DER EISENBAHN INGENIEUR

Sonderdruck aus Heft 9/2004
Eurailpress Tetzlaff-Hestra GmbH & Co. KG · Hamburg

Joachim Korn / Imran Sevis / Ralph Fischer

Kombinierte Entwässerungsanlagen ohne Kontrollschächte

Dränung, Versickerung und Randwegbereich als ein System

Ein erheblicher Teil der heutigen Instandhaltungsaufwändungen für den Eisenbahnoberbau liegt begründet in unzureichenden Entwässerungsverhältnissen. Die Ableitung des Oberflächen- und Sickerwassers und die Trockenhaltung des Erdplanums sind wichtige Voraussetzungen für eine dauerhafte Standsicherheit und eine wirtschaftliche Bahnstrecke. Aufgrund der nachfolgenden Erkenntnisse und Erfahrungen ist die Aufnahme von Oberflächen- und Sickerwasser und die örtlich versetzte Abgabe des gefassten Wassers in den Untergrund die meist kostengünstigste Lösung.

Die Autoren

Dipl.-Ing. **Joachim Korn,** Betriebsleiter REGIOBAHN GmbH, Mettmann; Dipl.-Ing. **Imran Sevis,** Projektleiter bei der Spiekermann GmbH, Beratende Ingenieure, Abt. Wasser-Abwasser-Abfall, Düsseldorf, und Dipl.-Geol. **Ralph Fischer,** DB Systemtechnik, Frankfurt/M.

Durch die EU-Wasserrichtlinie wurden die Anforderungen an die Einleitungen in Gewässer konkretisiert. Die Landeswassergesetze wurden ebenfalls dahingehend geändert, dass auf die Beseitigung von Niederschlagwasser deutlich eingegangen wird. Das Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (Landeswassergesetz – LWG) § 51a schreibt vor:
Niederschlagwasser von Grundstücken, die nach dem 1. Januar 1996 erstmals bebaut, befestigt oder an die öffentliche Kanalisation angeschlossen werden, ist vor Ort zu versickern, zu verrieseln oder ortsnah in ein Gewässer einzuleiten, sofern dies ohne Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit möglich ist.
Die „Kombinierte Entwässerungsanlage ohne Kontrollschächte", die Dränung, Versickerung und Randwegbereich als ein System beinhaltet, nutzt die Versickerungsfähigkeit der zu entwässernden Bahnstrecke maximal aus.

Bestandsaufnahme Bahnentwässerung

Bedingt durch die Vergrößerung der Gleisabstände auf der freien Strecke entsprechend der EBO von 3,50 auf 4,00 m wurde an vielen Bahnstrecken diese Veränderung zu Ungunsten der Randwege bzw. der Bahngräben und Mulden herbeigeführt. Wegen fehlender Finanzmittel in der Oberbauunterhaltung bei den ehemaligen Staatsbahnen konnte die Instandhaltung der Entwässerungsanlagen schon zu Zeiten der Vorgängerbahnen der DB AG leider nur eingeschränkt durchgeführt werden (Abb. 1).
Reduzierte Instandhaltungsprogramme führen heute bei der DB AG zu einem Nachholbedarf in der Funktionserhaltung der Entwässerungsanlagen. Entwässerungsanlagen erfüllen jedoch nur dann ihren Zweck, wenn sie ständig funktionsfähig sind.
Bahngräben und Bahnmulden sind daher frei von Verunkrautungen und Ablagerungen zu halten. Randwege müssen zur Vermeidung von Personenschäden angelegt, frei von Bewuchs und ständig begehbar gehalten werden. Die Anordnung von Randwegen wird durch die Einbeziehung der Gefahrenbereiche des Gleises und der Sicherheitsräume bestimmt (Abb. 2).

Abb. 1: Randwegsituation vor der Sanierung

Abb. 2: Neue Randwegsituation, abgedeckelte haufwerksporige Betonhalbschale als idealer Randweg

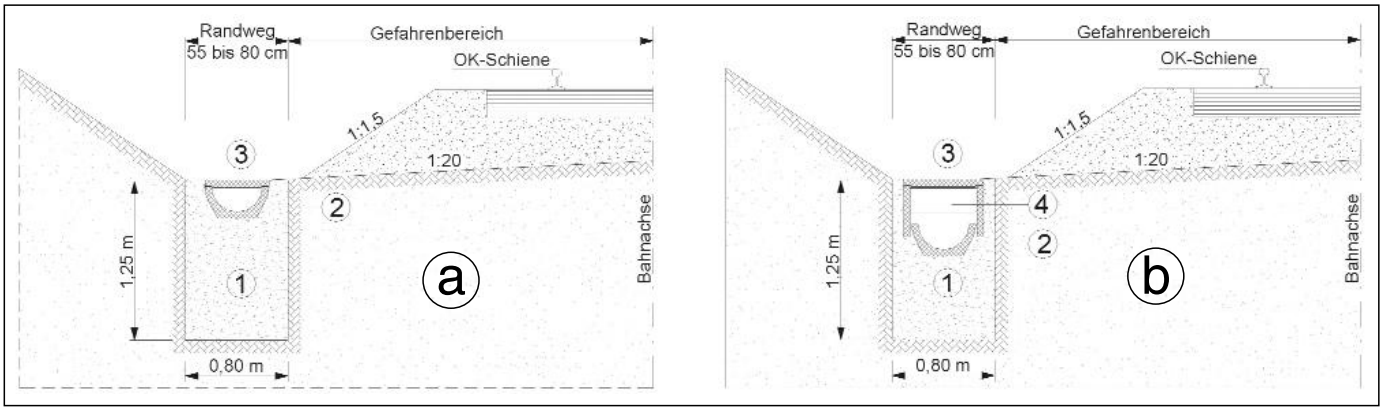

Abb. 3: Kombiniertes Entwässerungssystem
a) Regelausführung **b) Sonderausführung**

Aufgaben der Entwässerungsanlagen

Die Entwässerungsanlagen des Bahnkörpers sind so zu planen, zu bemessen und herzustellen, dass sie im Wesentlichen folgende drei Aufgaben bzw. Anforderungen erfüllen (s. auch Ril 836 der DB AG):

a) Fassung der schädlichen Wasseranreicherung im Bereich des Bahnkörpers

Die Entwässerungsanlagen müssen dem Bahnkörper zuströmendes Wasser fassen bzw. dem anstehenden Boden ungebundenes Wasser entziehen, so dass die Tragfähigkeit des Planums und die Standsicherheit des Bahnkörpers zu jeder Jahreszeit gewährleistet sind.

b) Ableitung des gefassten Wassers

Das Wasser aus Entwässerungsanlagen des Bahnkörpers soll vorzugsweise direkt in den natürlichen Wasserhaushalt zurückgegeben werden. Eine Versickerung im Nahbereich der Entwässerungsanlage ist gegenüber einer gesammelten Ableitung zu bevorzugen.

Der Versickerung liegt die Idee zu Grunde, sparsam mit dem Rohstoff Wasser umzugehen und das Oberflächenwasser dort in den Untergrund einzuleiten, wo es eben anfällt. Der natürliche Wasserhaushalt in der Region bleibt erhalten und wird, in die Zukunft gesehen, gesichert.

