

Optimierte Kontrolle des Planums

Qualitätssicherung im gleisgebundenen Einbau von Korngemischen mit der RPM-RS-900



Abb. 1: Recycling-, Planumsverbesserungs- und Reinigungsmaschine RPM-RS-900

Markus Bauer

Die Recycling-, Planumsverbesserungs- und Reinigungsmaschine RPM-RS-900 der Spitzke AG ging im April 2007 in den Einsatz. Bereits im Vorfeld war klar, dass zu den Voraussetzungen für den Erfolg eine exakte Prüfung von Baugrund, gelieferten Korngemischen und neuem Planum gehört. Deshalb ging vom ersten Tag an ein Labor-Container gemeinsam mit der RPM-RS-900 zur Baustelle. Im Erdbaulabor werden seitdem die Böden geprüft, dabei Probleme rechtzeitig erkannt und sofort Entscheidungen getroffen.

Die Qualitätssicherung im gleisgebundenen Einbau von Korngemischen muss bereits in der Ausschreibungsphase beginnen, begleitet anschließend die laufenden Baumaßnahmen und wird bis zur Abnahme der Baustelle fortgesetzt.

Angebotsphase und Vorbereitung

Im Vorfeld der Baumaßnahme wird zunächst der Inhalt der Ausschreibung eingehend geprüft. Dazu gehören die Vorbemerkungen, das Leistungsverzeichnis (LV), das

Baugrund- und Altschottergutachten sowie die Quer- und Längsprofile (sofern vorhanden). Die exakte Erfassung des Inhaltes der Ausschreibung bildet die Voraussetzung für richtige Vorentscheidungen bei der Erstellung des Angebotes. Missverständnisse oder mangelnde Berücksichtigung von Anforderungen bereits in dieser Phase können später zu schwerwiegenden Problemen bei der Vertragserfüllung führen.

Für die Erarbeitung des Angebotes und des anschließenden Vertrages sind folgende Fragen zu beantworten:

- Welche Stoffe sollen eingebaut werden?
- Wodurch ist die Geometrie des einzubauenden Planums gekennzeichnet, speziell: Einbauhöhe und -breite des Korngemisches sowie Querneigungsrichtung von Planum und Erdplanum, Einsatz von Geoverbundstoffen, Beschreibung von Baugrundhindernissen bzw. -erschwernissen?
- Welche Bodenklassen für den auszubauenden Boden nach DIN 18300 sind benannt und welche Folgen ergeben sich für die RPM-RS-900?
- Welche chemische Belastung besitzen die auszubauenden Stoffe (insbesondere Schotter und Boden)?

- Worin besteht der vertraglich definierte Prüfungsumfang entsprechend Leistungsverzeichnis (LV) bzw. Vorbemerkungen für die Werkseigene Produktionskontrolle (WPK; früher: Eigenüberwachung)

Prüfungen im Zuge der Baumaßnahme Korngemisch vor der Lieferung

Vor Beginn der Baumaßnahme erfolgt die Prüfung des zu liefernden Korngemisches nach DBS 918 062 anhand der vorzulegenden Fremdüberwachungsunterlagen.

Um Mängel des Korngemisches zu vermeiden und den Einbau von mangelhaftem Material bei laufender Baumaßnahme zu verhindern, ist es ratsam, aus dem zu liefernden Korngemisch frühzeitig Proben zu entnehmen. Nach Beauftragung des Lieferanten wird deshalb im Lieferwerk – möglichst gemeinsam mit dem Produzenten – eine Probe des Korngemisches genommen und davon anschließend eine Kornverteilungskurve erstellt. Bei Bedarf müssen weitere Prüfungen durchgeführt werden. Notwendig ist mindestens eine Sieblinie je 2000 t Anlieferung. Bei geringeren Mengen wird einmal wöchentlich geprüft.

In der Ril 836 wird bezüglich des Prüfungsumfanges auf die BN 918 062 (Vorläufer der DBS 918 062) verwiesen. Nach DBS 918 062 kann im eingebauten Zustand und im Haldenzustand geprüft werden. Die Erfahrung zeigt, dass der Baubetrieb vor dem Einbau beim Lieferanten und nach dem Einbau für die Eigenleistung prüfen muss.

Die Kontrolle des Bahnschotters ist über die DBS 918 061 geregelt. Danach wird beispielsweise die Kornverteilung einschließlich Feinkorn arbeitstäglich geprüft. Die DBS 918 061 ist nicht an die Ril 836 gekoppelt.

