

Wassertechnische Untersuchungen

1. Oberflächenentwässerung

1.1 Grundlagen

Die Entwässerung des Radweges erfolgt über die Längs- und Querneigung in die wasserdurchlässigen Randbereiche (Bankett, Dammböschung, Mulden). Gemäß RAS-Ew 2005 weisen die wasserdurchlässigen Randbereiche ein Versickerungsvermögen von ca. 150 l/(s·ha) auf. Beim Ansatz der zur Aufnahme des Oberflächenwassers zur Verfügung stehenden Randbereiche sind jeweils nur die Flächen zu berücksichtigen, über die in Abhängigkeit der Straßenquerneigung entwässert wird. Aufgrund einer für die Örtlichkeit charakteristischen Niederschlagsspende $r_{15,1}=108$ l/(s·ha) können diese Randbereiche somit eine Differenzmenge von 150 l/s – 108 l/s = 42 l/(s·ha) aus dem auf der Radwegoberfläche entstehenden Abfluss aufnehmen.

Auf angrenzenden Wiesen- und Feldflächen ist die Niederschlagsspende bei der zugrunde gelegten Regenhäufigkeit $n=1$ geringer als das Versickerungsvermögen, so dass kein zusätzlicher Oberflächenabfluss zum Ansatz gebracht wird. Bei Regenereignissen $n < 1$ (kommt für die Bemessung der Straßenentwässerung hier nicht zum Ansatz) können in Abhängigkeit der Einzugsflächen Oberflächenabflüsse entstehen.

Aufgrund des Höhenverlaufs und der Vorflutverhältnisse ist die Baustrecke in folgende Entwässerungsabschnitte aufzuteilen:

Abschnitt 1: Bau-km 0+000 bis Bau-km 0+108

Abschnitt 2: Bau-km 0+108 bis Bau-km 0+345

Abschnitt 3: Bau-km 0+345 bis Bau-km 1+058 sowie 1+277 bis 2+990

Abschnitt 4: Bau-km 1+058 bis Bau-km 1+230

Abschnitt 5: Bau-km 1+230 bis Bau-km 1+277

Abschnitt 6: Bau-km 2+990 bis Bau-km 3+395

Abschnitt 7: Bau-km 3+395 bis Bau-km 4+363

1.2 Berechnung

Folgende Parameter wurden der Berechnung zugrunde gelegt:

Regenhäufigkeit: $n=1$ (für Straßenentwässerungen)

Niederschlagsspende: $r_{15,1}=107,78$ l/(s·ha); angesetzt 108 l/(s·ha)
für ein 15-minütiges Regenereignis
(charakteristischer Wert für Planungsbereich nach KOSTRA-DWD 2010R)

mittl. Abflussbeiwert: $\psi_s = 0,9$ (befestigte Flächen: Fahrbahn, Radweg)

spezifische Versickerung: $q_s = 150$ l/(s·ha) für unbefestigte Flächen im Randbereich (Bankette; Böschung; Mulde; Wiesen)

1.3 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Abflussverhältnisse vor und nach der Baumaßnahme gegenübergestellt.

Entwässerungsabschnitt 1: Bau-km 0-015 bis Bau-km 0+108

Bestand

Der Entwässerungsabschnitt beinhaltet den Bereich der linksseitigen Mulde, welche bei Bau-km 0-015 beginnt. Die Mulde nimmt Oberflächenwasser aus der S 316 auf. Bei Bau-km 0+100 wird eine rechtsseitige Mulde über einen Querdurchlass auf die linke Seite geleitet. Ab Bau-km 0+100 wird der linksseitigen Mulde kein Oberflächenwasser mehr zugeführt. Im Bestand wird die linksseitige Mulde bis Bau-km 0+165 weitergeführt und läuft dort breitflächig ins Gelände (Gewerbegebiet) aus.

Oberflächenabfluss Fahrbahn S 316 (Bestand):

$$\begin{aligned}A_{(F \text{ von } 0-031 \text{ bis } 0+100)} &= 886 \text{ m}^2 = 0,0886 \text{ ha} \\Q &= Q_F = A_{(F)} \cdot \psi_s \cdot r_{15,1} \\&= 0,0886 \text{ ha} \cdot 0,9 \cdot 108 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)} \\&= 8,6 \text{ l/s}\end{aligned}$$

Ein Teil des Oberflächenabflusses versickert in den Randbereichen (Bankette, Böschungen, Mulden).

