

**Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement
Bundesamt für Strassenbau**

**Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie
Office fédéral des routes**

**Dipartimento federale dei trasporti, delle comunicazioni e delle energie
Ufficio federale delle strade**

EVACUATION DES EAUX DE CHAUSSEE BASES DE CALCUL DU DEBIT

**Strassenentwässerung
Grundlagen und Abflussberechnung**

**Road runoff
Bases and calculation of the flow**

**M. Jobin SA, ingénieurs EPF, Delémont
M. Jobin, ing. dipl. EPF / SIA**

**Bürkel, Baumann, Schuler, Ingenieure + Planer AG, Winterthur
P. Bürkel, dipl. Ing. ETH / SIA**

**Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft
Dr. F. Naef, dipl. ing. ETH**

Mandat de recherche VSS 1998/078 (18/98) sur demande de l'Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

Mai 2005

N° 1099

TABLE DES MATIERES INHALTVERZEICHNIS

1. INTRODUCTION.....	8
1.1 Buts et contexte du mandat de recherche.....	8
1.2 Mandat et limites du mandat	9
1.3 Méthode et structure du rapport.....	9
2. NORMES	11
2.1 Liste des normes	11
2.2 Bases légales	11
2.3 Objectifs des normes.....	12
2.4 Démarche adoptée	12
2.5 Concept et structure des normes	14
3. NORME SN 640 340, BASES	15
3.1 Aperçu et principes.....	15
3.2 Pluies et cellules de pluies (SN 640350 et 640 357).....	17
3.3 Ecoulement sur la chaussée et les talus (SN 640 353 et 640 356).....	17
3.4 Absorption des grilles (SN 640 356 et 640 357).....	17
3.5 Cheminées d'évacuation des eaux de chaussée (SN 640 356).....	18
3.6 Ecoulement dans les collecteurs (SN 640 357).....	18
3.7 Travaux de recherches ultérieurs et normes à établir	19
4. ÜBERSICHT UND GRUNDLAGEN ZU DEN NORMEN ZUR HYDRAULISCHEN BEMESSUNG DER STRASSENENTWÄSSERUNG.....	20
4.1 Betroffene Normen	20
4.2 Zuordnung der Normen und Projektierungselemente	20
4.3 Parameter des bemessungsbezogenen Starkregens	21
4.4 Parameter des Abflusses von Strassen	22
4.5 Vergleich der Abflussberechnung nach den zu ersetzenden und den künftigen Normen	23
4.5.1 Elemente der zu ersetzenden und der neuen Normen.....	23
4.5.2 Regenintensitäten.....	24
4.5.3 Wiederkehrperiode des Regens der massgebenden Intensität.....	24
4.5.4 Regendauer	24
4.5.5 Abflusskoeffizienten.....	25
4.5.6 Berechnete Flächen	25

5. NORM SN 640 353, ABFLUSS	26
5.1 Grundlagen der Norm.....	26
5.2 Übersicht und Stellung im Normenwerk	26
5.3 Zu Ziffer 5, Regencharakteristiken	26
5.4 Zu Ziffer 6, Aspekte des Abflusses auf Strassen und von Böschungen.....	27
5.5 Zu Ziffer 9, Massgebende Regenintensitäten.....	28
5.5.1 Wiederkehrperiode des Regens der massgebenden Intensität	28
5.5.2 Regendauer	29
5.6 Zu Ziffer 10, Abflusskoeffizienten	31
6. NORM SN 640 356, ABLÄUFE	35
6.1 Ausgangslage.....	35
6.2 Übersicht	35
6.3 Stellung der Norm im Normenwerk	35
6.4 Zu Ziffer 5, Abflussregulierung	36
6.5 Zu Ziffer 6, Schluckvermögen der Einlaufroste der Einlaufschächte und Schlamm- sammeler.....	36
6.6 Zu Ziffer 7, Randabschlüsse, Borde.....	38
6.6.1 Aufgaben der Randabschlüsse	38
6.6.2 Randanschlusshöhen gemäss der Norm SN 640 356 im Einzelnen	39
6.7 Zu Ziffer 9, Wasserlaufbreiten bei massgebenden Regenintensitäten.....	39
6.7.1 Wasserlaufbreiten bei massgebenden Regenintensitäten und Intensitäten, die einen Normalbetrieb zulassen	39
6.7.2 Verkehrssicherheit bei der massgebenden Regenintensität.....	40
6.7.3 Wasserlaufbreiten bei Normalbetrieb ausserhalb des Siedlungsgebietes	41
6.7.4 Wasserlaufbreiten bei Normalbetrieb von Strassen innerhalb des Siedlungs- gebietes	42
6.8 Zu Ziffer 12, Quergefällsänderungen der Strasse	42
6.9 Zu Ziffer 13, Kuppen.....	42
6.10 Zu Ziffer 14, Wannene.....	43
7. NORM SN 640 357, ABFLUSS IM LEITUNGSSYSTEM	44
7.1 Ausgangslage.....	44
7.2 Meteorologische Grundlagen	44
7.3 Übersicht	45
7.4 Stellung der Norm im Normenwerk	45
7.5 Zu Ziffer 5, Abfluss von der Strassenoberfläche	45
7.5.1 Ausdehnung des Beregneten Perimeters	45
7.5.2 Bewegung der Regenzelle	46

