeug- und radiusabhängigen Wagenaus-schlägen hätte allerdings genauso zu einer brauchbaren Lösung führen müssen, da sie die Fläche großzügiger als erforderlich bemisst. Für die Lösung dieses Problems wür-

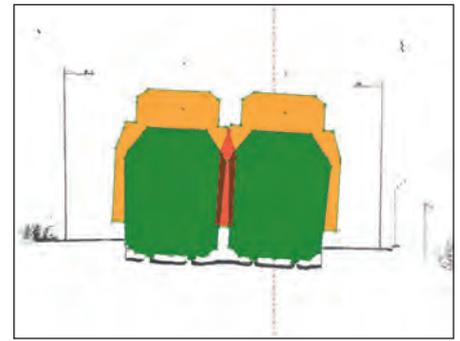


Abb. 2: Lichträume, Grenzlinien, Schnittbauwerk und Punktwolke in der Querschnittsansicht

de man heute mittels geeigneter Software die Hüllschläuche für alle Gleise berechnen und verschneiden. In Abb. 2 sind Lichträume und Grenzlinien zum Schnitt gebracht. Die in diesem Beispiel für die Raumkörper verwendeten Achsen, Rampen und Gradienten wurden mittels automatischer Objekterkennung aus den Punktwolkendaten ermittelt.

### Auswertungen

Die Möglichkeiten der Auswertung sind bedingt durch die Methoden der Kollisionsanalyse. Ganz früher musste man die Messergebnisse von Hand notieren und mit den

## Notlösung.







## In der Not die Lösung.

Unsere Tunnelsicherheitsbeleuchtung.



**PINTSCH ABEN**  
www.pintschaben.com

Stationierung	Code	Bemerkung	Höhe	Radius	Gleis	Abstand	Soll	Ist	Toleranz	Abstand	Soll	Ist	Toleranz
TL 03200	291	Baug/DB/Fest	73,970	1	1	82979,2140	-420	73,230	-1,642	1,677	1,720	-48	-10 ?
TL 03209	291	Baug/DB/Fest	73,970	1	1	82989,4920	-449	73,230	-1,656	1,678	1,720	-60	-10 ?
TL 03299	291	Baug/DB/Fest	73,980	1	1	83099,4820	-298	73,230	-1,662	1,687	1,720	-41	-10 ?
TL 03297	291	Baug/DB/Fest	73,981	1	1	83079,8020	-288	73,230	-1,688	1,707	1,720	-11	-10 ?
TL 03276	291	Baug/DB/Fest	73,974	1	1	83013,1080	-298	73,230	-1,690	1,712	1,720	-16	-10 ?
TL 03277	291	Baug/DB/Fest	73,968	1	1	83022,7820	-298	73,230	-1,692	1,704	1,720	-24	-10 ?
TL 03363	291	Baug/DB/Fest	73,970	1	1	83032,7420	-298	73,230	-1,698	1,711	1,720	-17	-10 ?
TL 03361	291	Baug/DB/Fest	73,973	1	1	83042,7090	-298	73,230	-1,693	1,718	1,720	-10	-10 ?
TL 03364	291	Baug/DB/Fest	73,968	1	1	83032,4730	-298	73,230	-1,692	1,714	1,720	-18	-10 ?
TL 03385	291	Baug/DB/Fest	73,983	1	1	83042,4660	-298	73,230	-1,698	1,710	1,720	-18	-10 ?
TL 03386	291	Baug/DB/Fest	73,980	1	1	83072,4740	-298	73,230	-1,679	1,702	1,720	-27	-10 ?
TL 03392	291	Baug/DB/Fest	73,981	1	1	83092,9090	-300	73,230	-1,677	1,700	1,720	-8	-10 ?
TL 03392	291	Baug/DB/Fest	73,983	1	1	83092,9330	-300	73,230	-1,662	1,684	1,700	-18	-10 ?
TL 03423	291	Baug/DB/Fest	73,987	1	1	83099,3260	-300	73,230	-1,669	1,692	1,700	-11	-10 ?
TL 03428	291	Baug/DB/Fest	73,979	1	1	83109,2820	-300	73,230	-1,678	1,687	1,700	-8	-10 ?
TL 03427	291	Baug/DB/Fest	73,980	1	1	83119,2770	-300	73,230	-1,691	1,709	1,700	9	-10 ?
TL 03494	291	Baug/DB/Fest	73,972	1	1	83139,2040	-300	73,230	-1,665	1,690	1,700	-12	-10 ?
TL 03495	291	Baug/DB/Fest	73,971	1	1	83139,2220	-300	73,230	-1,672	1,699	1,700	-10	-10 ?
TL 03494	291	Baug/DB/Fest	73,972	1	1	83139,2040	-300	73,230	-1,665	1,690	1,700	-12	-10 ?
TL 03495	291	Baug/DB/Fest	73,970	1	1	83139,1720	-300	73,230	-1,669	1,692	1,700	-12	-10 ?
TL 03494	291	Baug/DB/Fest	73,964	1	1	83149,1780	-300	73,230	-1,668	1,690	1,700	-13	-10 ?
TL 03493	291	Baug/DB/Fest	73,968	1	1	83139,1800	-300	73,230	-1,678	1,699	1,700	-8	-10 ?
TL 03500	291	Baug/DB/Fest	73,960	1	1	83139,1770	-300	73,230	-1,660	1,682	1,700	-22	-10 ?
TL 03503	291	Baug/DB/Fest	73,988	1	1	83139,1800	-300	73,230	-1,687	1,699	1,700	-14	-10 ?
TL 03504	291	Baug/DB/Fest	73,988	1	1	83209,9140	-300	73,230	-1,669	1,695	1,700	-12	-10 ?