Versickerung Randbereiche (Bestand):

$$\begin{aligned}A_{(\text{Rand})} &= 530 \text{ m}^2 = 0,053 \text{ ha} \\Q_S &= A_{(\text{Rand})} \cdot (r_{15,1} - q_s) \\&= 530 \text{ m}^2 = 0,053 \text{ ha} \cdot (-42 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}) \\&= -2,2 \text{ l/s}\end{aligned}$$

resultierender Abfluss (Bestand):

$$\begin{aligned}Q_{\text{BESTAND}} &= Q_F + Q_S \\&= 8,6 \text{ l/s} + (-2,2 \text{ l/s)} \\&= 6,4 \text{ l/s}\end{aligned}$$

Planung

Durch den Neubau des Radweges erhöht sich der Oberflächenwasserabfluss aufgrund der größeren befestigten Fläche. Eine freie Entwässerung des Radweges ins Gelände ist nicht möglich (bebautes Gewerbegebiet). Demzufolge ist die Mulde am Ende des Entwässerungsbereiches der Vorflut zuzuführen. Da kein natürlicher Vorfluter vorhanden ist, wird die Mulde bei Bau-km 0+108 über einen Muldenablaufschacht an den vorhandenen Regenwasserkanal angeschlossen. Der Querdurchlass aus der S 316 wird ebenfalls angebunden.

Oberflächenabfluss Fahrbahn S 316 und Radweg (Planung):

$$\begin{aligned}A_{(F \text{ von } 0+031 \text{ bis } 0+100)} &= 886 \text{ m}^2 = 0,0886 \text{ ha} \\A_{(\text{Rad von } 0+000 \text{ bis } 0+108)} &= 310 \text{ m}^2 = 0,0310 \text{ ha} \\A &= 310 \text{ m}^2 + 886 \text{ m}^2 = 1196 \text{ m}^2 = 0,1196 \text{ ha} \\Q &= A \cdot \psi_s \cdot r_{15,1} \\&= 0,1196 \text{ ha} \cdot 0,9 \cdot 108 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)} \\&= 11,6 \text{ l/s}\end{aligned}$$

Ein Teil des Oberflächenabflusses versickert in den Randbereichen (Bankette, Böschungen, Mulden).

Versickerung Randbereiche (Planung):

$$\begin{aligned}A_{(\text{Rand})} &= 330 \text{ m}^2 = 0,033 \text{ ha} \\Q_s &= A_{(\text{Rand})} \cdot (r_{15,1} - q_s) \\&= 0,033 \text{ ha} \cdot (-42 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}) \\&= -1,4 \text{ l/s}\end{aligned}$$

resultierender Abfluss (Planung):

$$\begin{aligned}Q_{\text{PLANUNG}} &= Q + Q_s \\&= 11,6 \text{ l/s} + (-1,4 \text{ l/s)} \\&= 10,2 \text{ l/s}\end{aligned}$$

Vergleich Bestand – Planung:

$$\begin{aligned}Q_{\text{BESTAND}} &= 6,4 \text{ l/s} \\Q_{\text{PLANUNG}} &= 10,2 \text{ l/s} \\Q_{\text{DIFF}} &= Q_{\text{PLANUNG}} - Q_{\text{BESTAND}} = 10,2 \text{ l/s} - 6,4 \text{ l/s} = 3,8 \text{ l/s}\end{aligned}$$

Durch den linksseitigen Anbau des Radweges an die S 316 erhöht sich die Abflussmenge um 3,8 l/s. Es werden 10,2 l/s in den Regenwasserkanal bei Bau-km 0+106 eingeleitet.

**Entwässerungsabschnitt 2 - abfallendes Gelände:
Bau-km 0+108 bis 0+345 (Hochpunkt); L = 237 m**

Bestand

Der Entwässerungsabschnitt weist ein von der S 316 abfallendes Gelände mit seitlicher Bebauung auf. In dem Abschnitt sind 2 Querdurchlässe vorhanden, die Oberflächenwasser der S 316 (Neigung nach rechts) aufnehmen und auf die linke Seite leiten. Der 1. Durchlass entwässert den Abschnitt von Bau-km 0+108 bis 0+298. Er wird bei Bau-km 0+244 an den vorhandenen Regenwasserkanal angeschlossen und ist damit in der Bilanzierung nicht anzusetzen. Der 2. Durchlass entwässert den Abschnitt von Bau-km 0+298 bis 0+345 und läuft breitflächig ins Gelände aus.