Die DB AG hat in der Richtlinie 836 bereits den Weg beschritten, den generellen Vorrang der Versickerung gegenüber der Einleitung in die Vorflut anzuerkennen.

c) Hohe Verfügbarkeit und geringe Instandhaltungsaufwändungen

Die Entwässerungsanlagen des Bahnkörpers müssen durch Wartung und Instandsetzung ständig funktionsfähig gehalten werden. Der Wasserabfluss darf durch Ablagerungen, Verformungen oder Bauzustände nicht behindert werden.

Entwässerungskonzept der Regiobahn GmbH

Die Entwässerungsanlagen der zweigleisigen Neubaustrecke der REGIOBAHN GmbH wurden zunächst nach dem Regelwerk Ril 836 der DB AG mit Teilsickerrohr, Versickerungsgraben und Kontrollschächten im Abstand von 50 m geplant. Der Planer musste für die jeweilige Gewässereinleitung der Tiefenentwässerung ortsbezogene und ökologische Rahmenbedingungen bzw. die v. g. Anforderungen an die Ableitung des gefassten Wassers berücksichtigen.

Zunächst wurde die Versickerungsmöglichkeit im Nahbereich der Entwässerungsanlage untersucht. Die Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen an fünf Stellen ergaben, dass der ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert für den rechnerischen Nachweis einer vollständigen und konzentrierten Versickerung des anfallenden Wassers im Nahbereich der Entwässerungsanlage nicht geeignet war.

Im Zuge der Baugrunduntersuchung im Planungsgebiet wurden bereichsweise Schichtenfolgen festgestellt, die Kluftwasser aufnehmen bzw. abgeben können. In den Festgesteinen ist eine Wasserwegsamkeit und damit eine Gebirgsdurchlässigkeit vorhanden. Rechnerisch konnte sie jedoch nicht angesetzt werden.

Die Planung der Entwässerungsanlage sah ein konzentriertes Einleiten des gefassten Wassers in den offenen Gewässern bzw. in den vorhandenen Vorflutgräben vor. Die Beantragung und in Aussicht gestellte Genehmigung einer Gewässernutzung oder die Einleitung in eine öffentliche Kanalisation wurde von zusätzlichen Auflagen der Behörden und Verbände bestimmt. Die Einleitungsauflagen, die erforderlichen Kontroll- und Absturzschächte und die notwendige Bodenaushubtiefe für eine Tiefenentwässerungsplanung spiegeln sich in den Baukosten wider.

Nach der Ideenentwicklung einer Entwässerungsanlage mit einer sickerfähigen Halbschale im Bereich der Bahngraben wurde eine kostengünstigere Alternative zur herkömmlichen Tiefenentwässerung als Sondervorschlag dem Auftraggeber aufgezeigt. Unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten und der o.g. Halbschale, wurde das Planungsbüro Spiekermann GmbH mit der Machbarkeit und der Konkretisierung beauftragt.

Als Ergebnis der vertieften Untersuchung der möglichen Entwässerungsvarianten wurde ein Entwässerungskonzept „Kombinierte Entwässerungsanlagen ohne Kontrollschächte“ vorgelegt, die Dränung, Versickerung und Randwegbereich als ein System beinhaltet und die o.g. Anforderungen an die Entwässerungsanlage weitgehend erfüllt.

Kombinierte Entwässerungsanlagen ohne Kontrollschächte

Für die Planung des alternativen Entwässerungssystems wurden zunächst, in Abstimmung mit der REGIOBAHN GmbH, folgende Randbedingungen als Zielsetzung definiert:

- Versickerung das Wassers möglichst im Nahbereich der Entwässerungsanlage,
- Herstellen eines Übergabebauwerks mit Drosselsteuerung für die kontrollierte Einleitung des Spitzenabflusses in das Gewässer (max. Niederschlagsereignisse),
- Gewährleistung einer verzögerten und gedrosselten Ableitung,
- Baugrubentiefe der Versickerungsgräben h ≤ 1,25 m (möglichst kein Grabenverbau),
- Breite des Grabens b ≥ 0,70 m (je nach abzuleitender Wassermenge),
- Sohle des Grabens parallel zur Schienenoberkante, hier Js ≤ 12,5 ‰ und
- Kombination Versickerungsgraben und Randweg (geringerer Grunderwerb).

Das kombinierte Entwässerungssystem besteht aus (Abb. 3):

1. Versickerungs- bzw. Ableitungsgraben aus Filtermaterial,
2. haufwerksporigen Betonhalbschalen mit begehbaren Abdeckplatten als Randweg,
3. Bahngraben und

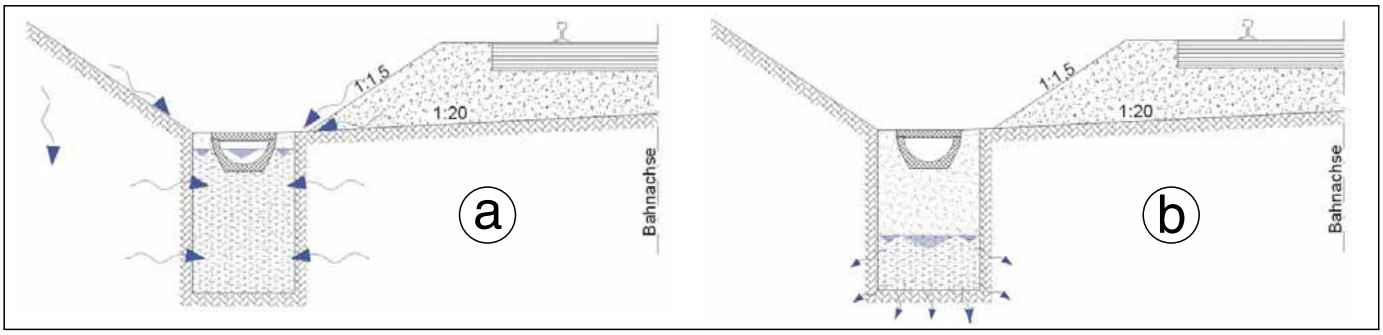

Abb. 4: Sickerwasserableitung
a) Exfiltration (Wasserableitung aus dem Untergrund) **b) Infiltration (Wassereinleitung in den Untergrund)**

4. Betonaufsatz-Sonderkonstruktion (z.Zt. noch nicht in der Praxis erprobt)

a) Regelausführung (Abb. 3 a)
b) Sonderkonstruktion für Tieferlegung der Sohlschale (Abb. 3 b).

Das Entwässerungssystem funktioniert nach dem Exfiltration- und Infiltrationsvorgang (Abb. 4). Das Sickerwasser aus den Bahnbereichen fließt zunächst in die Filterschicht, sickert ein und wird im Versickerungsgraben abgeleitet (Abb. 4a). Das Wasser versickert aus dem Versickerungsgraben streckenbezogen zum Teil in den versickerungsfähigen Untergrund (Abb. 4b). Das Überschusswasser dringt nach Aufsteigen des Wasserspiegels im Versickerungsgraben durch die haufwerksporige Betonhalbschale nach oben. In der Halbschale wird das Wasser solange störungsfrei abgeleitet, bis es in den durchlässigen Zonen auf der Strecke vollständig versickert oder nach einer Teilversickerung, am Endstrang ankommt.

