

Anlage B7

Beschreibung der Entwässerungsmaßnahmen

Bericht

Entwässerungsmaßnahmen zum
Zweigleisiger Ausbau der AKN Strecke A1/S21
zwischen den AKN Bahnhöfen Quickborn und Ellerau

DECKBLATT

Vollständig überarbeitete Fassung vom 05.07.2019

Inhaltsverzeichnis

I.	Abkürzungsverzeichnis	
II.	Quellenverzeichnis	
III.	Abbildungsverzeichnis	
1.	Veranlassung	5
2.	Entwässerungsmaßnahme EÜ Viehtriftbrücke, km 21.8+79 bis 21.9+04	5
3.	Entwässerungsmaßnahme EÜ Gronau, km 22.0+17 bis 22.0+52	5
4.	Entwässerungsmaßnahmen Fußgängertunnel Ellerau, km 22.4+05 bis 22.4+83	6
5.	Entwässerungsmaßnahmen zweigleisiger Ausbau Quickborn-Ellerau	6
5.1	Beschreibung der Entwässerungsabschnitte und Ermittlung der Einzugsfläche AE	6
5.2	Festlegung des Spitzenabflussbeiwertes ψ_s für die Abschnitte 1 und 2	8
5.3	Abflussquerschnitt, Grabenlängen, Sohlgefälle und Fließquerschnitt	8
5.4	Bemessungsregenspende	9
5.5	Regenabfluss Q_R , Abflussleistung Q_A und Versickerungsrate Q_S	9
5.6	Stauvolumen des Graben V_{Gr} , Stauvolumen des Niederschlags mit/ohne Abfluss V_R , V_A	10

I. Abkürzungsverzeichnis

A_E = Fläche [ha]

A = Abflussquerschnitt [m^2]

b = Breite des Grabens [m]

d = Regendauer

h = Höhe des Grabens [m]

I = Sohlgefälle [m/m]

k_s = Geschwindigkeitsbeiwert [$m^{1/3}/s$]

k_f = Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]

L = Länge des Grabens [m]

n = Neigung

Q_A = Abflussmenge [l/s]

Q_R = Regenzufluss/abfluss [l/s]

Q_S = Versickerungsrate [m^3/s]

R = hydraulischer Radius A_{Gr}/U_{Gr} [m]

$r_{d,a}$ = Regenspende [l/(s*ha)]

t_d = Entleerungszeit [min]

U_{Gr} = benetzter Grabenumfang

v = mittlere Fließgeschwindigkeit

V_A = Stauvolumen mit Abfluss [m^3]

V_{Gr} = Stauvolumen Graben [m^3]

V_R = Stauvolumen ohne Abfluss [m^3]

ψ_s = Spitzenabflussbeiwert [-]

f_z = Zuschlagfaktor zur Vorbeugung einer Unterbemessung

II. Quellenverzeichnis

- DB Richtlinie 836.4601 – Entwässerungsanlagen Grundsätze, 1.10.2008
DB Richtlinie 836.4602 - Entwässerungsanlagen Streckenentwässerung, 1.10.2008
Kostr-DWD 2010 Starkniederschlagshöhen für Deutschland
Arbeitsblatt DWA – A 110 Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserleitungen und –kanälen, August 2006
Arbeitsblatt DWA – A 138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, April 2005

III. Abbildungsverzeichnis

- | | |
|--|---------|
| Bild 1: Einlaufbauwerk auf der Ostseite der AKN bei km 20.5+90 | Seite 6 |
| Bild 2: beide Einlaufbauwerke der AKN bei km 20.5+90 | Seite 6 |
| Bild 3: Einschnittsbereich der AKN bei km 21.0+00 | Seite 7 |
| Bild 4: Gronau im Bereich der geplanten Einleitstelle | Seite 7 |
| Bild 5: Bahndamm AKN bei km 22.0+00 | Seite 7 |

1. Veranlassung

Für den geplanten zweigleisigen Ausbau der Bahnstrecke zwischen den AKN Bahnhöfen Quickborn und Ellerau ist eine ausreichende Entwässerung sicherzustellen. Dafür werden die Menge des voraussichtlichen Niederschlags auf einzelnen Streckenabschnitten sowie die benötigten baulichen Maßnahmen ermittelt und festgelegt.

Ist die Kapazität und Wirksamkeit der vorhandenen Entwässerung ausreichend, werden keine zusätzlichen baulichen Maßnahmen getroffen.