Abb. 3: Gegenüberstellung der Soll- und Ist-Werte für eine Bahnsteigkante

Soll-Werten vergleichen. Heute sind viele Prozesse automatisiert. Für punkt- und linienförmige Objekte ist häufig ein Listennachweis zu führen. In Abb. 3 ist exemplarisch eine Kontrolle der Bahnsteigkante abgebil-

det. Der exakte Verlauf der Bahnsteigkante ist dabei relativ zur Gleislage zu sehen. Die Einbaumaße der Richtlinie 803.0201 geben Abstand und Höhendifferenz in Abhängigkeit von den Gleisparametern vor.

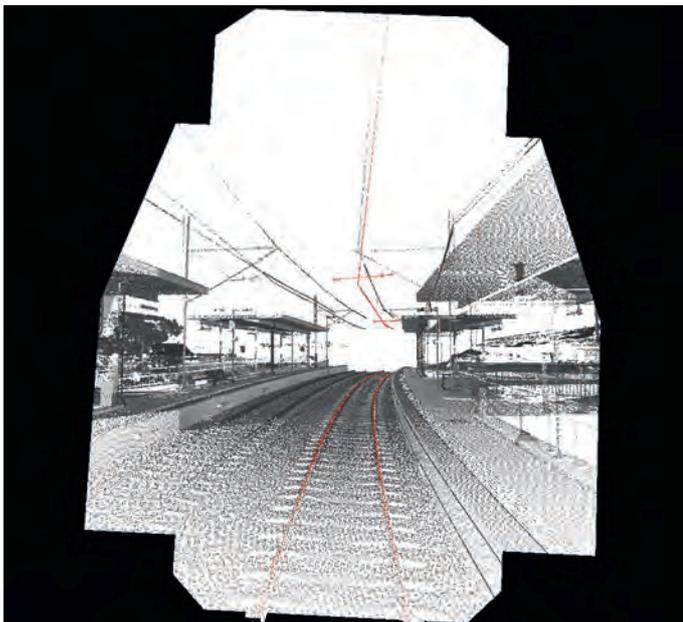


Abb. 4: Blick aus Lichtraumtunnel auf Bestandspunktwolke

Wesentlich für die moderne Kontrolle ist natürlich die Visualisierung der Messergebnisse in der Grafik. Da alle im selben Koordinatensystem vorliegenden Daten auch grafisch dargestellt werden können, lässt sich schnell die relative Lage prüfen, erst recht, wenn die Möglichkeit der Einfärbung bei Grenzwertverletzungen besteht. Natürlich können moderne Systeme solche Situationen auch in der Grafik bemaßen. Was in der Grafik möglich ist, funktioniert auch für die Zeichnung, automatisch generierte Zeichnungen ergänzen die zu erstellenden Nachweise. Spätestens seit der Ankündigung der Einführung von BIM (Building Information Modeling) durch den Bundesverkehrsminister Alexander Dobrindt geht an räumlichen Objekten kein Weg vorbei. Im Abschnitt „Lichtraum, Grenzlinie, Hüllkurve“ wurde bereits die Erzeugung eines solchen Raumkörpers beschrieben. In Kombination mit Punktwolken, die mittels Laserscanning gemessen werden, sind sehr schnelle Verfahren denkbar, die eine hochgenaue Auswertung von Massendaten zum Zwecke der Kollisionsanalyse erlauben. Abb. 4 zeigt einen Blick aus dem Lichtraumtunnel und gibt die Sicht auf den aus einer Punktwolke dargestellten Bestand frei. Die Punkte der Oberleitung und der Schienen liegen innerhalb des berechneten Lichtraums und wurden automatisch rot eingefärbt.

## LITERATUR

- [1] Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO, 1967)
- [2] Technische Spezifikationen für die Interoperabilität des Teilsystems „Infrastruktur“ (TSI, 2002)