Oberflächenabfluss Fahrbahn S 316 (Bestand):

$$\begin{aligned}A_{(F \text{ von } 0+298 \text{ bis } 0+345)} &= 290 \text{ m}^2 \\Q &= Q_F = A_{(F)} \cdot \psi_s \cdot r_{15,1} \\&= 0,029 \text{ ha} \cdot 0,9 \cdot 108 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)} = 2,8 \text{ l/s}\end{aligned}$$

Ein Teil des Oberflächenabflusses versickert in den Randbereichen (Bankette, Böschungen, Mulden).

Versickerung Randbereiche (Bestand):

$$\begin{aligned}A_{(\text{Rand})} &= 230 \text{ m}^2 = 0,023 \text{ ha} \\Q_S &= A_{(\text{Rand})} \cdot (r_{15,1} - q_s) \\&= 230 \text{ m}^2 = 0,023 \text{ ha} \cdot (-42 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}) \\&= -1,0 \text{ l/s}\end{aligned}$$

resultierender Abfluss (Bestand):

$$\begin{aligned}Q_{\text{BESTAND}} &= Q_F + Q_S \\&= 2,8 \text{ l/s} + (-1,0 \text{ l/s}) \\&= 1,8 \text{ l/s}\end{aligned}$$

Planung

Durch den Neubau des Radweges entsteht zusätzlicher Oberflächenwasserabfluss. Der vom 2. Querdurchlass auf die linke Seite geleitete Abfluss wird ebenfalls berücksichtigt. Eine freie Entwässerung des Radweges ins Gelände ist möglich.

Oberflächenabfluss Fahrbahn S 316 und Radweg (Planung):

$$\begin{aligned}A_{(F \text{ von } 0+0298 \text{ bis } 0+345)} &= 290 \text{ m}^2 = 0,029 \text{ ha} \\A_{(R)} &= 237 \text{ m} \cdot 2,50 \text{ m} = 593 \text{ m}^2 = 0,0593 \text{ ha} \\Q &= A \cdot \psi_s \cdot r_{15,1} \\&= (0,029+0,0593) \text{ ha} \cdot 0,9 \cdot 108 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)} = 8,6 \text{ l/s}\end{aligned}$$

Versickerung Randbereiche:

Aufgrund des abfallenden Geländes ist eine breitflächige Entwässerung in die Randbereiche möglich. Für eine vollständige Versickerung ist die nachfolgend ausgewiesene Entwässerungsfläche erforderlich.

$$\begin{aligned}A_{(\text{Rand}) \text{ erford}} &= Q_{\text{S erford}} / -(r_{15,1} - q_s) \\ &= 8,6 \text{ l/s} / -(-42 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}) \\ &= 0,205 \text{ ha} = 2050 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Bezogen auf die Länge des Entwässerungsabschnittes ergibt sich folgende Mindestbreite der Entwässerungsfläche für eine vollständige Versickerung:

$$\begin{aligned}b_{\text{min}} &= A_{(\text{R}) \text{ erford}} / L \\ &= 2050 \text{ m}^2 / 237 \text{ m} = 8,6 \text{ m}\end{aligned}$$

$$b_{\text{vorh}} > b_{\text{min}}$$

Die erforderliche Mindestbreite für eine vollständige Versickerung ist gegeben.

Damit beträgt der resultierende Abfluss Planung:

$$Q_{\text{PLANUNG}} = 0$$

Der im betrachteten Entwässerungsabschnitt entstehende Oberflächenabfluss kann vollständig im Randbereich (einschl. Bankett) versickert werden.

Entwässerungsabschnitt 3 - abfallendes Gelände (2 Teilabschnitte):

Bau-km 0+345 bis 1+058 (Sichelohbach); L = 713 m

Bau-km 1+277 bis 2+990; L = 1695 m (ohne Einmündung)

Bestand

Der Entwässerungsabschnitt weist ein von der S 316 abfallendes Gelände ohne seitliche Bebauung auf.

Das Oberflächenwasser aus der S 316 wird über die Querneigung in Bereichen mit Dachprofil bzw. einseitiger Neigung dem Gelände zugeführt und versickert breitflächig. Aufgrund der Querneigung entwässert ein Anteil von 50 % der Fahrbahnfläche in den linken Randbereich.

