

A 8 Entwässerungsrinnen und Straßenabläufe in befestigten Verkehrsflächen

A 8.1 Entwässerungsrinnen und Straßenabläufe in befestigten Verkehrsflächen - Erläuterungen und Beispiele

Inhaltsübersicht

	Seite
Verzeichnis der Bilder.....	2
Verzeichnis der Tabellen	2
1. Vorbemerkungen	3
2. Erläuterungen zum Tabellenwerk	3
3. Grundlagen	6
3.1 Einzugsgebiet und Abflüsse.....	6
3.2 Leistungsfähigkeit des Gerinnes	7
4. Bemessung des Gesamtsystems Gerinne-Straßenablauf	8
4.1 Tabellenparameter	8
4.2 Gerinnegrundlast	8
4.3 Vollständige Systemauslastung	8
4.4 Unvollständige Systemauslastung (100 %ige Ablaufleistung)	8
4.5 Pendelrinne	9
5. Bemessungsbeispiele.....	10
5.1 Ermittlung der Straßenablaufabstände	11
5.2 Ermittlung der Straßenablaufabstände – Bemessung im Vergleich	11
5.2.1 Pauschalierter Ansatz mit fester Einzugsgebietsgröße	12
5.2.2 Unvollständige Systemauslastung, jedoch 100 %ige Straßenablaufleistung	12
5.2.3 Vollständige Systemauslastung	13
5.3 Bestimmung der Straßenablaufabstände bei veränderlichen geometrischen Bedingungen	13
5.4 Bemessung einer Pendelrinne	17

Verzeichnis der Bilder

Bild 1:	Aufsatz Typ I 300 x 500 nach DIN 19594	4
Bild 2:	Aufsatz Typ II 500 x 500 nach DIN 19583	4
Bild 3:	Aufsatz Typ III 500 x 780	5
Bild 4:	Beispiel für eine Straßenablaufbucht	5
Bild 5:	Rinne-Abläufe, Einzugsgebiet und Abflüsse	6
Bild 6:	Entwurfselemente zum Beispiel	15
Bild 7:	Grafische Ermittlung des Straßenablaufabstandes	17

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Maximale Gerinnezuflüsse, die die Straßenabläufe bzw. die Straßenablaufbuchten gerade noch aufnehmen	9
Tabelle 2:	Hilfswerte zur Erzeugung des Straßenablaufabstandes in Bild 7 aus den Bemessungstabellen CD 8.2.4 bis CD 8.2.9	16
Tabelle 3:	Ergebniswerte einer Beispielrechnung: Bemessung einer Pendelrinne	18

1. Vorbemerkungen

Der Abfluss im System von Straßenrinne und Straßenabläufen hängt wesentlich von der Quer- und Längsneigung des Gerinnes und von der zulässigen Wasserspiegelbreite ab. Rein analytisch lässt sich das Schluckvermögen des Aufsatzes nicht bestimmen. Am Institut für Wasserbau der Technischen Hochschule Darmstadt wurden auf der Grundlage von Modellversuchen¹ Untersuchungen zum Schluckvermögen durchgeführt. Hieraus sind Bemessungstabellen abgeleitet worden. Zur Vereinfachung enthält diese CD-ROM Tabellen und ein Programm zur Bestimmung von Straßenablaufabständen.

Für die Ermittlung der Straßenablaufabstände bei Brücken wird auf die ZTV-ING² Teil „Bauwerksausstattung“ Abschnitt 5 „Entwässerungen“ verwiesen.

2. Erläuterungen zum Tabellenwerk

Die Bemessungstabellen zu Entwässerungsrinnen und Straßenabläufen sind am Ende wiedergegeben. Sie sind derart aufbereitet, dass bei einer vorgegebenen maximalen Wasserspiegelbreite der maximal mögliche Zufluss im Gerinne neben dem zugehörigen Abfluss eines vorgegebenen Straßenaufsatzes steht. Die Tabellen sind in drei Gruppen unterteilt:

1. Dimensionierung von Bordrinne und Straßenablauf
2. Dimensionierung von Bordrinne und Straßenablaufbucht
3. Dimensionierung von Spitzrinne und Straßenablauf

In den Bemessungstabellen für die Bord- und Spitzrinne wurden drei Aufsatz-Typen I, II und III berücksichtigt. Für die Bordrinne-Straßenablaufbucht-Kombination wurde nur der Aufsatz vom Typ II bei Straßenablaufbuchtweiten $L_I = 1,8$ m, $L_{II} = 2,7$ m und $L_{III} = 4,2$ m untersucht und aufgenommen.

¹ Thiele, F. (1983): Fahrbahnlängsentwässerung im Straßengerinne und ein Entwurf für zukünftige Richtlinien zur Bemessung. Technischer Bericht Nr. 31 des Instituts für Wasserbau der Technischen Hochschule Darmstadt.

² Bundesanstalt für Straßenwesen (2003): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten - ZTV-ING, Verkehrsblatt-Sammlung Nr. S. 1056 - Vers. 01/03, Verkehrsblatt-Verlag.