Das verbleibende Sickerwasser im Endstrang wird über die Sickerwassersammelleitung aufgenommen und in den Endschacht eingeleitet (Abb. 6). Vom Endschacht wird das Restsickerwasser in den Vorfluter gedrosselt eingeleitet. Somit wird die Versickerungsfähigkeit der zu entwässernden Bahnstrecke maximal ausgenutzt. Das Oberflächenwasser wird somit dort, wo es anfällt, in den Untergrund eingeleitet. Die Beurteilung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes basiert in der Regel auf einigen punktuellen Baugrunduntersuchungen, da eine lückenlose Untersuchung relativ aufwändig wäre. Die durchgeführten Feldversuche an den kombinierten Entwässerungsanlagen zeigen (Abb. 5), dass eine bereichsweise Versickerung in den Untergrund möglich ist, obwohl die gesamte Strecke als „nicht versickerungsfähiger Boden" eingestuft war. Bei den durchgeführten Feldversuchen war der Versickerungsvorgang sogar in kürzeren Abständen zu beobachten.

Abb. 5: Abgedeckelte Betonhalbschale

Durch die kombinierte Entwässerungsanlage mit Versickerungsgraben und haufwerksporigen Betonhalbschalen, wird eine verzögerte Ableitung gewährleistet. Das Filtermaterial des Versickerungsgrabens ist so zu wählen, dass

- im anstehenden Boden und im Filterkörper keine Suffusion (Ausspülen von Bodenfeinstteilen) eintritt,
- der Wasserabfluss durch Kolmation (Zusetzen der Hohlräume durch Bodenfeinstteile) nicht behindert wird,
- die Durchlässigkeit des Filtermaterials um ein ausreichendes Maß größer ist als die des anstehenden Bodens und
- das Filtermaterial einen ausreichenden Retensionsraum (Hohlraumanteil des Filtermaterials) aufweist.

Für einen dauerhaften Betrieb ist die Filterstabilität des Filterkörpers gegenüber dem anstehenden Boden zu gewährleisten. Anstelle eines erforderlichen Stufenfilters können Geotextilien verwendet werden.

Die Halbschale besteht aus haufwerksporigem Beton. Die Wände der Halbschale sind vollporös, so dass das Wasser in den Boden versickert bzw. das Sickerwasser in die Halbschale laminar eingeleitet werden kann. Die Abdeckplatte ist

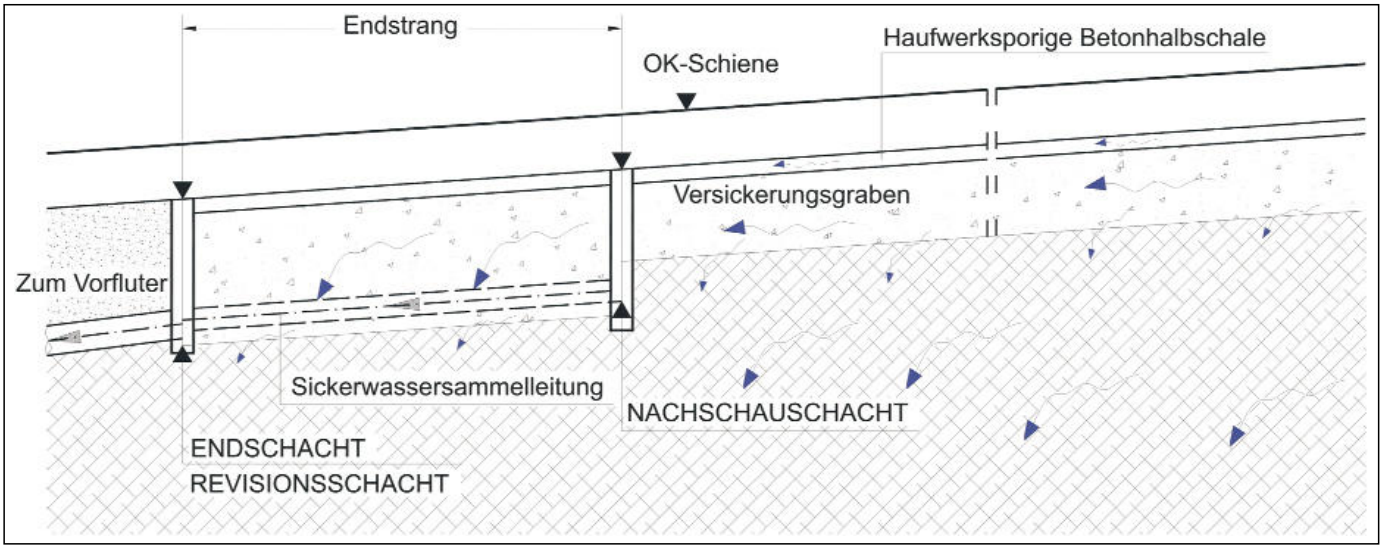

Abb. 6: Längsschnitt Versickerungsgraben mit Endschacht

Abb. 7: Bei einem Böschungsrutsch bleibt die Entwässerungsanlage weiter funktionsfähig

aus tragfähigem Beton und dient als Randweg (Abb. 2). Für die durchgeführten Feldversuche wurden Porosit-Halbschalen eingesetzt.

Die kombinierte Entwässerungsanlage als Regelausführung (Abb. 3a) ist geeignet für die Entwässerung von Oberflächenwasser, Sickerwasser und Schichtenwasser. Liegt der Grundwasserspiegel unmittelbar unterhalb des Planums, ist eine leistungsfähige Entwässerungsanlage erforderlich. In diesem Fall kann durch die Tieferlegung der Sohlschale bzw. durch eine Sonderkonstruktion (Abb. 3b) die Leistungsfähigkeit der Anlage so angepasst werden, dass sich der Grundwasserspiegel mind. 1,50 m unter der Schienenoberkante einstellt.

Die kombinierte Entwässerungsanlage bietet folgende Vorteile gegenüber der herkömmlichen Tiefenentwässerung :

- Die Entwässerungsanlage ist an jeder Stelle kontrollierbar,
- Kontrollschächte sind nicht erforderlich,
- die maximale Versickerungskapazität der Strecke wird voll ausgenutzt,
- hohe Verfügbarkeit und geringe Instandhaltungsaufwändungen,
- durch das Abdecken der Porosit-Halbschale mit begehbaren Abdeckplatten wird einem Verschmutzen des Entwässerungssystems entgegengewirkt,
- die begehbaren Deckel bilden zugleich einen idealen Randweg, der langfristig nicht gewartet und von Vegetation befreit werden muss und
- bei Hangerosionen im Einschnittsbereich bleibt die Entwässerung voll funktionsfähig (Abb. 6).