Bei der Errichtung der neuen Bauwerke ist der Landschaftspflegerische Begleitplan (Anlage C.2) mit seinen Maßnahmenblättern (Anlage C.2.4) zu beachten.

Mit den Maßnahmenblättern werden funktional verbindliche Vorgaben und Ziele genannt, damit es zu keiner Veränderung des vorgefundenen Gleichgewichtes durch die Bauphase kommt.

Die Baumaßnahmen führen dennoch zu Einschränkungen im FFH-Gebiet. Neben der Aufrechterhaltung des Bahnbetriebes ist es auch wichtig, den zeitlichen Umfang der Baumaßnahme möglichst gering zu halten.

Die ausführenden Unternehmen werden ihre Bautätigkeit entsprechend dieser Vorgaben planen.

2. Entwässerungsmaßnahme EÜ Viehtriftbrücke, km 21.8+79 bis 21.9+04

Das Oberflächenwasser auf der Brücke wird über den Fangedamm in den Boden abgeleitet. Für den mit dem umgebenden Gelände höhengleichen Durchlass sind keine Entwässerungsmaßnahmen erforderlich.

Die Schadstoffbelastung gegenüber dem jetzt anfallenden Wasser verändert sich nicht.

3. Entwässerungsmaßnahme EÜ Gronau, km 22.0+17 bis 22.0+52

Das Oberflächenwasser auf der Brücke wird über den Fangedamm in den Boden abgeleitet. Im Übrigen folgt das anfallende Oberflächenwasser dem natürlichen Ablauf über die Gronau.

Bauzeitig wird durch Spundwände sowie eine Abdeckung der Gronau ein Sedimenteintrag aus der Baustelle heraus in den Fluss verhindert.

Der bauzeitige Durchlass für ein Bemessungswasser wurde untersucht. Der verbleibende Durchlass ist demnach ausreichend groß (s.a. B7.2 Nachweis zur schadlosen Abführung des Abflusses der Gronau). Der Raum für das Gewässer vergrößert sich durch den Neubau der Brücke.

Aufgrund der Lage im Auwald sind Wasserstände bis Geländeoberkante sowie teilweise darüber zu erwarten.

Der Bemessungsgrundwasserstand ist bei NN +17,50 m anzunehmen.

Die Absetztiefe der Spundwand liegt teilweise bei NN +7,50 m. Die Bodenaufschlüsse haben ergeben, dass bis in diese Tiefe Sandboden vorhanden ist.

Die lokal eingebrachten Spundbohlen stören das Grundwassergefüge nicht.

Die Schadstoffbelastung gegenüber dem jetzt anfallenden Wasser verändert sich nicht.

4. Entwässerungsmaßnahmen Fußgängertunnel Ellerau, km 22.4+05 bis 22.4+83

Das Oberflächenwasser auf dem Fußgängertunnel wird seitlich in den Boden abgeleitet. Im Bauwerk selbst fließt das anfallende Oberflächenwasser über die Kanalisation im Fußgängertunnel ab.

Durch die Verbreiterung des Tunnels vergrößern sich die Anrampungflächen beiderseits des Tunnels nicht. Einzugsflächen der Kanalisation und Wassermengen aus anfallenden Niederschlag bleiben in etwa gleich.

Die Schadstoffbelastung gegenüber dem jetzt anfallenden Wasser verändert sich nicht.

5. Entwässerungsmaßnahmen zweigleisiger Ausbau Quickborn-Ellerau

5.1 Beschreibung der Entwässerungsabschnitte und Ermittlung der Einzugsfläche AE

Der Bereich des zweigleisigen Ausbaus zwischen Quickborn und Ellerau wird in 5 Entwässerungsabschnitte unterteilt. Betrachtet wird jeweils nur das neugebaute Gleis, von Streckenachse bis zur Außenkante des Erdbauwerks (s.a. B7.1 Nachweis der Entwässerungsanlagen, Prinzipskizzen 1 und 2).

Abschnitt 1 (Einschnitt): Quickborn km 20,5+08 – km 20,9+14

Der Bereich nach dem Bahnhof Quickborn und dem Bahnübergang (BÜ) Feldbehnsweg bei Km 21,6+89 liegt in einem Einschnitt und soll über einen Bahnseitengraben entwässert werden. Bei Km 20,9+14 befindet sich der höchste Punkt der Gleisgradienten. Bis Km 20,9+14 steigt das Gleis von Quickborn aus kommend und fällt danach wieder bis zum BÜ Feldbehnsweg. Die Einleitstelle für diesen Abschnitt ist die vorhandene Tiefenentwässerung (TE) der AKN, hierfür muss das bestehende Einlaufbauwerk in Richtung Quickborn verschoben werden (km 20.5+08).