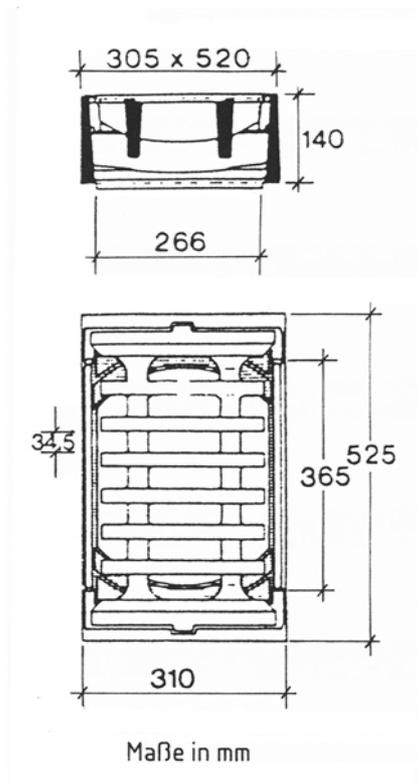


Bild 1: Aufsatz Typ I 300 x 500 nach DIN 19594

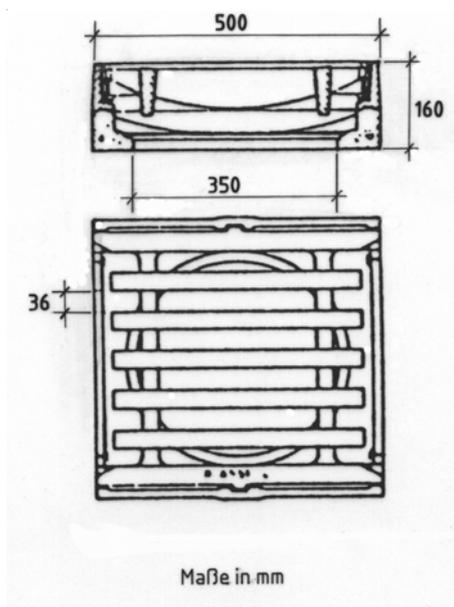


Bild 2: Aufsatz Typ II 500 x 500 nach DIN 19583

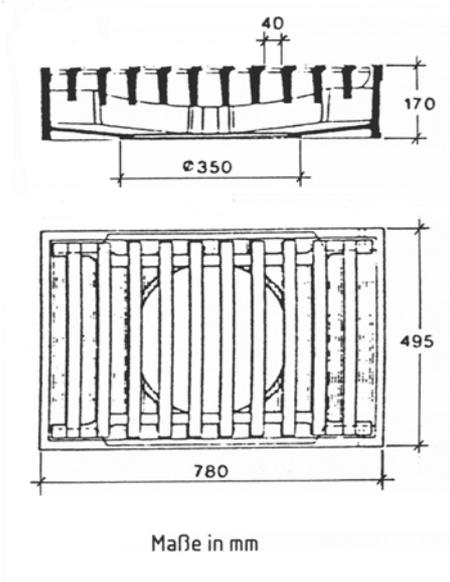


Bild 3: Aufsatz Typ III 500 x 780

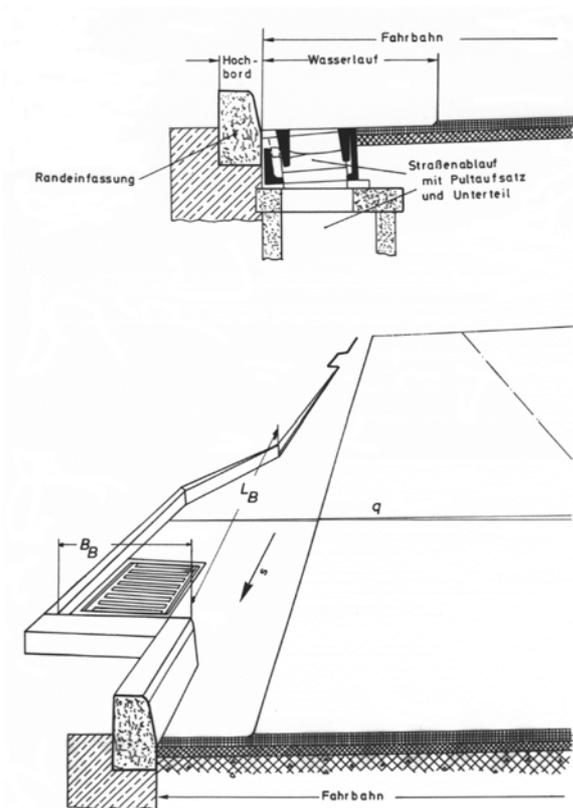


Bild 4: Beispiel für eine Straßenablaufbucht

Aus den Tabellen kann für die vorgegebenen Parameter der mögliche Gerinnezufluss Q_Z und der bei diesem Zufluss sich einstellende Straßenablaufabfluss Q_A entnommen werden.

Dem Tabellenwerk liegt ein Manning-Strickler-Rauheitsbeiwert von ungefähr $k_{St} = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ zugrunde.

Die Bemessungstabellen sind nur bis zu einem Gerinnedurchfluss von 70 l/s aufgestellt, da nur bis zu dieser Größenordnung Versuchsergebnisse vorliegen. Für den praktischen Gebrauch ist dieser obere Grenzwert ausreichend. Desweiteren sind die Abflüsse von drei Aufsatz-Typen aufgenommen. Aufsätze mit deutlich abweichender Geometrie können mit dem Tabellenwerk zwar nicht direkt erfasst, ihr Schluckvermögen jedoch abgeschätzt werden.

3. Grundlagen

3.1 Einzugsgebiet und Abflüsse

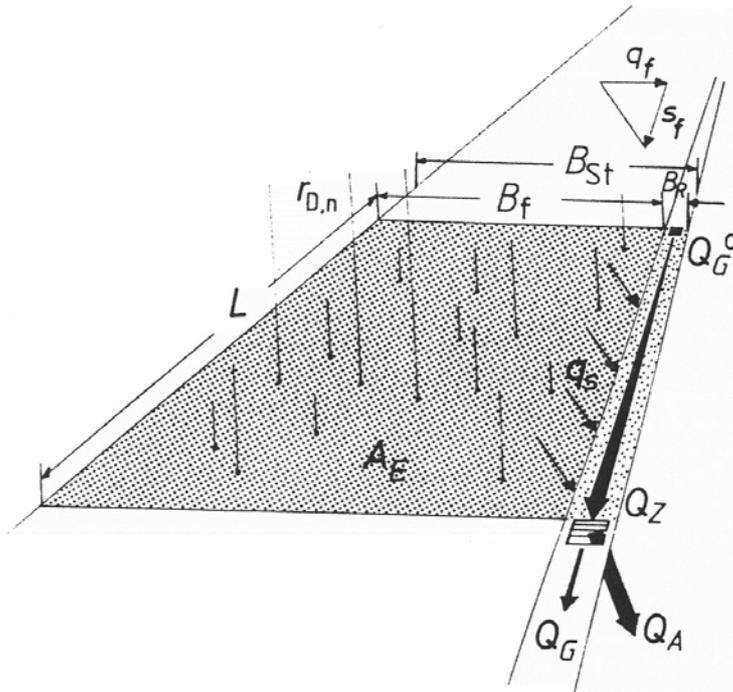


Bild 5: Rinne-Abflüsse, Einzugsgebiet und Abflüsse

Es bedeuten:

B_f	[m]	=	Breite der Fahrbahn
b	[m]	=	Wasserspiegelbreite
B_R	[m]	=	Breite der Rinne
B_{St}	[m]	=	Breite der Entwässerungsfläche, Fahrbahn, Straße, Rinne
L	[m]	=	Abstand zwischen zwei Straßenabläufen
L_B	[m]	=	Länge einer Straßenablaufbucht
B_B	[m]	=	Breite einer Straßenablaufbucht
L_1	[m]	=	Abstand zwischen Pendelrinnenhochpunkt und dem Straßenablauf
L_2	[m]	=	Abstand zwischen Pendelrinnenhochpunkt und dem Straßenablauf
h_B	[m]	=	maximale Auftritshöhe bei Hochborden am Tiefpunkt
h_F	[m]	=	freie verbleibende Bordhöhe nach Abzug der maximalen Wasserspiegelhöhe
s_f	% [m/m]	=	Längsneigung der Fahrbahn
s	% [m/m]	=	Längsneigung der Rinne
s_{min}	% [m/m]	=	Mindestlängsneigung der Rinne

q_f	% [m/m]	=	Querneigung der Fahrbahn
q	% [m/m]	=	Querneigung der Rinne
q_T	% [m/m]	=	Querneigung der Pendelrinne im Tiefpunkt
q_H	% [m/m]	=	Querneigung der Pendelrinne im Hochpunkt
A_{Ei}	[m ²]	=	Größe der jeweiligen Entwässerungsfläche
ψ_{si}	-	=	zu A_{Ei} gehörender Spitzenabflussbeiwert
$r_{D,n}$	[l/s/ha]	=	Regenspende der Dauer D und der Häufigkeit n
κ	-	=	Sicherheitsfaktor
q_s	[l/s/m]	=	seitlicher spezifischer Gerinnezufluss je m Gerinne
Q_E	[l/s]	=	Gerinnezufluss aus der Einzugsgebietsfläche A_E
Q_A	[l/s]	=	Abfluss, der vom Straßenablauf aufgenommen wird
Q_Z	[l/s]	=	Gerinnezufluss
Q_G^o	[l/s]	=	Gerinnegrundlast – Abfluss im Gerinne, der vom oberhalb liegenden Straßenablauf nicht aufgenommen wird und dem nächsten Straßenablauf zuläuft
Q_G^u	[l/s]	=	Gerinnegrundlast – Abfluss im Gerinne, der vom nächsten Straßenablauf nicht aufgenommen wird und dem übernächsten Straßenablauf zuläuft
k_{St}	[m ^{1/3} /s]	=	Manning-Strickler-Rauheitsbeiwert.

