

Wie die Gleisanlagen konstruiert wurden



Gérard Rutishauser, Stefan Moser,
Bernard Koller

Lärm- und Erschütterungsschutz

Die Art des Gleisoberbaus hat neben den Fahrzeugen einen wesentlichen Einfluss auf die Lärm- und Erschütterungseinwirkungen in der Umgebung. Ein lärmarmen Oberbau zeichnet sich aus durch eine poröse, schallabsorbierende Oberfläche. Diese Anforderung ist im Schotterrasengleis in idealer Art und Weise erfüllt.

Das Einzugsgebiet der Glattalbahn stellt hohe Anforderungen bezüglich Erschütterungs- und Körperschallschutz. Zahlreiche Unternehmungen haben sich aus der Hightech- und der Dienstleistungsbranche angesiedelt. Wo nötig, kommen daher sogenannte «Masse-Feder-Systeme» zum Einsatz: Die armierten Gleistragplatten sind mit Elastomer- oder bei geringeren Anforderungen mit Mineralwollmatten unterlegt (vgl. Abbildung 1). Die Betonplatte, auf der das Gleis montiert wird, hat eine Stärke von mindestens 22 Zentimetern. Dieses System reduziert die Erschütterungen und den Körperschall markant.

Die Wirkungsweise beruht auf einfachen physikalischen Prinzipien: Je grösser die abgefederte Masse und je weicher die Federn, desto

grösser ist die Wirkung. Der Weichheit der Federn oder Matten sind allerdings enge Grenzen gesetzt, denn das Gleis darf sich nicht zu sehr verformen, wenn ein Fahrzeug darüberfährt.

Gestaltung des Oberbaus als Teil des Ganzen

Der Gleisoberbau prägt die unverkennbare, moderne Architektur und das durchgehende Erscheinungsbild der Glattalbahn massgeblich mit. Als Element auf der Stadtebene soll die Glattalbahn Räume nicht trennen, sondern verbinden. Wo immer möglich ist der Gleisoberbau deshalb bis zum Schienenkopf mit Schotterrasen eingedeckt.



Abbildung 1: Einbau von Elastomermatten

Die fünf Gleisoberbautypen der Glattalbahn

Unterhaltssarmer Oberbau

Bei der Entwicklung und Festlegung der Gleisoberbautypen wurde das Ziel verfolgt, eine unterhaltssarme Anlage zu erstellen. Im Gleisoberbau unterscheidet man zwei grundsätzlich verschiedene Bauweisen: den Schotteroberbau und die feste Fahrbahn. Beim Schotteroberbau besteht die Möglichkeit – aber auch die Notwendigkeit –, die Gleislage periodisch nachzurichten. Eine feste Fahrbahn muss nach dem Einbau nicht mehr nachgerichtet werden. Sie kann aber auch nicht mehr nachgerichtet werden.

Bei der Glattalbahn ist es mit Ausnahme eines ca. 800 Meter langen Abschnittes in der ersten Etappe, wo wegen des setzungsempfindlichen Untergrundes ein späteres Nachrichten der Gleise unabdingbar ist, überall gelungen, eine unterhaltssarme feste Fahrbahn zu realisieren.

Weitgehende Standardisierung der Gleisoberbautypen

Die zweite Etappe der Glattalbahn verläuft auf einer Strecke von mehr als einem Kilometer Länge auf Spezialbauwerken. Dazu zählen der 860 Meter lange Viadukt Balsberg sowie der 400 Meter lange Margarethentunnel. Der Oberbau der Glattalbahn ist weitgehend standardisiert, damit möglichst wenig unterschiedliche Bauteile und -arten zur Anwendung kommen. Aufgrund der örtlichen Anforderungen ergibt sich eine Anzahl von Variationen.

Es kommen fünf Grundtypen zur Ausführung (vgl. Abbildung 2). Die Typen A und Bs entsprechen herkömmlichen Bauarten für Trams und Schmalspurbahnen. Die Typen Ba und C werden in den folgenden Kapiteln näher beschrieben. Der Oberbautyp D (Gleis im Tunnel) leitet sich aus dem Oberbautyp C (Gleis auf lan-

gen Brücken) ab. Er kommt im Margarethentunnel zum Einsatz. Die Gleistragplatte ist auch im Tunnel durchgehend auf einer auf der Tunnelsohle aufliegenden Elastomermatte gelagert.