Die Ermittlung der Flächengröße erfolgt grafisch mit dem Programm CARD-1. $A_{E1} = 3.880 \text{ m}^2 = 0,388 \text{ ha}$.



Bild 1: Einlaufbauwerk auf der Ostseite der AKN



Bild 2: beide Einlaufbauwerke der AKN

Abschnitt 2 (Einschnitt): km 20.9+14 –km 21.6+85 (BÜ Feldbehnsweg)

Beim BÜ Feldbehnsweg enden der Einschnittsbereich und damit auch der Entwässerungsgraben. Die Einleitstelle ist die Gronau bei Km 22,0+31. Das Niederschlagswasser aus dem verlegten Entwässerungsgraben wird über eine Mulde, die am Fuß des anschließenden Bahndamms liegt, zur Gronau geführt. Im Bereich des BÜ Feldbehnsweg sind der Entwässerungsgraben und die Mulde mit einem Kunststoff Kanalrohr DN 250 verbunden. Die Ermittlung der Flächengröße erfolgt grafisch mit dem Programm CARD-1. $A_{E2} = 7.225 \text{ m}^2 = 0,723 \text{ ha}$



Bild 3: Einschnitt der AKN bei km 21.0+00



Bild 4: Gronau im Bereich der gepl. Einleitstelle

Abschnitt 3 (Damm): BÜ Feldbehnsweg (km 21.6+93) – Gronau (Km 22.0+31)

Der Abschnitt liegt auf einem Bahndamm welcher zur Versickerung des Oberflächenwassers herangezogen wird. Die Ermittlung der Flächengröße erfolgt grafisch mit dem Programm CARD-1, getrennt für den Gleisbereich und den Böschungsbereich. $A_{E3G} = 1.870 \text{ m}^2 = 0,187 \text{ ha}$, $A_{E3B} = 1.449 \text{ m}^2 = 0,145 \text{ ha}$.



Bild 5: Bahndamm AKN bei km 22.0+00

Abschnitt 4 (Damm): Gronau (Km 22.0+37) – Ellerau, BÜ Bahnstr. (Km 22.4+48)

Der Abschnitt liegt auf einem Bahndamm welcher zur Versickerung des Oberflächenwassers herangezogen wird. Die Ermittlung der Flächengröße erfolgt grafisch mit dem Programm CARD-1, getrennt für den Gleisbereich und den Böschungsbereich. $A_{E4G} = 2.248 \text{ m}^2 = 0,225 \text{ ha}$, $A_{E4B} = 1.340 \text{ m}^2 = 0,134 \text{ ha}$

Abschnitt 5 (Geländegleich): Ellerau (km 22.4+48) – Bhf Ellerau (km 22.6+48)

Der Abschnitt liegt auf Geländehöhe. Nach den Ergebnissen der vorliegenden Baugrundaufschlüsse (Bohrungen BS 12 bis BS 18 gemäß dem 1. Geotechnischen Bericht vom 06.04.2016 (PFA 2-Anlage B1)) und in Kenntnis der generellen Baugrundsichtung in der Umgebung der Bahnstrecke stehen im Trassenverlauf unterhalb der geplanten PSS des Bahnkörpers ausreichend bis gut wasserdurchlässige und versickerungsfähige Sande z. T. mit kiesigen Beimengungen an.

In diesen Sanden steht Grundwasser an, das dem nichtabgedeckten, oberen Grundwasserleiter (1. Grundwasserstockwerk) zuzuordnen ist. Die unterlagernden bindigen Bodenschichten i. W. aus Geschiebemergel bilden die hydraulische Sperrschicht (Wasserstauer) und sind überwiegend in Tiefen zwischen etwa 4 m und 10 m unter Geländeoberfläche/unter OK Schiene zu erwarten.

Die Wasserstandshöhen sind vorrangig niederschlagsabhängig. Nach den Ergebnissen der Bohrwasserstände und den vorliegenden Angaben über Grundwasserstandsmessungen im Umkreis des betrachteten Streckenabschnittes weist das Grundwasser ein leichtes hydraulisches Gefälle von Nordwesten in Richtung Südosten auf und folgt dabei der Gefällerrichtung des Geländes.