Der spezifische Gerinnezufluss aus dem Einzugsgebiet beträgt:

$$q_s = \psi_s \cdot r_{D,n} \cdot B_{St} \cdot \kappa / 10000. \quad (1)$$

In dieser Gleichung wurde ein Sicherheitsfaktor κ eingeführt, der u. a. Einengungen des Abflussquerschnittes durch Ablagerungen berücksichtigt. Es wird empfohlen, für den Bemessungsfall den Sicherheitsfaktor mit $\kappa = 1,5$ anzusetzen.

Die Bemessungsregenspende kann mit r_{15} angesetzt werden und kann dem KOSTRA-Atlas entnommen³ werden. Der Spitzenabflussbeiwert von Fahrbahnen ist nach Ziffer 1.3.2.1 der RAS-Ew mit $\psi = 0,9$ anzusetzen.

Der Gerinnezufluss aus dem Einzugsgebiet A_E ist:

$$Q_E = q_s \cdot L. \quad (2)$$

Die Bilanzierung der Abflüsse in einem Gerinneabschnitt führt zu der Gleichung

$$Q_A + Q_G^u = Q_E + Q_G^o = Q_Z. \quad (3)$$

Werden diese Gleichungen zusammengefasst, lässt sich die allgemein gültige Beziehung für den Abstand zweier Straßenabläufe aufstellen:

$$L = \frac{Q_A + Q_G^u - Q_G^o}{q_s}. \quad (4)$$

3.2 Leistungsfähigkeit des Gerinnes

Offene Gerinne werden nach den RAS-Ew, Ziffer 1.4.1, mit der Manning-Strickler-Formel nachgewiesen. Dem Tabellenwerk liegt ein Manning-Strickler-Rauheitsbeiwert von ungefähr $k_{St} = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ zugrunde.

³ DWD (1997): Starkniederschlagshöhen für die Bundesrepublik Deutschland - KOSTRA, Teil 1 und 2; Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes. Offenbach/Main.

4. Bemessung des Gesamtsystems Gerinne-Straßenablauf

4.1 Tabellenparameter

Den im Anhang 8.2 aufgeführten Tabellen kann für die vorgegebenen Parameter

- Gerinnetyp und Querneigung q des Gerinnes,
- Längsneigung s des Gerinnes,
- Wasserspiegellbreite b für den Gerinnezufluss aus Einzugsgebiet einschließlich der Grundlast,
- Aufsatz-Typ bzw. Straßenablaufbuchtlänge,

der für das Gerinne maximal mögliche Gerinnezufluss Q_Z und der sich bei diesem Zufluss einstellende Straßenablaufabfluss Q_A entnommen werden. Der Parameter Wasserspiegellbreite b ist entsprechend Ziffer 1.4.3 der RAS-Ew zu wählen.

4.2 Gerinnegrundlast

Die Differenz der Tabellenwerte zwischen Gerinnezufluss Q_Z und Straßenablaufabfluss Q_A ist die sich einstellende Grundlast Q_G . Q_G^o ist der von dem oberhalb liegenden Straßenablauf nicht aufgenommene Abfluss. Q_G^u ist der Abfluss, der vom nächsten Straßenablauf nicht aufgenommen wurde. Die Grundlasten Q_G^o und Q_G^u sind gleich groß, wenn der Abflussvorgang in den „Normalzustand“ übergegangen ist. Bei gleichbleibenden geometrischen und hydraulischen Bedingungen ist dies in der Regel nach 5 bis 10 Straßenabläufen der Fall.

Die teilweise vorhandene Gerinnegrundlast erweist sich entgegen einer allgemeinen Auffassung als vollkommen unschädlich bezüglich der Einhaltung der vorgegebenen Sicherheiten.

Als Konsequenz dieses Sachverhaltes ergibt sich eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit infolge eines größer ansetzbaren Straßenablaufabstandes, der zu keinerlei sicherheitstechnischen Bedenken Anlass gibt. Nur in Tiefpunkten, vor Verwindungsstrecken und Einmündungen u. ä. ist sicherzustellen, dass der letzte Straßenablauf den gesamten ankommenden Zufluss aufnimmt ($Q_G^u=0$).

4.3 Vollständige Systemauslastung

Für die vollständige Systemauslastung wird nur der Straßenablaufabfluss Q_A aus der jeweiligen Tabelle benötigt, wenn bereits der „Normalzustand“ eingetreten ist. Der Straßenablaufabstand bestimmt sich dann aus Gleichung (5) mit

$$L = \frac{Q_A}{q_s} . \quad (5)$$

Sollte der „Normalzustand“ noch nicht eingetreten sein - z. B. weil sich die äußeren Bedingungen ändern (Querneigungsänderung infolge Verwindung, Änderung der Längsneigung) oder Existenz eines definierten Beginns der Entwässerung - dann müssen die unterschiedlichen Grundlasten Q_G^o und Q_G^u in Gleichung (4) Berücksichtigung finden.

4.4 Unvollständige Systemauslastung (100 %ige Ablaufleistung)

Bei der unvollständigen Systemauslastung wird die in gewissen Bereichen durch die vollständige Systemauslastung hervorgerufene Grundlast verhindert. Vom System wird verlangt, dass der Straßenablauf den gesamten ankommenden Zufluss 100 %ig aufnimmt.

Eine Ablesung dieser 100 %igen Straßenablaufaufnahmewerte aus der jeweiligen Tabelle ist nicht mehr ohne Interpolation in der gesamten Tabelle möglich. Es werden deshalb bei Bord- und Spitzrinnen für vier und bei den Straßenablaufbuchten für drei verschiedene Querneigungen die maximalen Gerinnezuflüsse in einer separaten Tabelle 1 ausgewiesen, die die Straßenabläufe gerade noch aufnehmen.