Typ Ba: Gleis im Eigentrassee mit Schotterrasen

Der Oberbautyp Ba – Gleis im Eigentrassee mit Schotterrasen – ist eine Neuentwicklung des ausführenden Unternehmers. Es handelt sich dabei um ein Gleis auf einer Betontragschicht mit einer Schotterraseneindeckung. Der fertig montierte Gleisrost, bestehend aus Betonschwellen und Vignolschienen, wird aufgeständert und genau gerichtet. Anschliessend wird die faserarmierte Betontragplatte als monolithischer Balken erstellt. Die ganze Gleisanlage wird bis zur Unterkante des Schwellenkopfs mit einem Schotterrasensubstrat aufgefüllt. Damit

Oberbautyp		2. Etappe	Anwendungsfälle und Eigenschaften
A	Gleis im Strassenkörper	2'876 m	Im Mischverkehr mit motorisiertem Individualverkehr oder öffentlichem Verkehr. Abschnitte mit Linienbusbetrieb oder Ersatzbusbetrieb (Störfall) auf dem Glattalbahn-Trasse. Massgebend sind funktionale Anforderungen.
Ba	Gleis im Eigentrassee mit Schotterrasen	5'282 m	In der Regel für Motorfahrzeuge nicht befahrbar, Übergänge und einzelne Überfahrten sowie Benützung durch Rettungsdienst möglich. Gestaltungsgrundsätze und Lärmschutz sind von hoher Bedeutung.
Bs	Gleis im Eigentrassee auf Schotter	0 m	Eigentrassee auf setzungsgefährdetem Untergrund. Klassisches Schottergleis (Betonschwellen im Schotter). Für Motorfahrzeuge nicht befahrbar.
C	Gleis auf langen Brücken	1'386 m	Leichte Bauweise mit geringer Bauhöhe. Wichtig ist die Funktionalität im Zusammenhang mit der Brücke. Befahrbarkeit mit Strassenfahrzeugen ausgeschlossen.
D	Gleis im Tunnel	756 m	Bauart in Beton. Nur bedingt befahrbar mit Strassenfahrzeugen. Erschütterungsschutz abschnittsweise wichtig.

Abbildung 2: Die fünf Gleisoberbautypen und ihre Eigenschaften



Abbildung 3: Die Entstehung des Gleisoberbaus

entsteht ein begrünbares Trasse. Kammerfüllkörper schützen die Schienenbefestigungen vor dem direkten Kontakt mit dem Substrat und somit gegen Korrosion (vgl. Abbildung 4).

Statisch entspricht die Gleistragplatte einem «unendlich langen Balken», Einlagen im Abstand von 6 Metern im Schwellenfach bringen ihn kontrolliert zum Reissen. Die Gleistragplatte ist zur Steuerung der Rissverteilung mit Kunststofffasern armiert. Zur Sicherung der Gleislage wird jede fünfte Schwelle mittels Dübeln in der Gleistragplatte verankert. Diese innovative Art der Armierung kam bis anhin nur bei nichttragenden Bauteilen zur Anwendung.



Abbildung 4: Gleis im Eigentrassee mit Schotterrasen (Typ Ba)

Typ C: Gleis auf langen Brücken

Bei der Projektentwicklung der Viadukte war die optimale Interaktion von Brückentragwerk und Gleisoberbau von grosser Bedeutung. Es geht hauptsächlich um die Lösung folgender Probleme:

- Kraftübertragung zwischen Gleis und Brückenbauwerk sowie Schutz der Brückenisolierung
- Verformungen der Brückenüberbauten und deren Einfluss auf das Gleis

- Gebrauchstaugliche Ausführung der Dilatationen und Schienenausügen
- Schnittstellen zwischen dem Brückentragwerk und dem Gleisoberbau inkl. Entwässerung.

Die Längskräfte, die beim Anfahren und Bremsen der Fahrzeuge in der Gleistragplatte entstehen, werden über eine elastische Zwischenlage direkt in das Brückenbauwerk geleitet. Aufgrund von Fliehkräften und Temperaturspannungen treten in den Schienen auch Querkräfte auf, die in kleinen Kurvenradien ihr Maximum erreichen. Diese werden über plattenförmige Betonfüllkörper von den Gleistragplatten auf die Brückenkonsolle übertragen. Das hat den Vorteil, dass die Brückenisolierung so nicht durch zusätzliche Querschubkräfte beansprucht wird.

Am freien Brückende, also vor jeder Dilatationsfuge, müssen die Längskräfte, die hauptsächlich aus Temperaturdifferenzen von Brückentragwerk und Schienen und aus Bremskräften entstehen, mittels einer Endverankerung in das Brückenbauwerk eingeleitet werden.

Der Viadukt Balsberg weist grosse Abschnittslängen zwischen den Dilatationsfugen auf. Die Längsverschiebungen der Brücke werden mittels Schienenausügen aufgefangen. Deformationen in vertikaler und lateraler Richtung sollten bei solchen Konstruktionen vermieden werden, weil diese vom Gleis in der Regel nicht aufgenommen werden können. Beim Viadukt Balsberg führte die an sich günstige Ausbildung der Tragkonstruktion (monolithische Verbindung von Stützen und Überbau) bei den Dilatationen zu vertikalen und lateralen Verschiebungen, was Sonderkonstruktionen des Gleisoberbaus zur Folge hatte.