7.5.3 Wahl der Berechnungspunkte.....	46
7.5.4 Verlängerung der Regendauer	47
LITERATURVERZEICHNIS.....	48

Résumé

La gestion des eaux de ruissellement des chaussées doit subir des modifications importantes étant donné la nouvelle législation fédérale notamment les "Instructions" 2002 de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage.

Les normes actuelles sont en retard par rapport aux nouvelles bases légales. Le présent rapport de recherche MR 18/98 a permis de fixer un concept des normes à élaborer pour couvrir tous le domaine de l'évacuation des eaux de chaussée et de définir les bases de 4 normes qui traitent des pluies, des écoulements sur la chaussée, du système de récupération des eaux et des débits dans les collecteurs.

Sur la base de divers rapports de recherche, il a permis de définir, d'introduire des éléments novateurs, de simplifier de manière transparente tout le processus d'évacuation des eaux de chaussée à savoir : cellules de pluie, intensité et durée des pluies, temps de retour, temps de ruissellement, coefficients d'écoulement, périmètre arrosé, bassin versant, pointes de débits et d'eau en bordure de route. Le rôle des bordures, grilles, cheminées, collecteurs et réseau a aussi été examiné et redéfini.

Finalement la philosophie de l'évacuation des eaux de chaussée répond aux exigences légales. A noter que ce qui a trait aux écoulements par les bas-côtés, à l'infiltration et à la rétention ainsi qu'aux accidents fait l'objet de mandats de recherche en cours actuellement.

Zusammenfassung

Die Projektierung der Strassenentwässerung ist auf die technischen Grundlagen auszurichten, die im Hinblick auf neue Rechtsgrundlagen im Bereich Gewässerschutz geschaffen wurden. Im Vordergrund steht dabei die Wegleitung Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft.

Die aktuellen Normen weisen gegenüber den Rechtsgrundlagen im Bereich des Gewässerschutzes einen Rückstand auf. Der vorliegende Forschungsbericht FA 18/98 enthält das Konzept zur Vorbereitung der Normen, welche alle Bereiche der Strassenentwässerung behandeln. Im Weiteren werden im Besonderen vier neue Normen kommentiert.

Basierend auf verschiedenen Forschungsarbeiten war es möglich, ein neuartiges, vereinfachtes und transparentes Vorgehen zur Bemessung der Entwässerungssysteme zu bearbeiten. Dies betrifft die Einführung eines berechneten Perimeters, die Festlegung der Regendauer und der Wiederkehrperiode, die Anlaufzeit im Leitungsnetz sowie der Abfluss von Flächen neben der Strasse. Im Weiteren wird auch die Bedeutung der Randabschlüsse, der Abläufe mit den Einlaufrosten sowie die Berechnung des Abflusses in Sammelleitungen und Leitungsnetzen behandelt.