Tabelle 1: Maximale Gerinnezuflüsse, die die Straßenabläufe bzw. die Straßenablaufbuchten gerade noch aufnehmen

100 %iges Leistungsvermögen: $Q_A = Q_Z$

	Gerinne- quer- neigung q	Längsneigung s_f [%]							
		0,0	0,2	0,5	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0
	%	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
Aufsatz 300x500 DIN 19594	2,5	2,5	2,6	2,6	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
	6,0	5,4	5,6	5,8	5,8	7,2	6,4	6,4	3,4
	10,0	9,7	11,0	11,4	13,4	10,7	8,5	6,0	4,4
	15,0	14,9	14,7	13,9	9,9	6,0	5,0	5,0	4,9
Aufsatz 500x500 DIN 19583	2,5	4,3	4,3	4,4	4,5	5,0	5,4	6,0	6,4
	6,0	9,8	10,7	11,3	14,0	9,6	6,1	6,4	6,6
	10,0	17,3	17,8	17,2	14,6	10,2	7,2	6,8	7,0
	15,0	16,1	14,4	12,9	11,2	8,8	6,5	6,0	6,0
Aufsatz 500x780	2,5	5,0	4,7	4,6	4,3	5,1	5,5	5,4	5,2
	6,0	12,5	12,4	13,4	14,4	16,8	19,7	19,5	19,4
	10,0	28,0	27,6	27,4	27,9	30,0	25,3	20,0	16,1
	15,0	35,3	35,2	34,8	34,0	32,4	22,8	13,0	8,0
Straßen- ablaufbucht LI $L_B = 1,8$ m	2,5	4,5	5,3	4,6	2,8	2,2	1,5	1,2	0,8
	4,0	9,1	8,4	6,7	5,2	3,6	2,4	1,9	1,0
	6,0	16,0	14,2	11,8	9,2	5,9	4,0	3,4	3,1
Straßen- ablaufbucht LII $L_B = 2,7$ m	2,5	7,0	8,0	8,8	8,0	5,8	3,5	2,0	1,6
	4,0	16,4	17,3	17,6	13,0	8,7	5,6	3,8	2,6
	6,0	29,0	28,4	26,9	24,0	16,5	9,4	7,1	5,7
Straßen- ablaufbucht LIII $L_B = 4,2$ m	2,5	6,0	7,0	7,7	8,6	9,6	6,5	3,5	2,0
	4,0	13,0	13,6	14,5	16,0	18,3	14,7	10,3	7,1
	6,0	28,0	27,6	26,2	22,0	13,0	8,4	7,0	6,2

4.5 Pendelrinne

Die Pendelrinne wird in Ziffer 3.4.3 der RAS-Ew beschrieben. Durch ihre Konstruktionsweise wird erreicht, dass die Längsneigung am Bordstein nach beiden Richtungen hin die Mindestlängsneigung von $s_{\min} = 0,5$ % nicht unterschreitet, indem die Rinne von einem Hochpunkt aus (mit geringer Querneigung q_H , i. d. R. gleich Q_F) zum Straßenablauf hin (Tiefpunkt mit größerer Querneigung q_T) linear verwunden wird.

Außer den für ein Straßengerinne einzuhaltenden Bedingungen (Einhaltung einer vorgegebenen maximalen Wasserspiegelbreite) müssen der Pendelrinne weitere Restriktionen auferlegt werden, welche die Gerinnekonstruktion und somit den Ablaufabstand weitgehend festlegen:

- die Gerinnelängsneigung (am Hochbord) soll mindestens $s_{\min} = 0,5$ % betragen,

- die vorgegebene maximale Auftrittshöhe h_B bei Hochborden (am Tiefpunkt) soll eingehalten werden (z. B. für Fußgänger, Schwerbehinderte oder Parken auf Gehwegen).

Bezeichnet man

q_H	[m/m]	Querneigung am Hochpunkt
q_T	[m/m]	Querneigung am Tiefpunkt
s_{\min}	[m/m]	Mindestlängsneigung der Rinne
s_f	[m/m]	Straßenlängsneigung
B_R	[m]	Breite der Rinne
h_B	[m]	maximale Auftrittshöhe bei Hochborden am Tiefpunkt
h_F	[m]	freie verbleibende Bordhöhe nach Abzug der maximalen Spiegelhöhe,

so ermöglicht Gleichung (6) zur Ermittlung der Abstandslängen L_1 und L_2 zwischen Hoch- und Tiefpunkt die Einhaltung der Mindestlängsneigung s_{\min} am Hochbord:

$$L_{1,2} = \frac{B_R \cdot (q_T - q_H)}{s_{\min} \pm s_f} = \frac{\Delta h}{s_{\min} \pm s_f}, \quad (6)$$

wobei L_1 mit „+ s_f “ den Abstand zwischen Hoch- und Tiefpunkt vom Straßenablauf in Richtung der Straßenlängsneigung und L_2 mit „- s_f “ den Abstand vom Straßenablauf entgegen der Längsneigungsrichtung bestimmt.

Der Gesamtabstand L zwischen zwei Straßenabläufen in einer Pendelrinne ergibt sich somit aus

$$L = L_1 + L_2. \quad (7)$$

Er wird umso größer, je kleiner die Neigungsdifferenz zwischen s_{\min} und s_f ist.

Die Einhaltung der vorgegebenen Auftrittshöhe h_B am Tiefpunkt wird durch Wahl von geeigneten Querneigungen q_H und q_T mit folgender Beziehung erfüllt:

$$h_B = h_F + B_R \cdot (q_T - q_H). \quad (8)$$

Die entwässerungstechnischen Gesichtspunkte der Pendelrinne treten nur dann als Restriktionen in den Vordergrund, wenn infolge einer geringen Rinnenquerneigung an mindestens einer Stelle der bis hierher angekommene Zufluss eine zu kleine Querschnittsfläche vorfindet. Die Gleichung (9), die aus Gleichung (6) der RAS-Ew abgeleitet ist und den Rauheitsbeiwert $k_{St} = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ enthält, dient als Prüfkriterium.

$$q_{T\min} = \left[\frac{q_s \cdot L_2}{22000 \cdot B_R^{\frac{8}{3}} \cdot \sqrt{s_{\min}}} \right]^{\frac{3}{5}}. \quad (9)$$

Es bedeuten:

s_{\min}	[m/m]	Mindestlängsneigung
q_s	[l/(s·m)]	spezifischer Rinnenfluss
L_2	[m]	Abstand zwischen Hochpunkt und Straßenablauf
B_R	[m]	Breite der Rinne.

5. Bemessungsbeispiele

Nachfolgend werden die Bemessungsverfahren anhand von numerischen Beispielen erläutert und die Handhabung der Formeln und Tabellen aufgezeigt.

5.1 Ermittlung der Straßenablaufabstände

Vorgegeben sei folgender Sachverhalt:

Die zu betrachtende Straße besitzt ein gleichbleibendes Längsgefälle von $s_f = 2\%$. Die Straße entwässert in eine Spitzrinne mit einem Quergefälle von $q = 13\%$. Die Entwässerung wird durch eine Querstraße unterbrochen, d. h. es soll verhindert werden, dass Wasser über diese Straße hinweg tritt. Die Spitzrinne weist eine Breite von $B_R = 0,5\text{ m}$ und Straßenabläufe mit Aufsätzen vom Typ II 500 x 500 auf. Die Wasserspiegelbreite b soll die Breite $B_R = 0,50\text{ m}$ nicht überschreiten. Der seitliche spezifische Zufluss wurde mit $q_s = 0,2\text{ l/(s}\cdot\text{m)}$ ermittelt.