- [3] Verordnung über die Interoperabilität des transeuropäischen Eisenbahnsystems (TEIV, 2007)
- [4] Richtlinie 813.0201 der DB Station&Service AG – Bahnsteigkonstruktionen und bemessen (2012)
- [5] Berliner Zeitung vom 01.09.1999: Wegen Planungsfehler, <http://www.berliner-zeitung.de/wegen-planungsfehler-passen-strassenbahnen-nicht-aneinander-vorbei--haendler-wollen-entschaedigung-hackescher-markt-gleise-muessen-neu-verlegt-werden-16801226>, letzter Aufruf: 06.06.2016, 14:35 Uhr



Dipl.-Ing. Thies Rickert

Abteilungsleiter Trassierung Bahn  
IB&T Ingenieurbüro Basedow &  
Tornow GmbH, Norderstedt  
thies.rickert@card-1.com

## Zusammenfassung

### Vom Zollstock zu BIM

Lichtraum, Grenzlinie und Hüllkurve sind keine real existierenden Bauwerke. Sie beschreiben den Raum, der für Betrieb und Sicherheit kollisionsfrei gehalten werden muss. Früher waren Zollstock und Maßband ausreichend, weil die Kontrolle querschnittsbezogen vorgenommen wurde. Neue technische Möglichkeiten erlauben die Berechnung eines räumlichen Schlauchs für den gesamten Fahweg. Mit der Einführung von BIM kann das dafür erforderliche Bauwerk über Schnittstellen transportiert werden. Die Verschneidung des Raumkörpers mit Einzelpunkten, anderen Raumkörpern oder Punktwolken ermöglicht eine kontinuierliche Kollisionsanalyse.

## Summary

### From yardstick to BIM

Infrastructure verification limit gauge, installation limit gauge and envelope are not physically existing buildings. They describe the space that must be kept free from collisions for operations and safety. In former times a yardstick and a measuring tape were sufficient when checks were made in relation to the cross section. New technical possibilities allow for the calculation of a spatial hose for the complete route. With the introduction of building information modelling (BIM) the required building can be transported via interfaces. The intersection of the spatial body with singular points, other spatial bodies or point clouds makes it possible to carry out a continuous collision analysis.