Tragfähigkeit des Erdplanums und Korngemisches nach dem Einbau

Zur Prüfung während der maschinellen Gleiserneuerung wird fast ausschließlich das Leichte Fallgewichtsgerät (LFG, Abb. 2) verwendet. Dabei ist die Versuchsdauer (ca. zwei Minuten) wesentlich kürzer als bei Durchführung des statischen Plattendruckversuches (ca. 20 bis 30 Minuten). Angesichts der hohen Betriebskosten der eingesetzten Gleisbaumaschinen ist eine kurze Versuchsdauer



Abb. 2: Durchführung einer Tragfähigkeitsmessung mit dem Leichten Fallgewichtgerät (LFG)



Abb. 3: Bodendensitometer zur direkten Dichtekontrolle des eingebauten Korngemisches

sehr günstig. Zudem kann die Anzahl der Prüfungen mit dem Leichten Fallgewichtsgesetz im Vergleich zum statischen Plattendruckversuch verdoppelt werden. Die Wahrscheinlichkeit baugrundbedingte Schwachstellen im Unterbau zu lokalisieren, ist damit höher.

Auf dem Planum soll mindestens je 50 m ein Versuch, auf dem Erdplanum mindestens je 75 m ein Versuch durchgeführt werden. Geringe Tragfähigkeitswerte im Erdplanum können zu reduzierten Werten der Tragfähigkeit der Korngemische auf dem Planum führen. Der auf bindigem Untergrund zu erreichende Wert von $E_{vd} \geq 20 \text{ MN/m}^2$ kann bei entsprechenden hydrologischen Bedingungen schnell unterschritten werden. Je tonhaltiger und feuchter der anstehende Boden ist, desto günstiger ist eine möglichst schon im Vorfeld der Baumaßnahme eingebaute Tiefendrainage zur Entwässerung des Bahnkörpers.

Der in der Ril 836 praktizierte Ansatz über den aufgrund der geologischen und hydrologischen Situation angegebene EH-Wert ist meist zu unpräzise, um ihn direkt auf den später zu erwartenden E_{vd}-Wert übertragen zu können.

Bei Baugrundgutachten durch Schürfen gewonnene E_{vd}-Werte sind oft wesentlich höher als die im Zuge des Umbaus ermittelten. Die Ursache ist unklar, da zeitliche oder witterungsbedingte Einflüsse beim gleisgebundenen Umbau nicht zu einer Verschlechterung der Werte beitragen. Vermutlich liegt der Grund darin, dass die jeweiligen Tiefenlagen, die im Zuge des Baugrundgutachtens vorab durch Tragfähigkeitsversuche ermittelt wurden, nicht mit dem späteren tatsächlichen Niveau des Erdplanums übereinstimmen.

Dichte des Erdplanums und der eingebauten Korngemische

Die direkte Dichteproofung auf dem Planum erfolgt mit dem Densitometer (Abb. 3) in Abständen von mindestens 100 m. Auf dem Erdplanum wird mit Densitometer oder Ausstechzylinder in Abständen von 150 m geprüft. Der Proctorversuch zur Bestimmung der optimalen Verdichtung beim Korngemisch kann im Zusammenhang mit der Prüfung einer Probe vor der Baumaßnahme beim Lieferanten durchgeführt werden. Das ergibt einen zeitlichen Vorteil, weil die entnommenen Dichte-

proben dann sehr zeitnah zueinander in Beziehung gesetzt werden können. Die optimale Verdichtung und der Verdichtungsgrad können noch am Tag der Entnahme der Proben bestimmt werden.

Nach dem Auswiegen der beim Densitometerversuch entnommenen Korngemisch-Masse und nach der Berechnung des Volumens wird der Dichtewert des Korngemisches in Relation zur vorab ermittelten Proctordichte gesetzt. Dies ergibt den Verdichtungsgrad (das Soll für Korngemischeinbau liegt meist bei $\geq 100 \%$).

Im Erdplanumbereich wird üblicherweise das Ausstechzylinderverfahren angewendet, mitunter auch die Entnahme mit Densitometer durchgeführt. Die Proctordichte wird erst anhand der beim Densitometerversuch bzw. der in den Ausstechzylindern entnommenen Proben bestimmt.