Aus Tabelle CD 8.2.29 ergeben sich folgende Werte:

$$Q_Z = 15,4\text{ l/s}$$

$$Q_A = 14,1\text{ l/s.}$$

Dies bedeutet:

- Das Gerinne kann bis zu 15,4 l/s abführen, ohne dass die vorhandene Gerinnebreite $B_R = 0,5\text{ m}$ überschritten wird.
- Der Straßenablauf ist jedoch bei diesen Voraussetzungen nur in der Lage 14,1 l/s aufzunehmen - 1,3 l/s werden somit dem nächsten Straßenablauf zugeschlagen.

Es ergibt sich hieraus entsprechend Gleichung (4) bzw. Bild 1 ein gleichbleibender Straßenablaufabstand

$$L = \frac{Q_A + Q_G^u - Q_G^{00}}{q_s} = \frac{14,1 + 1,3 - 1,3}{0,2} = 70,5\text{ m.}$$

Hinweis: Es findet keine Veränderung der Grundlast von Straßenablauf zu Straßenablauf statt, da dieses Beispiel gleichbleibende geometrische Verhältnisse aufweist.

Entsprechend den o. g. Forderungen soll die Größe des letzten Einzugsgebietes bzw. dessen Straßenablaufabstand so beschaffen sein, dass der hieraus resultierende Zufluss vollständig aufgenommen werden kann (100 %ige Aufnahmeleistung).

Tabelle 1 liefert für vorgegebene Gerinnequerneigungen den Abfluss für eine vollständige Aufnahme. Für die hier maßgebende Gerinnequerneigung ermittelt sich ein interpolierter Straßenablaufwert von

$$Q_A^{100\%} = 9,3\text{ l/s}$$

und ein Straßenablaufabstand von

$$L = \frac{9,3 + 0 - 1,3}{0,2} = 40\text{ m.}$$

Es ergeben sich somit für eine optimale Entwässerung unter den vorgenannten Voraussetzungen Straßenablaufabstände von 70,5 m bzw. 40 m am Ende vor der Einmündung in eine Querstraße.

5.2 Ermittlung der Straßenablaufabstände – Bemessung im Vergleich

Im folgenden Beispiel sollen Ergebnisse der pauschalierten Bemessung entsprechend Ziffer 1.4.3 der RAS-Ew der Feinbemessung mit Hilfe der Bemessungstabellen gegenübergestellt werden.

Es liege vor:

Straßenbreite	$B_{St} = 10 \text{ m} = \text{RQ } 26$
Breite der Spitzrinne	$B_R = 0,5 \text{ m}$
Spitzrinne mit einer Querneigung	$q = 11 \text{ ‰}$
Gerinnelängsneigung	$s = 4 \text{ ‰}$
Straßenablauf-Aufsatz	Typ II 500 x 500
Gerinne Rauheitsbeiwert	$k_{St} = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
Bemessungsregen	$r_{D,n} = r_{15,1} = 115 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{ha})$
Spitzenabflussbeiwert	$\psi_s = 0,9$
Sicherheitsfaktor	$\kappa = 1,5$

An das oberirdische Entwässerungssystem wird die Bedingung gestellt: Die Wasserspiegelbreite darf nicht größer als die festgelegte Breite der Spitzrinne b_R werden!

5.2.1 Pauschalierter Ansatz mit fester Einzugsgebietsgröße

Beim pauschalierten Ansatz wird in grober Näherung dem Straßenablauf

400 m² Straßenfläche bei Stadtstraßen oder
500 m² Landstraßen

zugeordnet. Für Stadtstraßen folgt damit ein Straßenablaufabstand von

$$L = 400 \text{ m}^2 / 10 \text{ m} = 40 \text{ m}.$$

Der spezifische Gerinnezufluss beträgt ohne Sicherheitsfaktor

$$q_s = \psi \cdot r_{D,n} \cdot B_{St} \cdot \kappa / 10000 = 0,9 \cdot 115 \cdot 10 \cdot 1,0 / 10000 = 0,104 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}).$$

Mit dem Straßenablaufabstand von $L = 40 \text{ m}$ ergibt sich vor dem Straßenablauf somit ein Gerinnezufluss aus dem Einzugsgebiet von

$$Q_E = q_s \cdot L = 0,104 \cdot 40 = 4,2 \text{ l/s}.$$

Die für dieses Beispiel maßgebende Bemessungstabelle CD 8.2.27 liefert für einen Gerinnezufluss von 4,2 l/s eine Wasserspiegelbreite

$$b = 0,3 \text{ m}.$$

5.2.2 Unvollständige Systemauslastung, jedoch 100 %ige Straßenablaufleistung

Nach Tabelle 1 ergibt sich durch Interpolation ein maximaler Zuflusswert von

$$Q_Z = Q_A^{100\%} = 7,1 \text{ l/s}$$

woraus, ebenfalls interpoliert aus der Bemessungstabelle CD 8.2.27, eine Wasserspiegelbreite von

$$b = 0,35 \text{ m}$$

abgeleitet werden kann.

Der spezifische Gerinnezufluss einschließlich Sicherheitsfaktor beträgt:

$$q_s = \psi \cdot r_{D,n} \cdot B_{St} \cdot \kappa / 10000 = 0,9 \cdot 115 \cdot 10 \cdot 1,5 / 10000 = 0,155 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}).$$

Der Straßenablaufabstand ergibt sich mit Gleichung (4) zu:

$$L = \frac{Q_a + Q_g^u - Q_g^o}{q_s} = \frac{7,1 + 0 - 0}{0,155} = 45,81 \text{ m}.$$

Dem Straßenablauf wird damit eine Entwässerungsfläche von

$$A_E = B_{St} \cdot L = 10 \cdot 45,81 = 458,1 \text{ m}^2$$

zugeordnet.

5.2.3 Vollständige Systemauslastung

Aus der für dieses Beispiel maßgebenden Bemessungstabelle CD 8.2.27 werden folgende Werte abgelesen:

$$Q_Z = 16,6 \text{ l/s}$$

$$Q_A = 14,0 \text{ l/s.}$$

Es ergibt sich somit eine Grundlast von $16,6 - 14,0 = 2,6 \text{ l/s}$, die vom jeweiligen Straßenablauf nicht aufgenommen wird.

Bei gleichbleibenden geometrischen Verhältnissen kann nun folgende Vorgehensweise eingeschlagen werden: Der erste (obere) Straßenablauf ist frei von einer Grundlast, so dass der Zufluss von $16,6 \text{ l/s}$ insgesamt aus dem Einzugsgebiet kommen kann. Somit lässt sich folgende Straßenlänge und Einzugsgebietsfläche für den ersten Straßenablauf bestimmen:

$$L_1 = \frac{14,0 + 2,6 - 0}{0,155} = 107,1 \text{ m}$$

$$A_{E1} = 10 \cdot 107,1 = 1071 \text{ m}^2.$$

Da der erste Straßenablauf bei dem Zufluss von $16,6 \text{ l/s}$ nur $14,0 \text{ l/s}$ aufnimmt, müssen dem nächsten Straßenablauf $2,6 \text{ l/s}$ als Grundlast zugeschlagen werden. Es bleiben somit nur noch $14,0 \text{ l/s}$ ($= Q_A$ aus Bemessungstabelle), die aus dem Einzugsgebiet kommen dürfen, um das Gerinne wieder voll auszulasten.