Die Philosophie der künftigen Normen im Bereich der Strassenentwässerung ist auf die rechtlichen Grundlagen ausgerichtet. Was die Entwässerung über das Bankett, die Versickerung und Retention von Strassenabwasser sowie Freisetzungen beim Transport von wassergefährdenden Flüssigkeiten betrifft, sind Forschungsarbeiten in Vorbereitung.

Summary

The management of roads run-off has to be submitted to important changes in regards of the new Swiss legislation in particular the 2002 "Instructions" of the Federal Office for Environment, Forests and Landscapes.

The actual norms are late relative to new legal bases. The present research report MR 18/98 has permitted to fix a concept of norms to elaborate for covering the whole fields of roads water discharge and to define the bases of four norms treating for rain, road spills, water harvesting system and flows in the collectors.

Based on different research reports, it permitted to define, to introduce innovating elements, to streamline transparently the whole process of roads water discharge, namely : rain cells, rain intensity and duration, backtime, run-off time, road spills coefficient, watered perimeter, side basin, flows and water peaks on the side of roads. The rule of borders, bars, chimneys, collectors and network has also been examined and re-defined.

Finally, the philosophy of roads run-off answers legal requirements. We should add that what refers to discharge on roadsides, to infiltration and retention as well as to accidents will be dealt with research mandates which are at the present time in progress.

1. INTRODUCTION

1.1 Buts et contexte du mandat de recherche

Le mandat de recherche MR 18/98 succède à un premier mandat MR 22/96 dont le rapport de recherche N° 459 a été publié en 2000 sous le titre "Evacuation des eaux de route : état des lieux, propositions, ouvrages de sécurité, de rétention et d'infiltration".

Ce premier rapport avait permis de faire le point de la situation en ce qui concerne :

- la gestion des eaux de ruissellement des routes compte tenu de la législation et des instructions de l'OFEFP [1]
- le concept pour l'ensemble des normes VSS à réviser ou à créer étant donné que ce domaine était très lacunaire, voire inexistant
- la démarche à adopter pour la gestion des eaux dans l'immédiat et pour le futur
- le rappel des bases essentielles concernant les pluies, relation pluie/débit et flux polluants en introduisant les nouvelles connaissances dans ces domaines
- le répertoire et la description brève des modes connus et des types d'ouvrages pour évacuation et de traitement des eaux de route avec notamment la rétention et l'infiltration
- les problèmes spéciaux ayant trait aux accidents, aux eaux des tunnels, à l'entretien et à l'exploitation des ouvrages, au cadre des études, au diagnostic des besoins et des études encore nécessaires pour permettre l'élaboration de projets de normes

La Commission d'expert VSS CE/EK 2.07 "Evacuation des eaux de route" a dès lors fait un pas de plus en définissant un nouveau mandat de recherche MR 18/98, approuvé le 2 novembre 1998 par l'OFROU qui a comme buts principaux :

- définir les systèmes d'évacuation et de traitement des eaux de route selon le type de route, de revêtement, la qualité et la quantité des eaux, les zones de protection des eaux, la nappe phréatique, le sol, le cours d'eau récepteur
- définir les diverses possibilités et système d'évacuation et de traitement des eaux, les données concernant la conception, le dimensionnement, l'exploitation et l'entretien
- revoir les normes existantes et établir des projets de nouvelles normes en suivant un concept clair et couvrant l'ensemble du domaine et assurant la sécurité du trafic et la protection de l'environnement
- Proposer des solutions pratiques répondant aux lois et ordonnances existantes ainsi qu'aux Instructions 2002 de l'OFEFP [1]

1.2 Mandat et limites du mandat

Pour la réalisation de ce mandat, l'Office fédéral des routes (OFROU) et l'Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS) ont mandaté le bureau d'ingénieurs M. Jobin SA de Delémont.

Le centre de recherche s'est adjoint pour son travail deux experts, le Dr. F. Naef de l'Institut d'hydromécanique de l'EPFZ et P. Bürkel du bureau Bürkel, Baumann et Schuler à Winterthur. De plus afin d'assurer une correspondance maximale entre les buts et les besoins de la VSS, le Centre de recherche a collaboré très étroitement avec la Commission d'expert VSS 2.07 Evacuation des eaux de route présidé par M. P. Rauch.