Oberflächenabfluss Fahrbahn S 316 (Bestand):

$$A_{(F)} = (713 + 1695) \text{ m} \cdot 6,00 \text{ m} \cdot 0,5 = 7224 \text{ m}^2 = 0,7224 \text{ ha}$$

$$\begin{aligned} Q = Q_F &= A_{(F)} \cdot \psi_s \cdot r_{15,1} \\ &= 0,7224 \text{ ha} \cdot 0,9 \cdot 108 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)} \\ &= 70,2 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Versickerung Randbereiche:

Aufgrund des unbebauten und abfallenden Geländes ist eine breitflächige Entwässerung in die Randbereiche möglich. Für eine vollständige Versickerung ist die nachfolgend ausgewiesene Entwässerungsfläche erforderlich.

$$\begin{aligned} A_{(\text{Rand}) \text{ erford}} &= Q / -(r_{15,1} - q_s) \\ &= 70,2 \text{ l/s} / -(-42 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}) \\ &= 1,67 \text{ ha} = 16700 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Bezogen auf die Länge des Entwässerungsabschnittes ergibt sich folgende Mindestbreite der Entwässerungsfläche für eine vollständige Versickerung:

$$\begin{aligned} b_{\text{min}} &= A_{(\text{R}) \text{ erford}} / L \\ &= 16700 \text{ m}^2 / 2408 \text{ m} = 6,94 \text{ m} \end{aligned}$$

$$b_{\text{vorh}} > b_{\text{min}}$$

Die erforderliche Mindestbreite für eine vollständige Versickerung ist gegeben. Es entsteht kein Oberflächenabfluss.

resultierender Abfluss Bestand:

$$Q_{\text{BESTAND}} = 0$$

Planung

Durch den Neubau des Radweges und seiner Nebenflächen (Bushaltestelle, Sicherheitsstreifen) erhöht sich der Oberflächenwasserabfluss. Eine freie Entwässerung des Radweges ins Gelände ist möglich. Der kurze Bereich der linksseitig angelegten Pflastermulde vor der Gasstation bei Bau-km 0+345 wird in diesem Zuge vernachlässigt.

Oberflächenabfluss Fahrbahn S 316 und Radweg (Planung):

$$A_{(F)} = (713 + 1695) \text{ m} \cdot 6,00 \text{ m} \cdot 0,5 = 7224 \text{ m}^2 = 0,7224 \text{ ha}$$

$$A_{(R)} = (713 + 1695) \text{ m} \cdot 2,50 \text{ m} = 6020 \text{ m}^2 = 0,6020 \text{ ha}$$

$$A_{(\text{NEBENFLÄCHEN})} = 120 \text{ m}^2 = 0,012 \text{ ha}$$

$$A = 0,7224 \text{ ha} + 0,6020 \text{ ha} + 0,012 \text{ ha} = 1,3364 \text{ ha}$$

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot \psi_s \cdot r_{15,1} \\ &= 1,3364 \text{ ha} \cdot 0,9 \cdot 108 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)} \\ &= 129,9 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Versickerung Randbereiche:

Aufgrund des unbebauten und abfallenden Geländes ist eine breitflächige Entwässerung in die Randbereiche möglich. Für eine vollständige Versickerung ist die nachfolgend ausgewiesene Entwässerungsfläche erforderlich.

$$\begin{aligned} A_{(\text{Rand}) \text{ erford}} &= Q / -(r_{15,1} - q_s) \\ &= 129,9 \text{ l/s} / -(-42 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}) \\ &= 3,1 \text{ ha} = 31000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Bezogen auf die Länge des Entwässerungsabschnittes ergibt sich folgende Mindestbreite der Entwässerungsfläche für eine vollständige Versickerung (einschl. Bankett zwischen S 316 und Radweg):

$$\begin{aligned} b_{\text{min}} &= A_{(\text{R}) \text{ erford}} / L \\ &= 31000 \text{ m}^2 / 2408 \text{ m} = 12,87 \text{ m} \end{aligned}$$

$$b_{\text{vorh}} > b_{\text{min}}$$

Die erforderliche Mindestbreite für eine vollständige Versickerung ist gegeben. Es entsteht kein Oberflächenabfluss.

resultierender Abfluss Planung:

$$Q_{\text{PLANUNG}} = 0$$

Der im betrachteten Entwässerungsabschnitt entstehende Oberflächenabfluss kann vollständig im Randbereich (einschl. Banketten) versickert werden.

Entwässerungsabschnitt 4: Bau-km 1+058 bis Bau-km 1+230

Bestand

Der Entwässerungsabschnitt beinhaltet den Bereich einer linksseitigen Mulde. Das Gelände ist in Richtung S 316 geneigt. Bei Bau-km 1+058 wird die Mulde in den Sichelobach eingeleitet. Die S 316 entwässert nicht in die Mulde. Beim gewählten hydraulischen Ansatz entsteht mit $r_{15,1}$ kein Oberflächenwasserabfluss aus dem Gelände.

resultierender Abfluss (Bestand):

$$Q_{\text{BESTAND}} = 0$$

Planung

Durch den Neubau des Radweges erhöht sich der Oberflächenwasserabfluss aufgrund der größeren befestigten Fläche. Eine freie Entwässerung des Radweges ins Gelände ist nicht möglich (gegengeneigtes Gelände). Die Vorflut entspricht dem Bestand (Sichelobach).