Für die Einzugsgebietsfläche des unteren Straßenablaufs bzw. für den Abstand zwischen dem oberen und unteren Straßenablauf, ergibt sich:

$$L_2 = \frac{14,0 + 2,6 - 2,6}{0,155} = 90,3 \text{ m}$$

$$A_{E2} = 10 \cdot 90,3 = 903 \text{ m}^2.$$

Dieses Ergebnis gilt bei unveränderten Straßenbedingungen auch für die nachfolgenden Straßenabläufe. Das Beispiel zeigt, dass es durchaus sicherheitstechnisch vertretbar ist, das Entwässerungssystem vollständig auszulasten, ohne obige Bedingung an irgendeiner Stelle zu verletzen.

Ohne Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors (also bei $\kappa = 1$) ergeben sich Straßenablaufabstände von $L_1 = 160 \text{ m}$ bzw. 135 m , ohne dass die Wasserspiegelbreite $b = 0,5 \text{ m}$ überschritten wird.

5.3 Bestimmung der Straßenablaufabstände bei veränderlichen geometrischen Bedingungen

Die vorangegangenen Beispiele zeigten die prinzipielle Verfahrensweise eines Bemessungsvorganges. Das folgende Beispiel soll dagegen den Übergang zwischen Straßenablauf- und Gerinnerestriktion infolge veränderlicher geometrischer Bedingungen verdeutlichen. Des Weiteren wird eine einfache grafische Methode zur Bestimmung der verschiedenen Straßenablaufabstände gezeigt.

Vorgegeben sei eine Stadtautobahn, die mit einer Entwurfsgeschwindigkeit $v_e = 80$ km/h konzipiert ist (Bild 6). Ab dem Punkt A muss aufgrund örtlicher Gegebenheiten entwässert werden, bei Punkt B befindet sich eine Einmündung.

Für dieses Beispiel werden folgende Parameter vorgegeben:

Breite der Fahrbahn (RQ 26, eine Richtung)	$B_f = 10$ m
Breite des Mittelstreifens	$B_G = 3$ m
Breite der Bordrinne	$B_R = 0,70$ m
Bemessungsregenspende r_D	$r_{15} = 120$ l/(s·ha)
Spitzenabflussbeiwert Straße	$\psi_{sSt} = 0,9$
Spitzenabflussbeiwert Mittelstreifen (begrünt)	$\psi_{sG} = 0,1$
Sicherheitsfaktor	$\kappa = 1,5$
Straßenablauf-Aufsatz	Typ II 500 x 500.

Die allgemeine Formel zur Ermittlung des spezifischen seitlichen Gerinnezuflusses lautet:

$$q_s = r_{D,n} \cdot \kappa \cdot \sum_{i=1}^k \frac{\psi_{Si} \cdot B_i}{10000} \quad \left[\frac{l}{s \cdot m} \right].$$

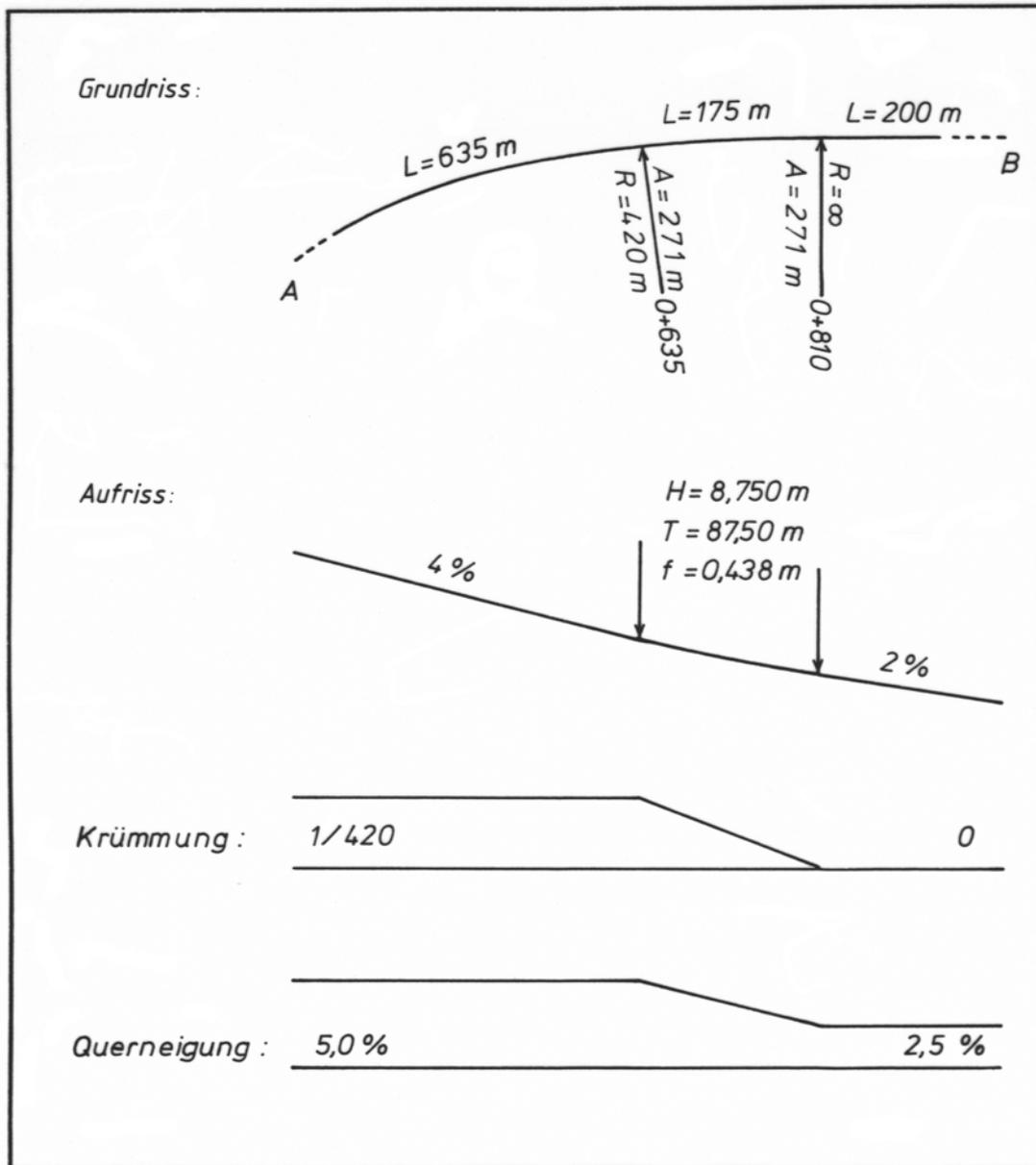


Bild 6: Entwurfselemente zum Beispiel

Somit ergibt sich

$$q_s = 120 \cdot 1,5 \cdot (0,9 \cdot 10 + 0,1 \cdot 3) / 10000 = 0,167 \text{ l/(s}\cdot\text{m)}$$

für die gesamte zu entwässernde Fläche.