Une collaboration s'est par la suite étendue à la VSA ainsi qu'avec les représentants de l'OFROU et de l'OFEFP.

C'est donc un véritable groupe d'experts et de spécialistes des divers domaines touchés qui a suivi et collaboré à ce mandat de recherche.

Les auteurs de ce rapport tiennent à remercier toutes les personnes qui ont apporté à ce travail leur expérience et leurs conseils.

Les études menées dans le cadre de ce mandat ont permis, après une révision complète du concept de normes, l'établissement de 4 normes qui ont été publiées en août 2003.

Ces normes sont :

SN 640 340a	Bases
SN 640 353	Débit
SN 640 356	Cheminée d'évacuation
SN 640 357	Dimensionnement des canalisations

Les autres normes prévues dans le concept et couvrant l'ensemble des domaines de l'évacuation des eaux de route selon la liste sous point 2.1 sont en cours de préparation dans le cadre de mandats séparés.

1.3 Méthode et structure du rapport

La structure de ce rapport est adaptée aux diverses normes VSS à créer. Tous les mandats de recherche pouvant aider à l'établissement des projets de normes ont été pris en compte.

Il s'agit notamment des travaux de F. Naef et la Haute Ecole spécialisée de Winterthur intitulés : "Estimation des débits après de fortes pluies sur les surfaces et bassins versants imperméables et perméables, partie 1 ; pluies et partie 2 : débits (1999) [2]

Le rapport est structuré de la manière suivante :

Le premier chapitre traite essentiellement du mandat et de ses buts

Le deuxième chapitre précise le concept et la structure revue des normes, les objectifs visés et la démarche adoptée.

Le troisième chapitre analyse la norme de base SN 640 340. Cette norme fixe les liaisons qui existent avec les instructions 2002 de l'OFEFP [1]

Elle rappelle aussi les principes essentiels concernant le dimensionnement des systèmes d'évacuation des eaux, les pointes de débits, les bassins versants, les temps de retour, les durées de pluies, les coefficients d'écoulement, les écoulements sur la route y compris le filet d'eau en bordure de route.

Elle donne aussi des indications concernant les eaux superficielles, les hautes eaux et la protection des sols.

Finalement ce chapitre fixe la philosophie concernant l'ensemble de l'évacuation et du traitement des eaux de route. Cette philosophie est relativement nouvelle tout en étant adaptée aux bases législatives actuelles.

Le quatrième chapitre donne un aperçu sur les normes traitant du dimensionnement hydraulique des ouvrages d'évacuation des eaux de route en prenant en compte les débits de pointe.

Le cinquième chapitre indique comment la norme SN 640 353 prévoit de définir les débits de dimensionnement.

Le sixième chapitre traite de la norme SN 640 356 qui définit tout ce qui concerne notamment les cheminées d'évacuation avec les grilles ainsi que les autres ouvrages d'évacuation disposés en bord des chaussées de façon à limiter le filet d'eau qui s'écoule en bordure de route.

Le septième chapitre donne les indications utiles contenues dans la norme SN 640 357 "Dimensionnement des canalisations".

2. NORMES

2.1 Liste des normes

Dans le cadre de ce mandat, l'élaboration des 4 projets de normes suivantes est prévue :

SN 640 340a	Bases
SN 640 353	Débit
SN 640 356	Cheminée d'évacuation
SN 640 357	Dimensionnement des canalisations

La norme 640 350 "Intensité des pluies" a été publiée en 2000.