Der Vergleich der geplanten Höhenlage des Bahnkörpers mit den zu erwartenden höchsten Grundwasserständen ergab, dass für eine Flächenversickerung zwischen UK PSS-Schicht und Grundwasseroberfläche ein ausreichender ungesättigter Sickerraum von mindestens ca. 1,5 m Höhe zur Verfügung steht. Die Ermittlung der Flächengröße erfolgt grafisch mit dem Programm CARD-1. $A_{E1} = 1090 \text{ m}^2 = 0,109 \text{ ha}$.

5.2 Festlegung des Spitzenabflussbeiwertes ψ_s für die Abschnitte 1 und 2

Die Festlegung des Spitzenabflussbeiwertes ψ_s erfolgt gem. DB Richtlinie 836.4601 (Erdbauwerke, Entwässerungsanlagen) wonach für Schotteroberbau mit schwach durchlässigen Schutzschichten Werte von 0,4-0,6 anzusetzen wären und für Böschungen mit Neigungen bis 1:1,5 und bindigen Untergründen Werte von 0,2-0,6.

Gewählter Spitzenabflussbeiwert $\psi_s = 0,4$ (gültig für beide Abschnitte)

5.3 Abflussquerschnitt, Grabenlängen, Sohlgefälle und Fließquerschnitt

Abschnitt 1:

Graben: Trapezprofil, $h = 0,40 \text{ m}$, $b = 0,40 \text{ m}$, Böschungsneigungen = 1:1,5. Für den Entwässerungsnachweis werden nur die unteren 10 cm des Grabens angesetzt da ein Wassereinstau in die PSS nicht stattfinden soll.

Abflussquerschnitt des Grabens, $A_{Gr} = 0,055 \text{ m}^2$

Benetzter Umfang des Grabens, $U_{Gr} = 0,761$ m
Grabenlänge $L = 406$ m
Sohlgefälle des Grabens, $I = 5,71$ ‰ (gemittelte Neigung der Gradiente)
Fließgeschwindigkeit im Graben, $v = 0,393$ m/s

Abschnitt 2:

Graben: Trapezprofil, Abmessungen wie in Abschnitt 1

Abflussquerschnitt $A_{Gr} = 0,055$ m²
Benetzter Umfang $U_{Gr} = 0,761$ m
Grabenlänge $L = 771$ m
Sohlgefälle $I = 6,19$ ‰ (Gradientenneigung)
Fließgeschwindigkeit $v = 0,41$ m/s

Kanalrohr: Kunststoff DN 250

Abflussquerschnitt $A_{KR} = 0,049$ m²
Sohlgefälle $I = 1,53$ ‰
Nach ATV-DVWK-A 110 ergibt sich eine Fließgeschwindigkeit
 $v = 0,542$ m/s

Mulde: Kreisabschnitt, $h = 0,10$ m, $b = 0,40$ m

Abflussquerschnitt $A_{Mu} = 0,033$ m²,
Benetzter Umfang $U_{Mu} = 0,464$ m
Sohlgefälle $I = 4,43$ m/326 m = 13,589 ‰
Fließgeschwindigkeit = 0,800 m/s

Abschnitt 3-5:

Keine Angaben zu Entwässerungsanlagen da eine vollständige Versickerung angedacht ist

5.4 Bemessungsregenspende

Die Auswahl erfolgt nach KOSTRA-DWD 2010 (s. B7.1)
Wiederkehrzeit $a = 10$ Jahre

5.5 Regenabfluss Q_R , Abflussleistung Q_A und Versickerungsrate Q_S

Der Regenabfluss Q_R [l/s] stellt die Regenmenge dar die in der betrachteten Einzugsfläche in einer Sekunde niedergeht, verringert durch den Spitzenabflussbeiwert und berechnet sich nach der Formel

$$Q_R = r_{d,a} * \psi_s * A_E$$

und wird angegeben für eine Regendauer von 5 min bis 72 h (größer werdende Intervalle).

Die Abflussleistung Q_A [l/s] ist die Menge Wasser die der Graben pro Sekunde abführen kann und berechnet sich nach der Formel

$$Q_A = v * A$$

Abschnitt 1:

Mit einer Fließgeschwindigkeit von $v = 0,393$ m/s und einem Grabenquerschnitt $A_{Gr} = 0,055$ m² ergibt sich eine Abflussleistung Q_A von $0,0216$ m³/s = $21,6$ l/s für den Entwässerungsgraben und ist kleiner als die angenommene Abflussleistung der vorhandenen Tiefenentwässerung der AKN (s. B7.1).