Entsprechend Bild 6 lässt sich die Aufgabenstellung in drei Abschnitte einteilen:

- Kreisbogen
- Übergangsbogen
- Gerade.

Zu a) Kreisbogen

Die Entwässerungsbemessung des Kreisbogens mit $q = 5\%$, $s = 4\%$ lässt sich analog zu Ziffer 5.2 durchführen. Aus der Bemessungstabelle CD 8.2.9 entnimmt man:

$$Q_Z = 11,2 \text{ l/s}$$

$$Q_A = 10,4 \text{ l/s}$$

Die vollständige Systemauslastung führt somit zu folgenden Straßenablaufabständen:

$$L_1 = \frac{Q_A + Q_G^u - Q_G^o}{q_s} = \frac{10,4 + 0,8 - 0}{0,167} = 67,0 \text{ m}$$

$$L_2 = \frac{10,4 + 0,8 - 0,8}{0,167} = 62,3 \text{ m}$$

Der Straßenablaufabstand L_2 gilt auch für die nachfolgenden Straßenabläufe im Kreisbogen. Bei einer Gesamtlänge von 635 m ergeben sich somit insgesamt 10 Straßenabläufe und es verbleibt eine Restlänge von 7,3 m.

Zu b) Übergangsbogen

Für den Bereich des Übergangsbogens, bei dem sich Quer- und Längsneigung linear ändern, wird der jeweilige Straßenablaufabstand für mehrere Stützstellen in der Tabelle 2 bestimmt und anschließend in Bild 7 grafisch dargestellt. Es ist hierbei wesentlich zu erkennen, dass sich der Abstand zwischen zwei Straßenabläufen als Schnittpunkt der Q_Z -Linie mit der (hier im Beispiel) linear des Weges x anwachsenden Linie des seitlichen Zuflusses

$$Q_s = q_s \cdot x$$

ergibt.

Tabelle 2: Hilfwerte zur Erzeugung des Straßenablaufabstandes in Bild 7 aus den Bemessungstabellen CD 8.2.4 bis CD 8.2.9

s_f	[%]	4,0	3,6	3,2	2,8	2,4	2,0
q	[%]	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5
Q_Z	[l/s]	11,2	9,0	7,0	5,2	3,8	2,5
Q_A	[l/s]	10,4	8,5	6,8	5,2	3,8	2,5
$Q_G = Q_Z - Q_A$	[l/s]	0,8	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0

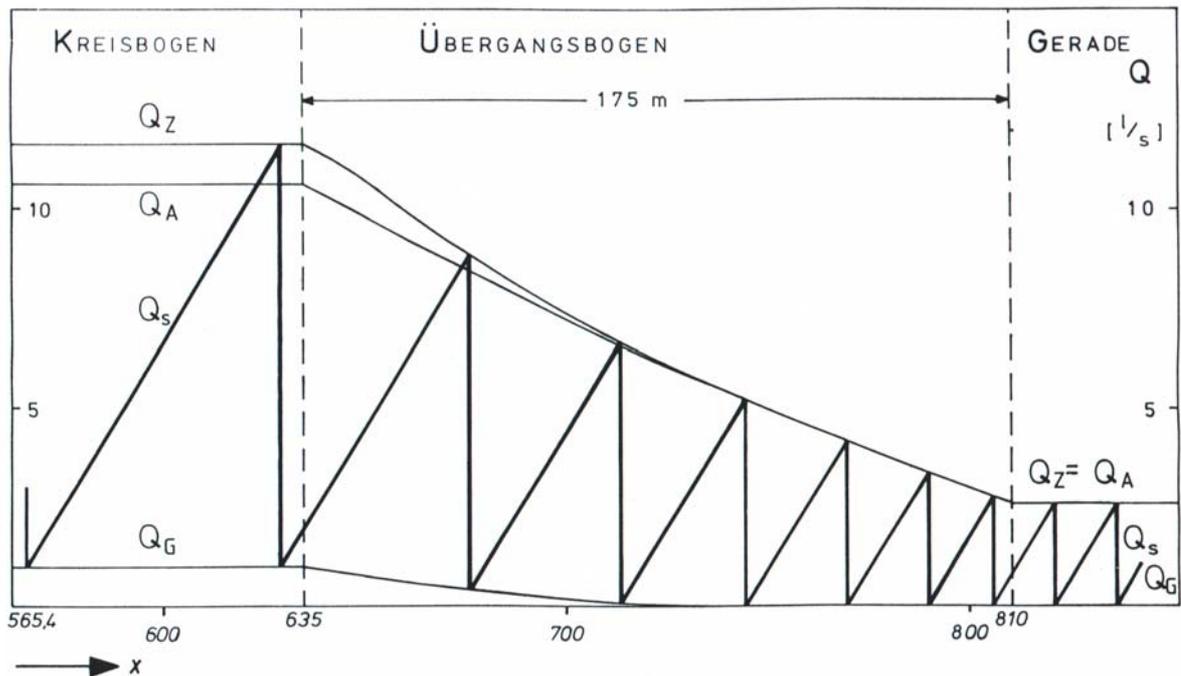


Bild 7: Grafische Ermittlung des Straßenablaufabstandes

Die Q_S -Linie gibt an jeder Stelle des Gerinnes den aktuellen Durchfluss an. Den Straßenablaufabstand erhält man durch Ablesen an den erzeugten Schnittpunkten. Man erkennt in Bild 7, dass die Grundlast $Q_G = 0$ wird und somit die Restriktionen der einzuhaltenden Wasserspiegelbreiten in den Vordergrund treten.

Zu c) Gerade

Für das Geradenstück ist eine Grundlast im Gerinne nicht mehr vorhanden. Der Straßenablaufabstand ergibt sich zu

$$L = \frac{2,5 + 0 - 0}{0,167} = 15,0 \text{ m.}$$

An dieser Stelle erlaubt das Tabellenwerk auch den Aufsatz-Typ I 300 x 500.

5.4 Bemessung einer Pendelrinne

Folgende Vorgaben seien gegeben:

Fahrbahnlängsneigung	$s_f = 0,2 \%$
Breite der zu entwässernden Fläche	$B_{St} = 12,5 \text{ m}$
Bemessungsregenspende $r_{D,n}$	$r_{15,1} = 115 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$
Spitzenabflussbeiwert	$\psi_s = 0,9$
Fahrbahnquerneigung	$q_f = 2,5 \%$
Sicherheitsfaktor	$\kappa = 1,5$

Gesucht ist eine Pendelrinne, die allen entwässerungs- und sicherheitstechnischen Anforderungen genügt.