Les autres normes existantes suivantes restent valables :

SN 640 532b	Collecteurs et drainages; Prescriptions d'exécution
SN 640 534b	Exigences relatives aux couvercles de cheminée de contrôle et aux grilles d'écoulement
SN / EN 124	Dispositif de couronnement et de fermeture pour les zones de circulation utilisées par les piétons et les véhicules; Principes de construction, essais types, marquage et contrôle de qualité

2.2 Bases légales

Les eaux de route déversées ou infiltrées ne doivent pas altérer le milieu récepteur. Elles doivent donc être gérées en qualité et en quantité de façon à respecter les lois et ordonnances applicables. Les exigences posées à la qualité de l'eau et du sol visent principalement :

- Le respect des critères de protection de l'environnement
- Le respect des critères de l'utilisation de l'eau potable
- La loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (Leaux) qui a pour but de protéger les eaux contre toute atteinte nuisible.
- L'Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (Oeaux); qui fixe notamment les exigences relatives à la qualité des eaux et au déversement des eaux polluées.
- L'Ordonnance du 1er juillet 1998 sur la protection des eaux contre les liquides pouvant les altérer (OPEL) qui régit la gestion des installations contenant des liquides pouvant polluer les eaux.
- L'Ordonnance du 27 février 1991 sur la protection contre les accidents majeurs (OPAM) accompagnée de directives pour les voies de communication (Manuel III de l'OPAM) qui a pour but de protéger la population et l'environnement des dommages dus aux accidents majeurs survenant lors de l'exploitation des installations.
- L'Ordonnance du 1er juillet 1998 sur les atteintes portées au sol (Osol) qui a pour but premier la garantie de la fertilité du sol à long terme.

De plus, nous pouvons encore rendre attentif le lecteur à quelques autres textes :

- L'Ordonnance du 9 juin 1986 sur les substances dangereuses pour l'environnement (Osubst) qui forme une autre base légale (que l'Osol) pour la protection des sols.
- L'Ordonnance du 16 décembre 1985 sur la protection de l'air (Opair) qui a pour but de protéger l'homme, les animaux, les plantes, ainsi que le sol, des pollutions atmosphériques nuisibles et incommodantes.
- La Loi fédérale du 22 juin 1979 sur l'aménagement du territoire (LAT) qui vise à définir une utilisation mesurée du sol.
- La Loi fédérale du 8 mars 1960 sur les routes nationales qui fixe les critères de classification, de financement et d'entretien du point de vue juridique.
- Le Manuel suisse des denrées alimentaires.
- Les normes VSS, quant à elles, fixent et classent les routes selon des critères relevant de la planification et de la technique de circulation.

La principale référence actuelle traitant des exigences concernant l'évacuation des eaux de route est intitulée "Instructions protection des eaux lors de l'évacuation des eaux des voies de communication" OFEFP 2002.

2.3 Objectifs des normes

Les objectifs visés par les normes sont principalement les suivants :

- faire passer dans la pratique les nouvelles instructions 2002 de l'OFEFP [1]
- assurer, en accord avec les concepts de développement durable, la conservation des potentiels des ressources naturelles notamment des nappes phréatiques et des eaux superficielles
- appliquer les critères relevant de la protection de l'environnement (déversements à l'extérieur, maintien des cycles hydrologiques naturels, infiltration, protection contre les crues, protection du sol, etc.)
- respecter les objectifs relevant du trafic (sécurité, confort, pollution, type de routes, accidents, accidents majeurs, etc.)

2.4 Démarche adoptée

La gestion des eaux de chaussée doit prendre en considération de nombreux paramètres issus des domaines suivants :

Critères routiers

- sécurité du trafic
- intensité du trafic
- comportement et composition du trafic
- types de routes
- types de véhicules
- nature des chaussées

Critères qualitatifs

- types de polluants
- charge et concentration de polluants
- dilution de polluants

Critères quantitatifs

- débits déterminants
- volumes écoulés

Critères liés aux apports du système de gestion des eaux de chaussée

- phénomènes hydrométéorologiques
- pluies
- écoulement des eaux
- système d'évacuation des eaux
- protection contre les crues
- rétention et infiltration

Critères du milieu récepteur de nature physique

- capacité d'infiltration
- débit de restitution

Critères du milieu récepteur de nature chimique

- qualité de la nappe
- pouvoir épurateur des sols
- protection du sol

Critères d'opportunité

- conformité et faisabilité économique
- examens de faisabilité et d'admissibilité pour l'infiltration et le déversement
- analyse coût/utilité
- accidents et avaries

Même si les recherches progressent dans divers secteurs, plusieurs paramètres cités ci-dessus ne sont pas encore connus avec précision que ce soit de manière quantitative ou phénoménologique.