Witterungsunabhängiger gleisgebundener Einbau von PSS

Die relative Unabhängigkeit vom Wetter gehört zu den besonderen Vorteilen des maschinellen gleisgebundenen Einbaus von PSS. So ist in Regenperioden ein vor Niederschlagswasser weitgehend geschütz-

ter Einbau von Korngemisch und Schotter möglich. Folgende Aspekte fallen dabei ins Gewicht:

- Beim Einsatz der RPM-RS-900 besitzt die Baustelle nur kurzzeitig eine offene Baugrube. Niederschlagswasser kann sich nicht auf dem Erdplanum sammeln. Im konventionellen Erdbau liegen dagegen größere Abschnitte des Erdplanums offen, üblicherweise mindestens einige hundert Meter je Bauspitze. Der Einbau der PSS erfolgt in größerem Zeitabstand zum Aushub. Dieses Problem tritt auch beim Schottereinbau auf.
- Die Elastizität im Unterbau bleibt beim Einsatz der RPM-RS-900 erhalten, wenn nicht bodenstabilisierende Bestandteile eingesetzt werden.
- Der anstehende Boden wird durch geringere dynamische Belastung beim Erdbau geschont. Beim wiederholten Überfahren mit eingesetzten Drei- bzw. Vierachsern wird das Porenwasser im anstehenden Untergrund aktiviert, die Tragfähigkeit des anstehenden Untergrunds vermindert sich temporär, der Boden kann zerfahren werden. Daraus resultieren Bauunterbrechungen, die bis zum Nichteinhalten von Bauterminen führen können.
- Langjährige Beobachtungsreihen im Bereich der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) weisen eine hohe Gleichmäßigkeit des Einbaus beim gleisgebundenen Tragschichteneinbau nach, im Gegensatz zum konventionellen Einbau [1]. Der gleisgebundene Einbau ist insbesondere zur Sanierung von Gleisen mit weichen Untergrundverhältnissen (feinkörnige Böden) geeignet, deren E_{vd}-Werte im Bereich von etwa 5 – 20 MN/m² liegen.

Bodenverbesserung bei bindigen Böden

Die Bodenverbesserung von gemischtkörnigen Böden, deren Wassergehalt zu hoch ist, hat eine Verfestigung zur Folge. Bei zu hoher Bindemittelzugabe wird die Elastizität des Unterbaus reduziert. Die Forderung der Ril 836 [2] nach einem Mindesttragfähigkeitswert ohne Angabe eines Maximaltragfähigkeitswertes führt zur verstärkten Zugabe von Bindemittel und zu hohen Tragfähigkeitswerten. Der Untergrund reagiert nicht mehr elastisch bei späterer dynamischer Belastung im Betriebszustand des Gleises. Zwischenschichten wie Korngemisch und Schotter erleiden durch diese „Einspannung“ eine höhere Kornbelastung und einen schnelleren Verschleiß.

Diese Problematik betrifft den konventionellen Gleisbau und verlangt nach evtl. Entwicklung gleisgebundener Bodenverbesserungen. Zeitnah müssten der Wassergehalt und die Bodenart beim Vermörteln

des Bodens bestimmt werden, um den jeweiligen Bindemittelgehalt sofort anpassen zu können.

Nachteile beim Einsatz von Geoverbundstoffen Kontakt zwischen Korngemisch und Erdplanum

Bei Feuchtigkeitsüberschuss im Korngemisch (Korngemisch 1) schließen sich die Poren im Geoverbundstoff schnell, der Geoverbundstoff wird dadurch undurchlässig und wirkt wie eine wasser- bzw. dampfundurchlässige Sperre nach oben und unten. Folge ist Tragfähigkeitsverlust im Kontaktbereich zum Geoverbundstoff [3].

Kontakt zwischen Schotter und Erdplanum (ohne PSS)

Hydrologisch ungünstige Verhältnisse – stark bindiger Boden und eine schlechte Entwässerungssituation – führen bei Zusetzen des Geoverbundstoffes zum Verlust der Filterfunktion. Das verursacht eine Erhöhung der Wassergehalte an der Unterseite des Geoverbundstoffes, was den Instandhaltungsaufwand mittelfristig erhöht (vgl. [4]). Ein direktes Verlegen von Geoverbundstoff auf Festgestein, Packlage oder mit Kalk behandeltes Lockergestein wurde bei der Deutschen Reichsbahn nicht genehmigt. Es sollte auch nur bei EH-Werten des anstehenden Bodens von > 17,5 MN/m² über größere Einbaulängen verwendet werden, bei geringeren Werten nur örtlich zur Überbrückung von Schlammstellen.