Oberflächenabfluss Radweg (Planung):

$$A_{(\text{Rad von } 1+058 \text{ bis } 1+230)} = 430 \text{ m}^2 = 0,043 \text{ ha}$$

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot \psi_s \cdot r_{15,1} \\ &= 0,043 \text{ ha} \cdot 0,9 \cdot 108 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)} \\ &= 4,2 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Ein Teil des Oberflächenabflusses versickert in den Randbereichen (Bankette, Böschungen, Mulden).

Versickerung Randbereiche (Planung):

$$\begin{aligned} A_{(\text{Rand})} &= 510 \text{ m}^2 = 0,051 \text{ ha} \\ Q_S &= A_{(\text{Rand})} \cdot (r_{15,1} - q_s) \\ &= 0,051 \text{ ha} \cdot (-42 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}) \\ &= -2,1 \text{ l/s} \end{aligned}$$

resultierender Abfluss (Planung):

$$\begin{aligned} Q_{\text{PLANUNG}} &= Q + Q_S \\ &= 4,2 \text{ l/s} + (-2,1 \text{ l/s)} \\ &= 2,1 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Vergleich Bestand – Planung:

$$\begin{aligned} Q_{\text{BESTAND}} &= 0 \\ Q_{\text{PLANUNG}} &= 2,1 \text{ l/s} \\ Q_{\text{DIFF}} &= Q_{\text{PLANUNG}} - Q_{\text{BESTAND}} = 2,1 \text{ l/s} - 0 \text{ l/s} = 2,1 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Durch den linksseitigen Anbau des Radweges an die S 316 erhöht sich die Abflussmenge um 2,1 l/s. Es werden 2,1 l/s in den Sichelobach eingeleitet.

Entwässerungsabschnitt 5: Bau-km 1+230 bis Bau-km 1+277

Bestand

Der Entwässerungsabschnitt beinhaltet den Bereich der vorhandenen Bebauung Mittelhöhe. Dort entwässert die vorh. Busbucht in einen Straßenablauf bei Bau-km 1+243, welcher an den vorhandenen Regenwasserkanal (genaue Lage unbekannt) angeschlossen ist. Die S 316 entwässert zum rechten Fahrbahnrand.

Oberflächenabfluss Busbucht (Bestand):

$$A_{(\text{BUSBUCHT})} = 100 \text{ m}^2 = 0,01 \text{ ha}$$

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot \psi_s \cdot r_{15,1} \\ &= 0,01 \text{ ha} \cdot 0,9 \cdot 108 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)} \\ &= 1,0 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Planung

Durch den Neubau des Radweges wird die Busbucht verlegt und entwässert nicht mehr in den Straßenablauf, sondern im nächsten Entwässerungsabschnitt über die Fahrbahn auf die rechte Seite. Der Radweg entwässert in diesem Bereich in eine Pflastermulde und in einen neuen Ablauf bei Bau-km 1+230, welcher - analog des rückgebauten Ablaufes - an den vorh. Regenwasserkanal (genaue Lage unbekannt) angeschlossen wird.

Oberflächenabfluss Radweg mit Nebenflächen (Planung):

$$A_{(\text{Rad von 1+230 bis 1+277})} = 176 \text{ m}^2 = 0,0176 \text{ ha}$$

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot \psi_s \cdot r_{15,1} \\ &= 0,0176 \text{ ha} \cdot 0,9 \cdot 108 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)} \\ &= 1,7 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Eine Versickerung ist aufgrund der Bebauung nicht gegeben.

Versickerung Randbereiche (Planung):

$$Q_s = 0$$

resultierender Abfluss (Planung):

$$\begin{aligned} Q_{\text{PLANUNG}} &= Q \\ &= 1,7 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Vergleich Bestand – Planung:

$$Q_{\text{BESTAND}} = 1,0 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{PLANUNG}} = 1,7 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{DIFF}} = Q_{\text{PLANUNG}} - Q_{\text{BESTAND}} = 1,7 \text{ l/s} - 1,0 \text{ l/s} = 0,7 \text{ l/s}$$

Durch den linksseitigen Anbau des Radweges an die S 316 erhöht sich die Abflussmenge um 0,7 l/s. Es werden 1,7 l/s in den vorh. Regenwasserkanal (genaue Lage unbekannt) eingeleitet.