Feste Fahrbahn auf langen Brücken (Typ C)

Die Realisierung eines schotterlosen Gleisoberbaus (feste Fahrbahn) auf langen Brücken ist für die Schweiz neu. Aus diesem Grunde musste in der Projektierung eng mit dem Bundesamt für Verkehr als Bewilligungsbehörde zusammengearbeitet werden. Die Interaktionen zwischen Brücke und Gleisoberbau mussten dargestellt werden, und es waren verschiedene rechnerische Nachweise notwendig, damit das Gleisoberbauprojekt definitiv genehmigt werden konnte.



Abbildung 5: Schienenauszüge auf dem Viadukt Balsberg

Umgang mit lateralen und vertikalen Bewegungen

4

Kontinuierliche horizontale wie vertikale Biegelinie des Gleises

Der Gleisoberbau auf dem Viadukt Balsberg wurde so konstruiert, dass sich in jedem Verformungszustand der Brücke eine kontinuierliche horizontale wie vertikale Biegelinie des Gleises einstellt. Eine Überbeanspruchung der Schienenauszüge und der Schienen ist so nicht möglich. Die gewählte Konstruktion stellt eine massgeschneiderte Sonderlösung dar.

Der Gleisoberbau erfüllt so auf seiner ganzen Länge die hohen Anforderungen bezüglich Sicherheit, Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit.

Der Viadukt Balsberg und seine Verformungen

Das bei der Realisierung des Viaduktes Balsberg gewählte statische Konzept lässt relativ grosse temperatur- und verkehrslastbedingte Verformungen in Längs-, Quer- und Vertikalrichtung zu. Während grössere Bewegungen an den Enden der Brückenplatten in Längsrichtung den Normalfall darstellen und durch den Einbau von Schienenauszügen im Gleisoberbau berücksichtigt werden können, stellen grössere Bewegungen in Quer- und Vertikalrichtung für den Gleisbauer eine Herausforderung dar. Diese Bewegungen könnten die Schienenauszüge in ihrer Funktion beeinträchtigen und unzulässige Spannungen in den Schienen hervorrufen.

Verzahnung der Gleistragplatten

Um das Problem zu lösen, werden die Zug- und Druckkräfte des Gleises beidseitig der Dilatationsfuge durch eine mittels Nocken erreichte Verzahnung der Gleistragplatten in die Brücke abgetragen. Infolge der lateralen Verformungskräfte musste der Oberbau im Dilatationsbereich komplett von der Brücke entkoppelt werden. Die Gleistragplatten wurden über die Dilatationsfuge hinweg so miteinander verbunden, dass sie sich seitlich nicht gegeneinander verschieben können. Dazu wurden zwei aussen liegende und ein innen liegender Träger (HEA 160) angeordnet. Damit die Gleistragplatten nicht zusätzlich durch Vertikalverschiebungen beansprucht werden, sind die Träger nur auf einer Seite der Dilatationsfuge festgeklemmt. Auf der anderen Seite werden sie hingegen mittels Klemmvorrichtungen so festgehalten, dass sie in der Länge und Höhe verschiebbar bleiben.

Vor und nach der Dilatationsfuge sind die Gleistragplatten schwimmend auf je nach Beanspruchung unterschiedlich steifen Elastomermatten gelagert. Der eigentliche Schienenauszug wird so weit von der Dilatationsfuge entfernt angeordnet, dass er nicht durch Vertikalversatz und Winkelverdrehung beansprucht werden kann.

Im Gleis treten infolge vertikaler Verschiebungen und Verdrehung der Brückenenden beidseits der Dilatation abhebende Stützpunktkräfte auf. Dies hatte zur Folge, dass in diesem Bereich an die Schienenbefestigung besondere, ja einzigartige Anforderungen gestellt werden mussten. Dazu wurde eine neuartige Spannklemme mit reduzierter Spannkraft entwickelt.

Autoren

Gérard Rutishauser, Dipl. Bau-Ing. ETH/SIA
Experte Gleisoberbau Glattalbahn
Oetwil am See

Stefan Moser, Dr. sc. techn., Dipl. Bau-Ing. ETH
Projektverfasser Gleisoberbau Glattalbahn
TU GOB, c/o Basler & Hofmann AG, Zürich

Bernard Koller, Dipl. Natw. ETH, BWI ETH
Projektleiter Bahntechnische Anlagen Glattalbahn
Team TEK, c/o TBF + Partner AG, Zürich

Bildnachweis

Daniel Boschung, Wallisellen
VBG, Glattbrugg

Herausgeberin

VBG Verkehrsbetriebe Glattal AG, Glattbrugg
www.vbg.ch

Glattbrugg, Dezember 2008