Bei einer Gegenüberstellung der Entwässerungssysteme – Tiefenentwässerung und Randweg zum Versickerungsgraben mit Porosit-Halbschale (Randweg inbegriffen) – kann je nach Bodenbeschaffenheit und Planungsvariante mit einer Kostenminderung von mehr als 30 % gerechnet werden. Unter den gegebenen Rahmenbedingungen – beengte Verhältnisse und definierte hydrogeologische Bedingungen – ist das kombinierte Entwässerungssystem eine kostengünstige Alternative zu den bisher üblichen Entwässerungskonzepten.

Literatur

[1] Regelwerk Ril 836 Deutsche Bahn AG

[2] ATV-A 105: „Wahl des Entwässerungssystems“

[3] ATV-M 101: „Planung von Entwässerungsanlagen – Neubau-, Sanierungs- und Erneuerungsmaßnahmen“

[4] DIN EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“

[5] *Press/Schröder:* Hydromechanik im Wasserbau

Summary / Résumé

Combined drainage systems without conduit pits

Drainage, seepage and side path area as a single system

A significant proportion of today's railway permanent way maintenance costs arises from inadequate drainage. Removing surface water and seepage and keeping the formation dry are important prerequisites for lasting stability and efficient operation of the railway line. The findings and experience reported on in the article indicate that a cost-effective approach often lies in collecting surface water and seepage and routing it into the subsoil at a different location.

Installations d'assainissement combinées sans regards d'égout

Drainage, infiltration et banquette de la voie considérés comme un seul système

Une part considérable des dépenses d'entretien actuelles de la superstructure ferroviaire est due aux conditions d'assainissement insuffisantes. L'évacuation des eaux de ruissellement et d'infiltration ainsi que la protection de la plateforme contre l'humidité constituent des conditions préalables importantes pour une stabilité durable et une voie ferrée économique. Compte tenu des enseignements et expériences suivants, la collecte des eaux de ruissellement et d'infiltration ainsi que l'évacuation des eaux recueillies vers le sous-sol à l'écart forment le plus souvent la solution la plus économique.

DER EISENBAHN INGENIEUR

Sonderdruck aus EI – DER EISENBAHNINGENIEUR

Heft 5 · Mai 2013

DVV Media Group GmbH · Hamburg

Erfahrungsbericht:

Kombinierte Entwässerungsanlage ohne Kontrollschächte

Die Anlage, die Dränung, Versickerung sowie Randwegbereich beinhaltet und 2003 erstmals bei der Regiobahn Mettmann eingebaut wurde, erfüllt alle Anforderungen.

Abb. 1: Ergebnisse einer unzureichenden Entwässerung der Bahnstrecke Foto: K. Lieberenz

Joachim Korn
Imran Sevis

Warum ist die Entwässerung von Bahntrassen so wichtig?

Die Ableitung des Oberflächen- und Sickerwassers und die Trockenhaltung des Erdplanums sind wichtige Voraussetzungen für eine dauerhafte Standsicherheit der Bahnstrecke. Entwässerungsanlagen des Bahnkörpers haben die Aufgabe, schädliche Wasseranreicherungen im Unterbau/Untergrund zu verhindern, um die Tragfähigkeit des Planums und die Standsicherheit der Erdbauwerke zu jeder Jahreszeit gewährleisten zu können [1].

Unzureichende Entwässerung kann zu Schlammstellenbildungen und somit zu

- Tragfähigkeitseinschränkungen des Planums,
- Verformungen des Gleisauflagers und
- Verschmutzung des Gleisschotters

führen.

Damit sind Gleislageveränderungen mit erhöhtem Instandhaltungsaufwand (Stopfarbeiten, Durcharbeitung) und ggf. Verfügbarkeitseinschränkungen der Strecke (Langsamfahrstellen) verbunden.

Ziele bei der Entwicklung der kombinierten Entwässerungsanlage

Die Zielsetzung gem. Ril 836 der DB AG bei der Entwässerung von Bahntrassen beinhaltet die technische Machbarkeit der Entwässerungsanlagen. Dagegen stellen die EU-Wasserrahmenrichtlinie und das Landeswassergesetz (LWG) die Ökologie und das Wohl der Allgemeinheit in den Vordergrund. Das weitere und auch nicht unwichtige Ziel ist die Wirtschaftlichkeit, welche bisher nicht eindeutig erfasst wurde.

Die neuen Ziele wurden unter Beteiligung eines praxisorientierten Teams präzisiert. Die neu zu planende Entwässerungsanlage sollte folgende Ziele erfüllen:

- Fassung der schädlichen Wasseranreicherung im Bereich des Bahnkörpers (Standsicherheit),
- hohe Verfügbarkeit und geringer Instandhaltungsaufwand (Leistungsfähigkeit),
- Versickerung des Wassers möglichst im Nahbereich der Entwässerungsanlage (Ökologie),
- Gewährleistung einer verzögerten und gedrosselten Ableitung (optimaler Betrieb),
- die neue Anlage soll mehrere Funktionen platzsparend erfüllen (platzsparend) und
- last but not least steht die wirtschaftliche Lösung gegenüber der konventionellen Entwässerungsanlage (Wirtschaftlichkeit).

Beschreibung der neuen Entwässerungsanlage

Das kombinierte Entwässerungssystem besteht aus:

- Versickerungs- bzw. Ableitungsgraben aus Filtermaterial (Betonkies, B32 DIN 1045)
- haufwerksporigen Betonhalbschalen mit begehbaren Abdeckplatten als Randweg und
- Bahngraben.

Das Entwässerungssystem funktioniert nach dem Exfiltrations- und Infiltrationsprinzip[1].

Das Sickerwasser aus den Bahnbereichen fließt zunächst in die Filterschicht, sickert ein und wird im Versickerungsgraben abgeleitet. Das Wasser versickert aus dem Versickerungsgraben streckenbezogen zum Teil in den versickerungsfähigen Untergrund. Das Überschusswasser dringt nach Aufsteigen des Wasserspiegels im Versickerungsgraben durch die haufwerksporige Betonhalbschale nach oben. In der Halbschale wird das Wasser solange störungsfrei abgeleitet, bis es in den durchlässigen Zonen auf der Strecke vollständig versickert oder, nach einer Teilversickerung, am Endstrang ankommt.