Entwässerungsabschnitt 6: Bau-km 2+990 bis Bau-km 3+395

Bestand

Der Entwässerungsabschnitt beinhaltet den Bereich einer linksseitigen Mulde. Das Gelände ist in Richtung S 316 geneigt. Bei Bau-km 2+990 läuft die Mulde in das tieferliegende Gelände aus. Die S 316 entwässert über Dachprofil zu 50 % in die Mulde. Beim gewählten hydraulischen Ansatz entsteht mit $r_{15,1}$ kein Oberflächenwasserabfluss aus dem Gelände.

Oberflächenabfluss Fahrbahn S 316 (Bestand):

$$A_{(F)} = 405 \text{ m} \cdot 6,00 \text{ m} \cdot 0,5 = 1215 \text{ m}^2 = 0,1215 \text{ ha}$$

$$\begin{aligned} Q = Q_F &= A_{(F)} \cdot \psi_s \cdot r_{15,1} \\ &= 0,1215 \text{ ha} \cdot 0,9 \cdot 108 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)} \\ &= 11,8 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Ein Teil des Oberflächenabflusses versickert in den Randbereichen (Bankette, Böschungen, Mulden).

Versickerung Randbereiche (Bestand):

$$\begin{aligned} A_{(\text{Rand})} &= 1012 \text{ m}^2 = 0,1012 \text{ ha} \\ Q_S &= A_{(\text{Rand})} \cdot (r_{15,1} - q_s) \\ &= 0,1012 \text{ ha} \cdot (-42 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}) \\ &= -4,3 \text{ l/s} \end{aligned}$$

resultierender Abfluss (Bestand):

$$\begin{aligned} Q_{\text{BESTAND}} &= Q_F + Q_S \\ &= 11,8 \text{ l/s} + (-4,3 \text{ l/s)} \\ &= 7,5 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Planung

Durch den Neubau des Radweges erhöht sich der Oberflächenwasserabfluss aufgrund der größeren befestigten Fläche. Eine freie Entwässerung des Radweges ins Gelände ist nicht möglich (gegengeneigtes Gelände). Bei Bau-km 2+990 läuft die Mulde - analog zum Bestand - in das tieferliegende Gelände aus.

Oberflächenabfluss Fahrbahn und Radweg (Planung):

$$A_{(F)} = 405 \text{ m} \cdot 6,00 \text{ m} \cdot 0,5 = 1215 \text{ m}^2 = 0,1215 \text{ ha}$$

$$A_{(R)} = 405 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} = 1013 \text{ m}^2 = 0,1013 \text{ ha}$$

$$A = 0,1215 \text{ ha} + 0,1013 \text{ ha} = 0,2228 \text{ ha}$$

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot \psi_s \cdot r_{15,1} \\ &= 0,2228 \text{ ha} \cdot 0,9 \cdot 108 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)} \\ &= 21,7 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Ein Teil des Oberflächenabflusses versickert in den Randbereichen (Bankette, Böschungen, Mulden).

Versickerung Randbereiche (Planung):

$$\begin{aligned}A_{(\text{Rand})} &= 1712 \text{ m}^2 = 0,1712 \text{ ha} \\Q_S &= A_{(\text{Rand})} \cdot (r_{15,1} - q_s) \\&= 0,1712 \text{ ha} \cdot (-42 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})) \\&= -7,2 \text{ l/s}\end{aligned}$$

resultierender Abfluss (Planung):

$$\begin{aligned}Q_{\text{PLANUNG}} &= Q + Q_S \\&= 21,7 \text{ l/s} + (-7,2 \text{ l/s}) \\&= 14,5 \text{ l/s}\end{aligned}$$

Vergleich Bestand – Planung:

$$\begin{aligned}Q_{\text{BESTAND}} &= 7,5 \text{ l/s} \\Q_{\text{PLANUNG}} &= 14,5 \text{ l/s} \\Q_{\text{DIFF}} &= Q_{\text{PLANUNG}} - Q_{\text{BESTAND}} = 14,5 \text{ l/s} - 7,5 \text{ l/s} = 7,0 \text{ l/s}\end{aligned}$$

Durch den linksseitigen Anbau des Radweges an die S 316 erhöht sich die Abflussmenge um 7,0 l/s. Es werden 14,5 l/s bei Bau-km 2+990 ins tieferliegende Gelände abgegeben.