Cependant, pour répondre de manière simple et pragmatique aux demandes des constructeurs, la démarche adoptée consiste à établir dans le cadre de ce mandat de recherche une première série de normes répondant essentiellement aux critères liés aux apports du système de gestion des eaux de chaussée.

Il s'agit des normes de base ainsi que celles traitent des débits déterminants, le choix et la disposition des cheminées d'évacuation et le dimensionnement des canalisations. Ces quatre normes ont été publiées en août 2003 et ont été établies simultanément aux études réalisées pour le présent mandat de recherche.

Les autres normes traitant des autres critères seront établies dans une deuxième phase et seront basées sur des mandats de recherche spécifiques.

Par la suite, et au fur et à mesure de l'avancement des connaissances des divers paramètres de l'eau des routes, on pourra réaliser une approche intégrant les divers phénomènes permettant des modélisations. On pourra ainsi arriver à une meilleure analyse de l'efficacité

des systèmes proposés et intégrer les notions volumétriques et qualitatives à l'aide des hydrogrammes et des pollutogrammes.

Quoi qu'il en soit la démarche envisagée doit correspondre aux indications contenues dans les instructions de l'OFEFP [1].

2.5 Concept et structure des normes

Le concept des normes qui a été retenu en cours de mandat par la Commission d'experts CE 2.07 est le suivant :

Strassenentwässerung Norm Titel	Nummer Numéro SN	Evacuation des eaux de chaussée Norme Titre
Grundlagen	640 340	Bases
Belastung des Strassenabwassers	640 347	Charge polluante des eaux de chaussée
Regenintensitäten	640 350	Intensité des pluies
Abfluss	640 353	Débit
Entwässerung über das Bankett	640 354	Evacuation des eaux par les bas-côtés
Ablauf, Strassenablauf	640 356	Cheminée d'évacuation
Bemessung der Leitungen	630 357	Dimensionnement des canalisations
Retention und Behandlung	640 361	Rétention et traitement
Unfälle, Havarien	640 364	Accidents, avaries
Kosten- und Nutzenbetrachtungen	640 367	Considérations sur les coûts et utilité

3. NORME SN 640 340, BASES

3.1 Aperçu et principes

Cette norme a pour but de définir le cadre de l'ensemble des normes à établir de manière à couvrir le vaste domaine de l'évacuation et du traitement des eaux de chaussée.

Pour atteindre ce but, elle doit s'attacher à détecter les paramètres et problèmes essentiels posés par l'évacuation des eaux de chaussée que ce soit au niveau de l'écoulement sur la chaussée, en bordure de celle-ci, des ouvrages de récolte des eaux, dans les canalisations, du traitement et/ou de la rétention de ces eaux avant leur infiltration ou leur déversement dans les eaux superficielles.

De plus les paramètres suivants entrent en ligne de compte : quantité et qualité des eaux, vulnérabilité des eaux souterraines et des cours d'eau superficiels, crues, capacité d'infiltration et d'épuration du sol et sous-sol.

L'ensemble de paramètres ci-dessus est largement tributaire du trafic y compris sa composition et son comportement.

La philosophie générale retenue est celle de la directive de l'OFEFP [1]. Elle est décrite dans la figure 1.