Das verbleibende Sickerwasser wird (wenn vorhanden) im Endstrang über die Sickerwassersammelleitung aufgenommen und in den Endschacht eingeleitet. Vom Endschacht wird das Restsickerwasser in den Vorfluter gedrosselt eingeleitet. Somit wird die Versickerungsfähigkeit der zu entwäs-

1) Exfiltration: Wasserableitung aus dem Untergrund
Infiltration: Wassereinleitung in den Untergrund

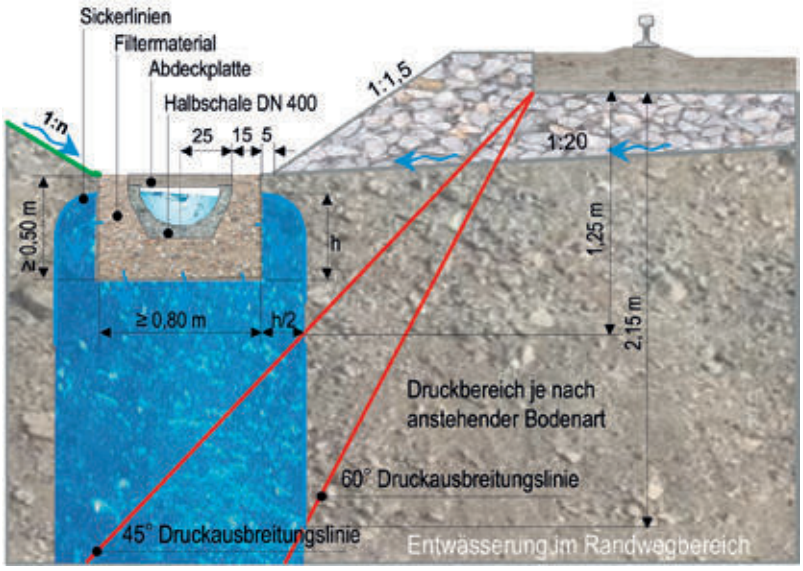

Abb. 2a: Kombinierte Entwässerungsanlage bei versickerungsfähigem Untergrund

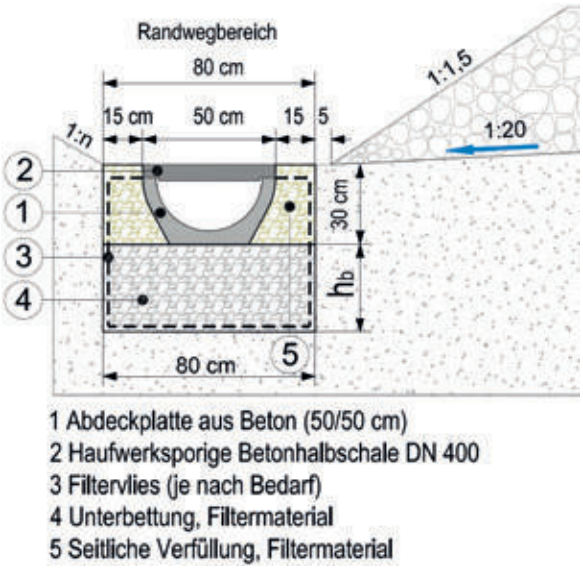

Abb. 2b: Kombinierte Entwässerungsanlage

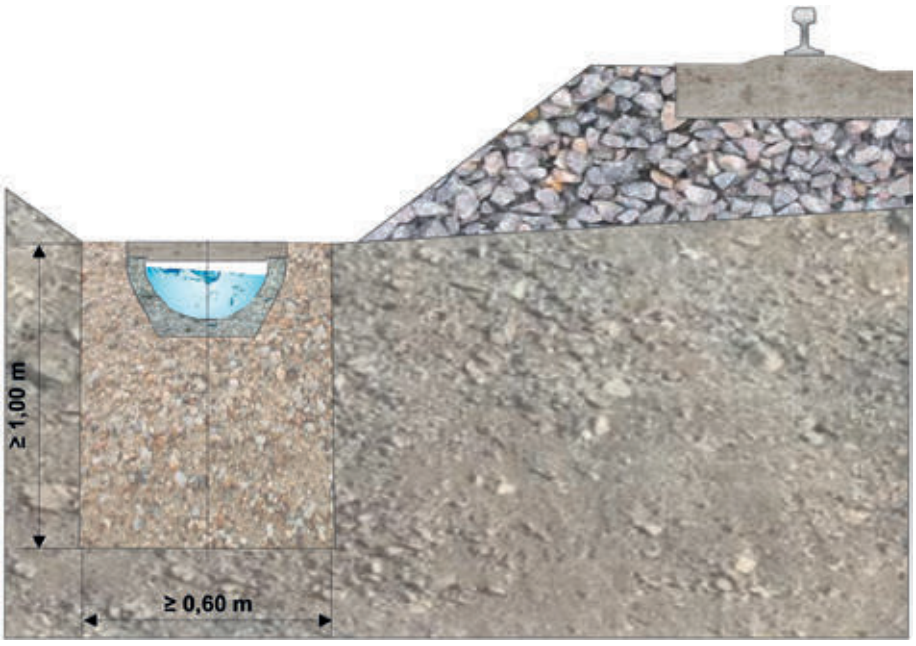

Abb. 3: Kombinierte Entwässerungsanlage, Variante 1, Regelkonzept, b/h = 60 cm/100 cm

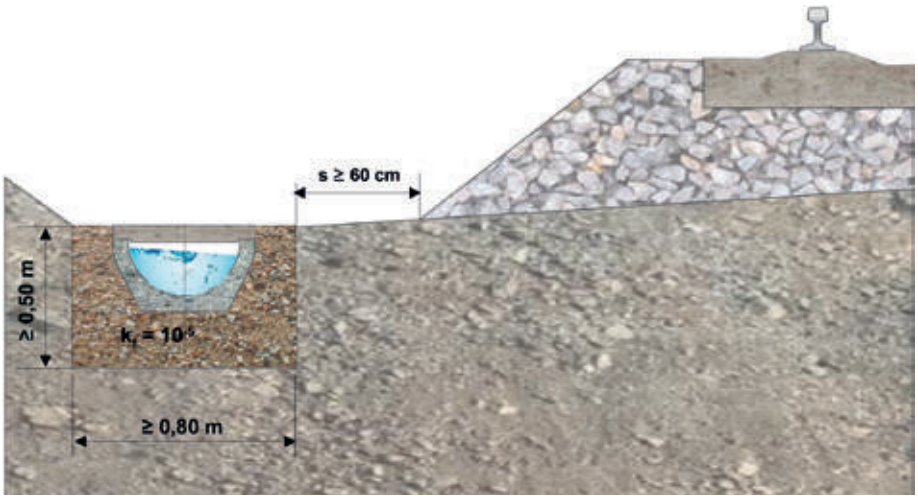

Abb. 4: Kombinierte Entwässerungsanlage mit Mindestabmessungen gem. TM 2010-085 I.NVT 4 (K), Variante 2, b/h = 80/50 cm, $k_f = 10^{-5}$ m/s, s = 60 cm

sernden Bahnstrecke maximal ausgenutzt. Das Oberflächenwasser wird somit dort, wo es anfällt, in den Untergrund eingeleitet.

In den vergangenen zehn Jahren wurden verschiedene Varianten der neuen Entwässerungsanlagen entwickelt und in der Praxis getestet.

Variante 1:

Regelkonzept mit Mindestabmessungen eines Entwässerungsgrabens aus Filterkies von b/h = 60 cm/100 cm (gemäß Ril 836.4602-3-(3) Bild 10 [U1])

Variante 2:

Kombinierte Entwässerungsanlage mit reduzierten Mindestabmessungen gem. TM 2010-085 I.NVT 4 (K), b/h = 80 cm/50 cm, Filterkies mit $k_f = 10^{-5}$ m/s und s = 60 cm (Betonkies B32, DIN 1045)

Unter Beachtung der bestimmten Randbedingungen kann die o. g. Mindesthöhe des Entwässerungsgrabens bis auf h = 50 cm reduziert werden. In diesem Fall beträgt die Mindestgrabenbreite 80 cm.