Entwässerungsabschnitt 7: Bau-km 3+395 bis Bau-km 4+363

Bestand

Der Entwässerungsabschnitt beinhaltet den Bereich einer linksseitigen Mulde ab dem Hochpunkt bei 3+395. Das Gelände ist in Richtung S 316 geneigt. Bei Bau-km 3+658 wird die Mulde von beiden Seiten in den querenden Graben (Geländetiefpunkt) geleitet. Die S 316 entwässert über Dachprofil und Einseitneigung zu 65 % in die Mulde. Weiterhin entwässert die vorhandene Busbucht über einen Ablauf ins Gelände. Beim gewählten hydraulischen Ansatz entsteht mit $r_{15,1}$ kein Oberflächenwasserabfluss aus dem Gelände.

Oberflächenabfluss Fahrbahn S 316 (Bestand):

$$\begin{aligned}A_{(F)} &= 968 \text{ m} \cdot 6,00 \text{ m} \cdot 0,65 = 3776 \text{ m}^2 = 0,3776 \text{ ha} \\A_{(\text{BUSBUCHT})} &= 100 \text{ m}^2 = 0,01 \text{ ha} \\A &= 0,3776 \text{ ha} + 0,01 \text{ ha} = 0,3876 \text{ ha}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q = Q_F &= A_{(F)} \cdot \psi_s \cdot r_{15,1} \\&= 0,3876 \text{ ha} \cdot 0,9 \cdot 108 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha}) \\&= 37,7 \text{ l/s}\end{aligned}$$

Ein Teil des Oberflächenabflusses versickert in den Randbereichen (Bankette, Böschungen, Mulden).

Versickerung Randbereiche (Bestand):

$$\begin{aligned}A_{(\text{Rand})} &= 2420 \text{ m}^2 = 0,2420 \text{ ha} \\Q_S &= A_{(\text{Rand})} \cdot (r_{15,1} - q_s) \\&= 0,2420 \text{ ha} \cdot (-42 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})) \\&= -10,2 \text{ l/s}\end{aligned}$$

resultierender Abfluss (Bestand):

$$\begin{aligned}Q_{\text{BESTAND}} &= Q_F + Q_S \\&= 37,7 \text{ l/s} + (-10,2 \text{ l/s}) \\&= 27,5 \text{ l/s}\end{aligned}$$

Planung

Durch den Neubau des Radweges und den normgerechten Ausbau der Bushaltestelle bei Bau-km 3+450 erhöht sich der Oberflächenwasserabfluss. Eine freie Entwässerung des Radweges ins Gelände ist nicht möglich (gegengeneigtes Gelände). Bei Bau-km 3+658 wird die Mulde von beiden Seiten - analog Bestand - in den querenden Graben (Geländetiefpunkt) geleitet.

Oberflächenabfluss Fahrbahn und Radweg (Planung):

$$\begin{aligned}A_{(F)} &= 968 \text{ m} \cdot 6,00 \text{ m} \cdot 0,65 = 3776 \text{ m}^2 = 0,3776 \text{ ha} \\A_{(R)} &= 968 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} = 2420 \text{ m}^2 = 0,2420 \text{ ha} \\A_{(\text{BUS})} &= 300 \text{ m}^2 = 0,03 \text{ ha} \\A &= 0,3776 \text{ ha} + 0,2420 \text{ ha} + 0,03 \text{ ha} = 0,6496 \text{ ha} \\Q &= A \cdot \psi_s \cdot r_{15,1} \\&= 0,6496 \text{ ha} \cdot 0,9 \cdot 108 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha}) \\&= 63,4 \text{ l/s}\end{aligned}$$

Ein Teil des Oberflächenabflusses versickert in den Randbereichen (Bankette, Böschungen, Mulden).

Versickerung Randbereiche (Planung):

$$\begin{aligned}A_{(\text{Rand})} &= 4040 \text{ m}^2 = 0,4040 \text{ ha} \\Q_S &= A_{(\text{Rand})} \cdot (r_{15,1} - q_s) \\&= 0,4040 \text{ ha} \cdot (-42 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})) \\&= -17,0 \text{ l/s}\end{aligned}$$

resultierender Abfluss (Planung):

$$\begin{aligned}Q_{\text{PLANUNG}} &= Q + Q_S \\&= 63,4 \text{ l/s} + (-17,0 \text{ l/s}) \\&= 46,4 \text{ l/s}\end{aligned}$$

Vergleich Bestand – Planung:

$$Q_{\text{BESTAND}} = 27,5 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{PLANUNG}} = 46,4 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{DIFF}} = Q_{\text{PLANUNG}} - Q_{\text{BESTAND}} = 46,4 \text{ l/s} - 27,5 \text{ l/s} = 18,9 \text{ l/s}$$

Durch den linksseitigen Anbau des Radweges an die S 316 erhöht sich die Abflussmenge um 18,9 l/s. Es werden 46,4 l/s bei Bau-km 3+658 über Mulden an den querenden Graben abgegeben.