Bei späterer Sanierung mittels maschinellem gleisgebundenen Umbau ist der Ausbau der Geoverbundstoffe nach derzeitigem Stand der Technik nicht möglich. Die Aushubkette würde sich im Geoverbundstoff verstricken. Bei einer Bettungsreinigung würden die Siebe immer wieder verstopfen.

Die Frostbemessung zu verändern bzw. den Einsatz von ungebundenen Tragschichten weiter zu reduzieren, so dass Geoverbundstoff und Schotter evtl. direkt auf mit Bindemitteln behandelten Boden aufgebracht werden kann, verursacht eine geringere Elastizität im Bauwerk. Dies dürfte zu einem höheren Verschleiß bei den eingesetzten Schienenfahrzeugen führen.

Zusammenfassung

Die Qualitätssicherung beim gleisgebundenen Einbau von PSS bedarf einer zeitlich möglichst gründlichen, vorgelagerten Prüfung der Ausschreibungsunterlagen und des Vertrages, des Baugrundes sowie der einzubauenden Baustoffe. Bei laufender Baumaßnahme muss im Fall von Baugrundabweichungen schnell reagiert werden. Dies ist nur bei genauer Kenntnis der vertraglichen Situation möglich.

Bei zukünftigen Entwicklungen hinsicht-

lich des Einsatzes von Geoverbundstoffen sollten auch die langfristigen Konsequenzen berücksichtigt werden. Veränderungen im Bausystem sind in ausgewählten Versuchsabschnitten – insbesondere auch mit schlechten hydrologischen Bedingungen – entsprechend lange zu testen. Die Folgen tragen spätere Generationen, im positiven wie im negativen Sinne.

LITERATUR

- [1] Auer, F.; Zuzic, M.; Schilder, R.; Breymann, H.: 13 Jahre Erfahrung mit gleisgebundener Untergrundsanierung im Netz der ÖBB; ETR, Heft 12/2007
- [2] Ril 836 – Erdbauwerke planen, bauen und instand halten (20.12.1999)
- [3] Rahn, H.: Die Rolle der Tragschichten im Eisenbahnbau; Der Eisenbahningenieur, Heft 3/2001
- [4] GEPRO-Bericht; „Gutachten zum Einsatz von Geokunststoffen in der Ebene des Planums von Eisenbahnfahrwegen“ vom 02.08.2004. Abschnitt „Erfahrungen bei der Deutschen Bundesbahn“, Strecke Bruchsal-Bretten; sowie Abschnitt „Erfahrungen der Deutschen Reichsbahn“, Raum Werdau
- [5] ZTVE-StB 94 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (Fassung 1997)
- [6] TP Bf StB Technische Prüfvorschriften Boden- und Fels im Straßenbau (Januar 2005)
- [7] Richtlinie für die Anwendung des Leichten Fallgewichtgerätes (1997)
- [8] DIN 18125-2 – Baugrund; Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Dichte des Bodens – Teil 1: Feldversuche (August 1999)
- [9] DIN 18127 – Baugrund; Untersuchung von Bodenproben – Proctorversuch (November 1997)
- [10] DIN 18134 Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte, Plattendruckversuch (September 2001)
- [11] EN 13450 – Gesteinskörnungen für Gleisschotter (Juni 2003)
- [12] EN 13450 – Berichtigung 1 zu Gesteinskörnungen für Gleisschotter (Dezember 2004)
- [13] DBS 918 061 – Technische Lieferbedingungen Gleisschotter (Juni 2006)
- [14] DBS 918 062 – Technische Lieferbedingungen Korngemische für Trag- und Schutzschichten zur Herstellung von Eisenbahnfahrwegen (Juli 2007)



Dipl.-Geologe Markus Bauer

Spitzke AG
Markus.Bauer@spitzke.com

Summary

Optimised control of track formation

Quality assurance for on-track installation of sub-layers entails the most thorough possible advance verification of tender specifications, the contract, the soil conditions and the materials to be installed. Once work is under way, rapid reaction is called for if soil discrepancies are ascertained. This can only be done if the contractual situation is crystal-clear. With a view to future advances in the use of geo-composite materials, longer-run repercussions should also be taken into account. Changes to the construction system should be tested over correspondingly long periods in selected trial sections, especially where hydrological conditions are poor. Future generations will have to live with the consequences, both good and bad.