Eine Randbedingung ist die Einhaltung des Mindestabstandes von s = 60 cm (gem. TM 2010-085 I.NVT 4 (K)) von der gleisseitigen Sickergrabenkante bis zum Schotterfuß. Dieser Mindestabstand von s = 60 cm von der gleisseitigen Sickergrabenkante bis zum Schotterfuß wurde auf der theoretischen Grundlage mit dem Nachweis der gleichen Sicherheit des Drän-Versickerungssystems der Fa. Porosit mit reduzierten Mindestabmessungen im Vergleich zum Drän-Versickerungssystem gemäß Ril 836.4602-3-(3), Bild 10 ermittelt.

Variante 3:

Kombinierte Entwässerungsanlage mit reduzierten Mindestabmessungen, b/h =

80/50 cm, Filterkies mit $k_f = 10^{-4}$ m/s und s = 5 cm (Betonkies B32, DIN 1045)
In der Regel besteht bei den meisten Strecken keine ausreichende Seitenstreifenbreite für die Entwässerungsanlage. Daher ist die Einhaltung des Mindestabstandes von s = 60 cm nicht überall gegeben.
Bei der Regiobahn GmbH in Mettmann konnte der Mindestabstand von s = 60 cm von der gleisseitigen Sickergrabenkante bis zum Schotterfuß aus Platzgründen nicht überall eingehalten werden. Der Sickergraben wurde daher in den meisten Strecken unmittelbar am Schotterfuß (s = 5,00 cm) hergestellt.
Um die gleiche Sicherheit des Drän-Versickerungssystems der kombinierten Entwässerungsanlage mit reduzierten Mindesthöhen im Vergleich zum Drän-Versickerungssystem gemäß Ril 836.4602-3-(3), Bild 10, gewährleisten zu können, wurde der Sickergraben in den Bereichen der engen Seitenstreifen mit einem Filtermaterial mit $k_f = 10^{-4}$ m/s und s = 5 cm hergestellt (s. Variante 3). In den restlichen Seitenstreifen, bei welchen ein ausreichender Platz vorhanden ist, wurde ein Filtermaterial mit $k_f = 10^{-5}$ m/s gewählt (s. Variante 2).
Die Versickerung in der Halbschale und die Bildung der Stromlinien im Versickerungsfall wurden bisher in Anlehnung an die Schachtversickerung und als Alternative in Anlehnung an die Rigolenversickerung gem. ATV-DVWK-Regelwerk 2/2001/3/ beschrieben. Der Durchlässigkeitsbeiwert[2] k_f des Filtermaterials von dem Versickerungssystem wurde nicht berücksichtigt.
Dabei ist die Ausdehnung der Stromlinien eine Funktion des Durchlässigkeitsbeiwertes des Filtermaterials $z = f(k_f)$. Je durchlässiger das Filtermaterial ist, umso steiler ist die Ausdehnung der Stromlinien. Demzufolge sind die Stromlinien im Versickerungsfall, betrachtet in einem Querschnitt des Bahngrabens, bei einem Filtermaterial mit $k_f = 10^{-5}$ m/s breiter als bei einem Filtermaterial mit $k_f = 10^{-4}$ m/s.

Erfahrungen aus zehn Jahren

Die Funktionsfähigkeit der kombinierten Entwässerungsanlage in Mettmann wurde im Rahmen der Betriebskontrolle kontinuierlich untersucht. Dabei wurden im Hinblick auf die Funktionsfähigkeit und auf die Wirksamkeit der neuen Entwässerungsanlage die visuelle Inspektion und die Kontrolle durch Sondierungen durchgeführt.

2) Durchlässigkeitsbeiwert: Die Zuordnung alleine über die Kornabstufung lässt nicht gleichzeitig auf den Durchlässigkeitsbeiwert schließen. Hier ist eine differenzierte Betrachtung erforderlich. Man muss sich die Kornzusammensetzung, insbesondere Umfang der Feinanteile, Ungleichförmigkeit und ggf. auch den Verdichtungszustand und etwaige Anisotropien detailliert betrachten. Zur Orientierung wurde der Durchlässigkeitsbeiwert in Abhängigkeit von der der Korngrößenverteilung von Lockergesteinen unten dargestellt.

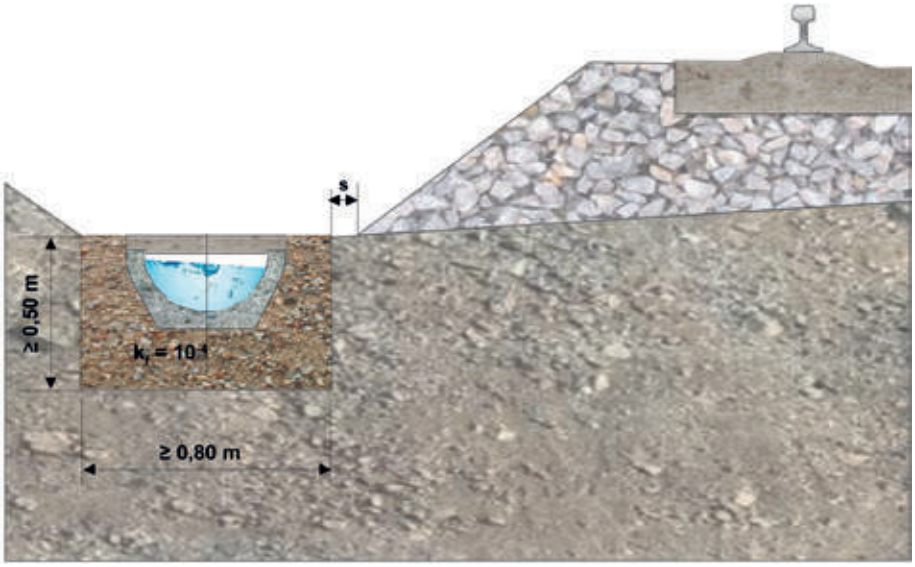

Abb. 5: Kombinierte Entwässerungsanlage mit reduzierten Mindestabmessungen, Variante 3, b/h = 80/50 cm, $k_f = 10^{-4}$ m/s, s = 5 cm

Standsicherheit

Die Fassung der schädlichen Wasseranreicherung im Bereich des Bahnkörpers durch die kombinierte Entwässerungsanlage wurde mittels Sondierungen kontrolliert. Dabei wurde festgestellt, dass die Variante 3 (b/h = 80/50 cm, $k_f = 10^{-4}$ m/s, s = 0 cm) genauso wirksam ist wie die Variante 2 (b/h = 80/50 cm, $k_f = 10^{-5}$ m/s, s = 60 cm). Dieses Ergebnis ist damit zu begründen, dass die Durchlässigkeit des Filtermaterials von $k_f = 10^{-4}$ m/s bei der Variante 3 eine große Rolle spielt, obwohl der Mindestabstand von der gleisseitigen Sickergrabenkante bis zum Schotterfuß 5,00 cm beträgt. Es wurde festgestellt, dass nach ca. zehn Jahren Betrieb die Standsicherheit des Bahnkörpers gegeben ist. Die Erfahrungen aus den vergangenen zehn Jahren zeigen, dass die Variante 3 auch bei beengten Platzverhältnissen anwendbar ist.