Baumaßnahme:

S 316 Neubau einer Radverkehrsanlage bei Pausa
Ableitung in Vorfluter mit Oberbodenpassage (Mulden)

Entwässerungsabschnitt 4 (Einleitung Sichelohbach)

Gewässer (Tabellen A.1a und A.1b)	Typ	Gewässerpunkte G
Kleiner Hügel- und Berglandbach	G5	18

Flächenanteil f_i (Abschnitt 4)				Luft L_i (Tabelle A.2)		Flächen F_i (Tabelle A.3)		Abflussbelastung B_i
Fläche	Beschreibung	$A_{u,i}$	f_i	Typ	Punkte	Typ	Punkte	$B_i = f_i * (L_i + F_i)$
1	Radweg Abschn.4	430,00	1,0000	L1	1,00	F4	19,00	20,00
		Summe 430,00	Summe 1,0000	Abflussbelastung $B = \Sigma B_i$:				20,00

keine Regenwasserbehandlung erforderlich, wenn $B < G$

maximal zulässiger Durchgangswert $D_{max} = G / B$:	0,90
---	-------------

vorgesehene Behandlungsmaßnahmen (Tabellen A.4a, A.4b und A.4c)			Typ	Durchgangswerte D_i
	Versickerung durch 10 cm bewachsenen Oberboden (Mulden)		D3	0,45
Durchgangswert $D = \text{Produkt aller } D_i \text{ (Abschnitt 6.2.2)}$:				0,45

Emissionswert $E = B * D$:	9,00
-----------------------------	-------------

Nachweis: keine weitere Behandlungsbedürftigkeit, wenn $E < G$: **$E = 9,00 < G = 18$**

Bemerkung zu Tabelle A.4a:

Randbedingungen: Versickerung durch 10 cm Oberboden,
 $A_u/A_s=2,5 \text{ m}/1,50 \text{ m} = 1,7:1$; $< 5:1$; Fall a)

Baumaßnahme:

S 316 Neubau einer Radverkehrsanlage bei Pausa
Ableitung in Vorfluter mit Oberbodenpassage (Mulden)

Entwässerungsabschnitt 7 (Einleitung Graben Bau-km 3+658)

Gewässer (Tabellen A.1a und A.1b)	Typ	Gewässerpunkte G
Kleiner Hügel- und Berglandbach	G5	18

Flächenanteil f_i (Abschnitt 4)				Luft L_i (Tabelle A.2)		Flächen F_i (Tabelle A.3)		Abflussbelastung B_i
Fläche	Beschreibung	$A_{u,i}$	f_i	Typ	Punkte	Typ	Punkte	$B_i = f_i * (L_i + F_i)$
1	Fahrbahn Absch7	3.776,00	0,8745	L1	1,00	F4	19,00	17,49
2	Radweg Absch 7	242,00	0,0560	L1	1,00	F4	19,00	1,12
3	Busbucht	300,00	0,0695	L1	1,00	F4	19,00	1,39
		Summe 4.318,00	Summe 1,0000	Abflussbelastung $B = \Sigma B_i$:				20,00

keine Regenwasserbehandlung erforderlich, wenn $B < G$

maximal zulässiger Durchgangswert $D_{max} = G / B$:	0,90
---	-------------

vorgesehene Behandlungsmaßnahmen (Tabellen A.4a, A.4b und A.4c)		Typ	Durchgangswerte D_i
	Versickerung durch 10 cm bewachsenen Oberboden (Mulden)	D3	0,45
Durchgangswert $D = \text{Produkt aller } D_i \text{ (Abschnitt 6.2.2)}$:			0,45

Emissionswert $E = B * D$:	9,00
-----------------------------	-------------

Nachweis: keine weitere Behandlungsbedürftigkeit, wenn $E < G$: **$E = 9,00 < G = 18$**

Bemerkung zu Tabelle A.4a:

Randbedingungen: Versickerung durch 10 cm Oberboden,
 $A_u/A_s = (0,65 * 6,00 + 2,5) \text{ m} / 1,50 \text{ m} = 4,3:1$; $< 5:1$; Fall a)