Der Bemessungszufluss einschließlich des Sicherheitsfaktors beträgt:

$$q_s = \psi \cdot r_{D,n} \cdot B_{St} \cdot \kappa / 10000 = 0,9 \cdot 115 \cdot 12,5 \cdot 1,5 / 10000 = 0,194 \text{ l/(s}\cdot\text{m)}.$$

Für die Bestimmung der Gerinnelänge L ist es notwendig, Aussagen zumindest über die Querneigungsdifferenz Δq zwischen Hoch- und Tiefpunkt zu treffen (vgl. Gleichung (6)). Diese Festlegung erfordert das Einhalten von sicherheitstechnischen Einschränkungen, d. h.: die Auftrittshöhe des Hochbordes sollte in der Regel nicht mehr als 12 cm betragen, in Ausnahmefällen bis zu 20 cm, abgesehen von Gehwegeinfahrten, Fußgängerüberwegen an Mittelinseln, Radwegen, Busbuchten, Parkspuren, usw.

Wird eine anfängliche Querneigung am Hochpunkt $q_H = 2,5\%$ und am Tiefpunkt $q_T = 8\%$ festgelegt, erhält man nach den Gleichungen (6) und (7) die Gerinnelängen bzw. Straßenablaufabstände, welche aus rein geometrischen Vorgaben bzw. sicherheitstechnischen Ansprüchen resultieren.

Die Überprüfung dieser Ergebnisse aus entwässerungstechnischer Sicht erfolgt mit Hilfe der Gleichung (9). Die Werte sind in der Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3: Ergebniswerte einer Beispielrechnung: Bemessung einer Pendelrinne

Geometrische Vorgaben					Entwässerungstechnische Vorgaben	
B_R	s_{min}	Gl. 6		Gl. 7	Gl. 9	Bemerkung
[m]	[%]	L_1	L_2	L	q_{Tmin}	
0,3	0,5	2,4	5,5	7,9	8,7	$q_{Tmin} > q_T$ unzulässig
0,5	0,5	3,9	9,2	13,1	5,2	$q_{Tmin} < q_T$ zulässig

Der Tabelle 3 ist zu entnehmen, dass bei einer Gerinnebreite mit $B_R = 0,3$ m die Kontrollgröße q_{Tmin} größer als q_T ist. Das bedeutet, dass die Endquerneigung am Tiefpunkt $q_T = 8\%$ nicht ausreicht, den Gerinnezufluss

$$Q_Z = q_s \cdot L_2 = 1,1 \text{ l/s}$$

bei Einhaltung der vorgegebenen Breite der Rinne abzuführen. Abhilfemaßnahmen wären:

- Vorgabe einer größeren Endquerneigung – Nachteil: größere Auftrittshöhe am Hochbord
- Vergrößerung der Breite der Rinne - Nachteil: größere Auftrittshöhe am Hochbord
- Verringerung der Straßenablaufabstände.

A 8.2 Entwässerungsrinnen und Straßenabläufe in befestigten Verkehrsflächen - Bemessungstabellen

Vorbemerkungen

Die Tabelle 1, vergleiche Ziffer 4.4 in A 8.1 „Unvollständige Systemauslastung (100 %ige Ablaufleistung)“, wird hier der Vollständigkeit halber neben in Ziffer 4.4 erneut beigelegt.

Tabelle 1: Maximale Gerinnezuflüsse, die die Straßenabläufe bzw. die Straßenablaufbuchten gerade noch aufnehmen
100 %iges Leistungsvermögen: $Q_A = Q_Z$
(siehe Ziffer 4.4 „Unvollständige Systemauslastung“)

	Gerinne- quer- neigung q	Längsneigung s_f [%]							
		0,0	0,2	0,5	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0
	%	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
Aufsatz 300x500 DIN 19594	2,5	2,5	2,6	2,6	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
	6,0	5,4	5,6	5,8	5,8	7,2	6,4	6,4	3,4
	10,0	9,7	11,0	11,4	13,4	10,7	8,5	6,0	4,4
	15,0	14,9	14,7	13,9	9,9	6,0	5,0	5,0	4,9
Aufsatz 500x500 DIN 19583	2,5	4,3	4,3	4,4	4,5	5,0	5,4	6,0	6,4
	6,0	9,8	10,7	11,3	14,0	9,6	6,1	6,4	6,6
	10,0	17,3	17,8	17,2	14,6	10,2	7,2	6,8	7,0
	15,0	16,1	14,4	12,9	11,2	8,8	6,5	6,0	6,0
Aufsatz 500x780	2,5	5,0	4,7	4,6	4,3	5,1	5,5	5,4	5,2
	6,0	12,5	12,4	13,4	14,4	16,8	19,7	19,5	19,4
	10,0	28,0	27,6	27,4	27,9	30,0	25,3	20,0	16,1
	15,0	35,3	35,2	34,8	34,0	32,4	22,8	13,0	8,0
Straßen- ablaufbucht LI $L_B = 1,8$ m	2,5	4,5	5,3	4,6	2,8	2,2	1,5	1,2	0,8
	4,0	9,1	8,4	6,7	5,2	3,6	2,4	1,9	1,0
	6,0	16,0	14,2	11,8	9,2	5,9	4,0	3,4	3,1
Straßen- ablaufbucht LII $L_B = 2,7$ m	2,5	7,0	8,0	8,8	8,0	5,8	3,5	2,0	1,6
	4,0	16,4	17,3	17,6	13,0	8,7	5,6	3,8	2,6
	6,0	29,0	28,4	26,9	24,0	16,5	9,4	7,1	5,7
Straßen- ablaufbucht LIII $L_B = 4,2$ m	2,5	6,0	7,0	7,7	8,6	9,6	6,5	3,5	2,0
	4,0	13,0	13,6	14,5	16,0	18,3	14,7	10,3	7,1
	6,0	28,0	27,6	26,2	22,0	13,0	8,4	7,0	6,2

Die nachfolgenden Bemessungstabellen liefern für die Kombination

Tabelle CD 8.2.1 - CD 8.2.11: Bordrinne - Straßenablauf

Tabelle CD 8.2.12 - CD 8.2.22: Bordrinne - Straßenablaufbucht

Tabelle CD 8.2.23 - CD 8.2.31: Spitzrinne - Straßenablauf

- bei vorgegebener maximaler Wasserspiegelbreite einen maximalen Gerinneabfluss Q_Z
- den für den Gerinneabfluss Q_Z ermittelten Straßenablaufabfluss Q_A

für Gerinnequerneigungen $q = 1,0$ % bis $q = 6,0$ % in Schritten von $\Delta q = 0,5$ % (Bordrinne) bzw.

für Gerinnequerneigungen $q = 7,0 \%$ bis $q = 15,0 \%$ in Schritten von $\Delta q = 1,0 \%$ (Spitzrinne).

Die Straßenabläufe sind gekennzeichnet durch:

Typ I:	Straßenablauf-Aufsatz	300 x 500 DIN 19594
Typ II:	Straßenablauf-Aufsatz	500 x 500 DIN 19583
Typ III:	Bergstraßenauflauf Total	500 x 780.

Die Tabellenwerte für die Kombination Bordrinne – Straßenablaufbucht wurden für den Straßenablauf-Aufsatz Typ II 500 x 500 aufgestellt. Der Straßenablaufbucht-Typ entspricht:

Typ LI:	Straßenablaufbuchtlänge	1,80 m
Typ LII:	Straßenablaufbuchtlänge	2,70 m
Typ LIII:	Straßenablaufbuchtlänge	4,20 m.