Leistungsfähigkeit

Die Begehungen der Regiobahnstrecke wurden vorzugsweise nach den Regenereignissen durchgeführt.
Eine schädliche Wasseranreicherung im Bereich des Bahnkörpers wurde nicht festgestellt. Die vor Ort festgestellte Leistungsfähigkeit der Halbschalen konnte die Ergebnisse der für die Auslegung der

Abb. 6: Herstellung des Sickergrabens am Schotterfuß, Variante 3

Abb. 7: Erosionen im Anschnitt. Die Funktion der Entwässerung bleibt voll erhalten.

Anlage durchgeführten hydraulischen Berechnungen bestätigen.

Im Streckenabschnitt km 13,700 bis km 14,200 der Regiobahn GmbH Mettmann befinden sich die Streckengleise in einem Einschnitt, an einem Hanganschnitt und auf einem Damm. Die geologischen Gründungsverhältnisse sind dort so, dass immer wieder in unregelmäßigen Abständen leichte Felsklüftungen unter dem Erdplanum und neben der Streckenführung vorliegen. Durch diese Erdformation kann anfallendes und gefasstes Oberflächenwasser nach einigen Metern Längsführung immer wieder im Erd- bzw. Felsbereich versickern. Der Verlauf des Sickerwassers lässt sich derzeit im Erdbereich nicht weiterverfolgen. Da die Porosit-Halbschale die einzigartige Eigenschaft besitzt, Wasser in die Halbschale eintreten bzw. austreten zu lassen, arbeitet dieses System naturgetreu wie ein herkömmlich funktionierender Bahnseitengraben.

Zusätzlich zu den Eigenschaften eines natürlichen Grabens kommt hinzu, dass das eintretende Wasser über die 15,0 cm starke Filterschicht in der Fließgeschwindigkeit gebremst wird und somit keine Ausschwemmung des umliegenden Bodens erfolgt.

Die Kontrollierbarkeit und die Instandhaltung der kombinierten Entwässerungsanlage sind an jeder Stelle gewährleistet; Instandhaltungsarbeiten sind erheblich einfacher und dadurch kostengünstiger. Sollte das längs geführte Wasser unter oder neben der Entwässerungstrecke eine Möglichkeit finden, versickern zu können, tritt dieses nach dem Gesetz der Gravitation aus der Halbschale (poröse Schalenwanderung) aus und versickert. Dieses Phänomen konnten wir an dem Entwässerungssystem mehrfach beobachten. Bei einer derzeitigen Liegezeit (ca. neun Jahre) der Porosit-Halbschalen neben der Bahnstrecke sind kaum Ablagerungen von Schweb- und Feinstoffen im Sohlbereich der Halbschalen zu erkennen.

Abb. 7 zeigt, dass durch das Abdecken der Halbschalen bei Erosionen im Anschnitt die Funktion der Entwässerung voll erhalten bleibt. Die Beseitigung der Erosion kann zu einem späteren Zeitpunkt, z. B. bei einer späteren Streckensperrung für Bauarbeiten, erfolgen, ohne weiter die Funktionen der Entwässerung zu stören.

Abb. 8: Die Abdeckung gewährleistet an jeder Stelle eine einfach Kontrolle und Reinigung des Entwässerungssystems.

Ökologie

Eine Versickerung des Wassers erfolgte in den vergangenen zehn Jahren nahezu vollständig im Nahbereich der Entwässerungsanlage. Dadurch konnte die Belastung der Vorfluter vermieden werden.

Optimaler Betrieb

Durch die optimale Konstruktion der kombinierten Entwässerungsanlage, auch nach einem Platzregen, ist eine verzögerte und gedrosselte Ableitung des gesammelten Wassers gewährleistet.

Die Abdeckung gewährleistet an jeder Stelle eine einfach Kontrolle und Reinigung des Entwässerungssystems. Bei einem Jahrhundert-Regen in Mettmann (GJ 2010) wurde von einem höher gelegenen Acker Lössboden in den Bahneinschnitt und auf sowie in die Seitenentwässerung gespült. Die hier in Mitleidenschaft gezogenen Halbschalen konnten schnellstens gesäubert werden. Der Wassereintritt wird durch die teilweise gering eintretende Kolmation (Zusetzung der Poren) nicht erschwert.

Multifunktion

Die kombinierte Entwässerungsanlage ohne Kontrollschächte, die Dränung, Versickerung und Randwegbereich als ein System beinhaltet, nutzt die Versickerungsfähigkeit der zu entwässernden Bahnstrecke maximal aus. Die neue Entwässerungsanlage mit der Variante 3 ist neben der Multifunktionalität platzsparend.

Wirtschaftlichkeit

Die Erfahrungen der vergangenen zehn Jahre zeigen, dass die kombinierte Entwässerungsanlage ohne Kontrollschächte sowohl bei der Herstellung als auch beim Betrieb gegenüber der konventionellen Entwässerungsanlage wirtschaftlich ist. Es wurde weiterhin festgestellt, dass die Bahngräben und Bahnmulden durch die neue Entwässerungsanlage weitgehend frei von Verkrautung und Ablagerungen sind. In den vergangenen zehn Jahren konnte ein dauerhafter, bewuchsfreier Randweg gewährleistet werden.

Bauausführung

Seit dem ersten Einbau der Porosit-Halbschalen im Jahre 2003 bei der Regiobahn GmbH in Mettmann haben sich verschiedene Einbautechniken bei den jeweiligen Tiefbaufirmen herauskristallisiert.

Verfahren 1:

- Die auf Paletten angelieferten Halbschalen werden zwischen den Gleisen gelagert,
- entlang des Einbaubereiches verteilt,
- manuell auf eine schiefe Ebene gebracht und auf dem fertigen Randweg abgelegt,
- mit dem Verlegegerät aufgehoben, zur Verlegestelle gefahren und auf das fertige Entwässerungsplanum abgesenkt.

Verfahren 2:

- Die Paletten mit den Halbschalen und Abdeckplatten werden auf dem fertigen Randweg gelagert,
- mit dem Verlegegerät zur Verlegestelle gefahren und dort auf das fertige Entwässerungsplanum abgesenkt.

Abb. 9: Einbau der Porosit-Halbschalen. Das filterstabile Korngemisch soll einerseits in seiner Eigenschaft Filteraufgaben erfüllen und andererseits einer einwandfreien Verlegung der Fertigteile dienen. Das Abziehen des Verlegeplanums für die Fertigteile kann genauestens hergestellt werden (Mittels einer angefertigten Lehre; gemessener Abstand und Höhe von SO bei Sohlgefälle = Gleisgradiente).

Verfahren 3:

- Die auf Paletten angelieferten Halbschalen werden zwischen den Gleisen gelagert,
- entlang des Einbaubereiches verteilt,
- mit einem Mini-Bagger angehoben und auf das fertige Entwässerungsplanum verlegt.