Abschnitt 2:

Graben: Auf Grund des annähernd gleichen Sohlgefälles ergibt sich für den Graben in Abschnitt 2 eine **annäherungsweise gleiche** Abflussleistung wie in Abschnitt 1, $Q_A = 22,5$ l/s. (s. B7.1)

Kanalrohr: Für das Kanalrohr ergibt sich bei einer Fließgeschwindigkeit von $v = 0,542$ m/s und einem Rohrquerschnitt von $0,031$ m² eine Abflussleistung Q_A von $0,0266$ m³/s = $26,6$ l/s (s. B7.1)

Mulde: Mit der Fließgeschwindigkeit von $v = 0,800$ m/s bei einem Querschnitt von $0,033$ m² errechnet sich eine Abflussleistung Q_A von $0,0264$ m³/s = $26,4$ l/s (s. B7.1).

Die niedrigste Abflussleistung ergibt sich für **den Graben** ($Q_A = 22,5$ l/s), diese ist dann auch relevant für den Nachweis der Entwässerungsanlage in diesem Abschnitt.

Abschnitt 3-5:

Die Versickerungsrate Q_S [l/s] berechnet sich aus der Flächengröße der Versickerungsfläche (entspricht der Flächengröße A_E des Betrachtungsgebiets) x dem Durchlässigkeitsbeiwertes $k_f/2$ des betrachteten Bodens. Für den Gleisbereich ist die geplante Planumsschutzschicht (PSS) aus KG 2 (wasserdurchlässig) mit einem Wert von $5 \cdot 10^{-5}$ maßgebend, für den Böschungsbereich wurde ein k_f von $1 \cdot 10^{-4}$ angesetzt. Für eine vollständige Versickerung muss $Q_S > Q_R$ sein. In den Abschnitten 3 – 5 ergibt sich für den Gleisbereich bei einer Regendauer von 5 min ein kleineres Q_S als Q_R . Bei Verteilung der nicht versickerten Niederschlagsmenge auf die Versickerungsfläche bleibt allerdings ein vernachlässigbarer 2 mm dicker Wasserfilm auf der PSS über (s. B7.1).

5.6 Stauvolumen des Graben V_{Gr} , Stauvolumen des Niederschlags mit/ohne Abfluss V_R , V_A

Das Stauvolumen V_R [m³] des Niederschlags stellt die Gesamtmenge des Wassers dar die während der Regendauer auf die betrachtete Einzugsfläche niedergegangen ist und berechnet sich nach der Formel

$$V_R = Q_R \cdot d$$

Zieht man die, mit der Regendauer multiplizierte Abflussleistung Q_A von dem Stauvolumen des Niederschlags ab ergibt sich das Stauvolumen V_A [m³] welches die Gesamtmenge des Wassers angibt, die sich nach dem Regen unter Berücksichtigung des Abflusses tatsächlich im Graben befindet. **Zur Vorbeugung einer Unterbemessung wird dieses Stauvolumen um 20 % erhöht.**

$$V_A = V_R - (Q_A \cdot d) \cdot f_z$$

Für den Nachweis der Funktionsfähigkeit des Entwässerungsgrabens sollte das Stauvolumen V_A kleiner sein als das Stauvolumen des Grabens das sich aus der Multiplikation des Abflussquerschnitts mit der Grabenlänge ergibt

$$V_{Gr} = A_{Gr} * L_{Gr}$$

In Abschnitt 1 ergibt sich die größte Wassermenge nach dem 10-minütigen Regenereignis mit $12,09 \text{ m}^3$. Der ermittelte Wert ist kleiner als das Stauvolumen des Grabens mit $22,3 \text{ m}^3$.

In Abschnitt 2 ergibt sich die größte Wassermenge nach einem 20-minütigen Regenereignis. Der ermittelte Wert von $V_A = 39,05 \text{ m}^3$ ist kleiner als das Stauvolumen des Grabens mit $V_{Gr} = 42,4 \text{ m}^3$.

Die Berechnungen und Ergebnisse sind in B7.1 dargestellt

Aufgestellt: _____

Hamburg, 11.11.2016

Dipl.-Ing. Frank Markurland

Überarbeitet, 05.07.2019: _____

K.-H. Moje, AKN Eisenbahn GmbH