Die schnellste und kostengünstigste Bauart war dabei das Einheben der Fertigteile mit einem Bagger und einem mitgeführten Schienenwagen (am Zweiwegebagger angehängt). Vorab wurde die Sohle ausgehoben und mit einem filterstabilen Kies-/ Sandgemisch (Betonkies B32, DIN 1045) von min. 15,0 cm Stärke verfüllt.

Laboruntersuchungen

Folgende Prüfungen wurden im Labor durchgeführt:

- Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes nach DIN 4262-3 sowie
- Biegezugprüfung

Die Ergebnisse zeigen, dass die Bruchlast der untersuchten Halbschalen und Abdeck-

Abb. 10: Nach Auflegen der Abdeckung erfolgt eine seitliche Verfüllung der Porosit-Halbschalen mit dem gleichen Kies-/Sandgemisch Betonkies (B32, DIN 1045) wie für die Sohle.

Abb. 11: Durch die Länge der Einzelfertigteile von l = 50,0 cm können in der Entwässerungstrasse stehende Hindernisse leicht umgangen werden.

platten deutlich höher als die geforderte Mindestanforderung von 10 KN liegt.

Gesamtbewertung der kombinierten Entwässerungsanlage

Zusammenfassend lässt sich feststellen:

- Die Entwässerungsanlage ist an jeder Stelle kontrollierbar.
- Kontrollschächte sind nicht erforderlich.
- Die maximale Versickerungskapazität der Strecke wird voll ausgenutzt.
- Die Anlage besitzt eine hohe Verfügbarkeit und erfordert geringen Instandhaltungsaufwand.
- Durch das Abdecken der Porosit-Halbschale mit begehbaren Abdeckplatten wird einem Verschmutzen des Entwässerungssystems entgegengewirkt.
- Die begehbaren Deckel bilden zugleich einen idealen Randweg, der langfristig nicht gewartet und von Vegetation befreit werden muss. Bei Hangerosionen im Einschnittbereich bleibt die Entwässerung voll funktionsfähig.
- Eine Kontrolle und Reinigung der Sicker-, Sammel-, und Wasserüberleitungen sowie der Kontroll-(Prüf-) oder Übergabeschächte ist nicht erforderlich. Die Kontrolle und Reinigung kann an jeder Stelle durch Öffnen der Deckel durchgeführt werden.
- Bei einer Gegenüberstellung der Entwässerungssysteme – Tiefenentwässerung und Randweg zum Versickerungsgraben mit Porosit-Halbschale (Randweg inbegriffen) – kann je nach Bodenbeschaffenheit und Planungsvariante mit einer Kostenminderung von mehr als 30 % gerechnet werden [7].
- In den vergangenen zehn Jahren wurden bei der DB Netz AG und bei NE-Bahnen über 50 000 m Bahnstrecke mit kombinierten Entwässerungsanlagen ohne Kontrollschächte ausgestattet.

Damit wurden alle gesetzten Entwässerungsziele erreicht oder gar übertroffen.

Abb. 12: Bestimmung der Bruchlast von Halbschalen und Abdeckplatten

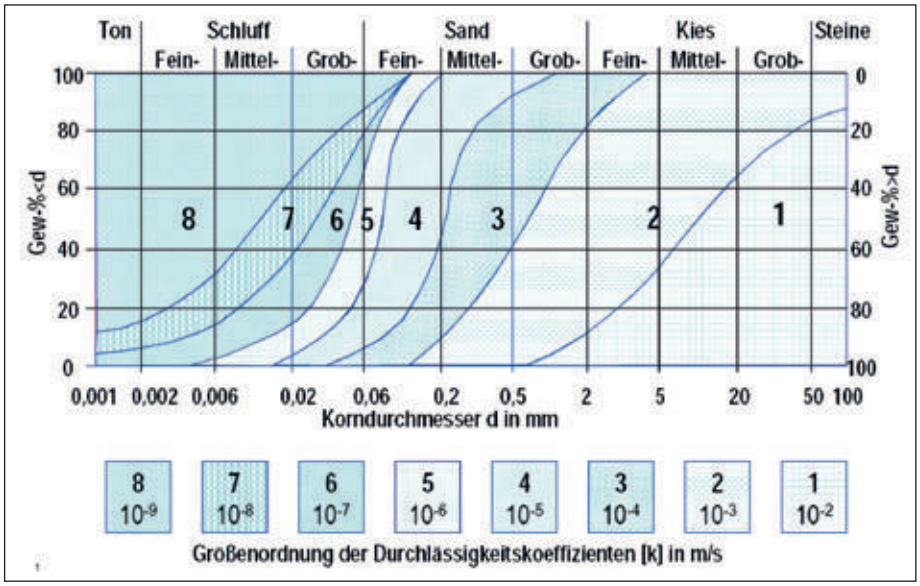

Abb. 13: Abhängigkeit des Durchlässigkeitsbeiwertes von der Korngrößenverteilung von Lockergesteinen (Aus Krapp 1983) [8].

LITERATUR

[1] Regelwerk Ril 836 Deutsche Bahn AG

[2] ATV-A 105: „Wahl des Entwässerungssystems“

[3] ATV-M 101: „Planung von Entwässerungsanlagen – Neubau-, Sanierungs- und Erneuerungsmaßnahmen“

[4] DIN EN 752: „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“

[5] *Press, H.; Schröder, R.:* Hydromechanik im Wasserbau, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin

[6] *Fiedler, J; Scherz, W.:* Bahnwesen Planung, Bau und Betrieb von Eisenbahnen, S-, U-, Stadt- und Straßenbahnen, Werner Verlag, 6. Auflage

[7] *Korn, J., Fischer, J., Sevis, I.:* Kombinierte Entwässerungsanlage ohne Kontrollschächte Dränung, Versickerung und Randwegbereich als ein System, EI - DER EISENBAHNINGENIEUR (55) 09/2004

[8] *Prinz, H.:* Abriss der Ingenieurgeologie, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1991

Dipl.-Ing. Joachim Korn

Geschäftsführer/Eisenbahnbetriebsleiter, Regiobahn GmbH, Mettmann

joachim.korn@regio-bahn.de

Dipl.-Ing. Imran Sevis

Abteilungsleiter Wasserbau und Siedlungswasserwirtschaft, Fichtner Water & Transportation GmbH, Essen

imran.sevis@fwt.fichtner.de

Summary

Combined drainage system without inspection shaft

Drainage of the track formation is a complex problem which calls for targeted and practice-oriented solutions to be worked out by teams with practical thinking. Intelligent and innovative solutions are needed to achieve optimised results in environmental, technical and economic terms. After developing the idea of a drainage system using a water-permeable half-shell in the area of railway ditches, a new drainage concept as an economical alternative to conventional deep drainage arose in 2003. The concept “Combined drainage without inspection shaft” which includes drainage, seepage and walkway area as a single system has been installed for the first time at Regionalbahn Mettmann and fulfills to a large extent all requirements to a drainage system.