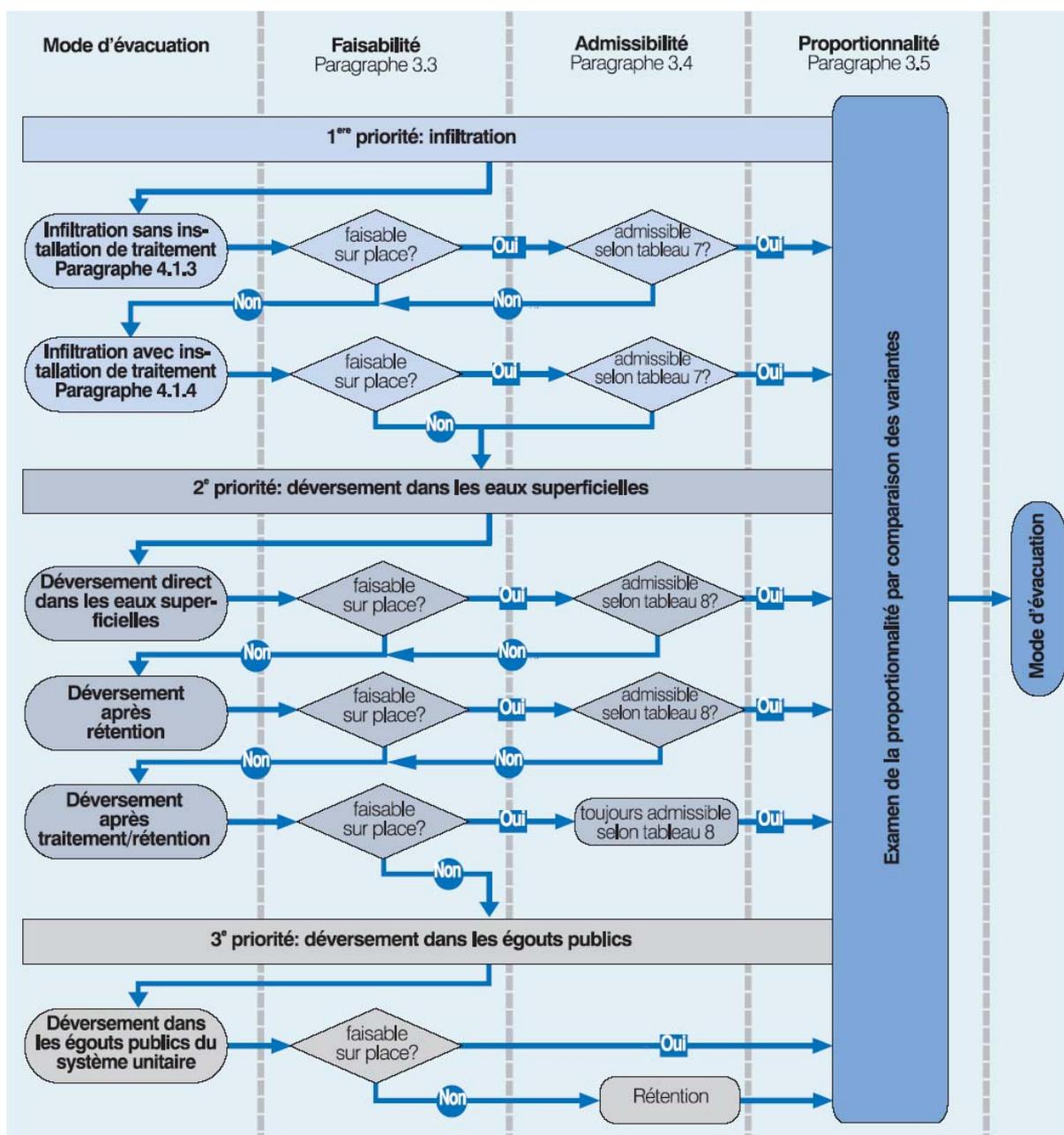


Figure 1 : Procédure de choix de l'évacuation des eaux des voies de communication

La philosophie de l'évacuation des eaux de chaussées a été modifiée par la loi (Leaux) de 1991 et par les instructions de l'OFEFP [1].

L'infiltration des eaux est ainsi prioritaire par rapport au déversement dans les eaux superficielles et dans les égouts.

Les buts suivants ont aussi été poursuivis dans la recherche:

- simplifier les méthodes de calcul étant donné les nombreux paramètres approximatifs qu'il est nécessaire de faire (pluies, durée de pluie, temps de retour, coefficients d'écoulement, etc...)
- provoquer une rétention sur et au bord de la route dans le but de réduire les pointes de débit

- abandonner le principe de l'absorption totale immédiate des eaux au droit des grilles

Si l'on examine l'écoulement des eaux de chaussée depuis sa source à savoir la pluie, on procède aux choix suivants (voir résumé annexe 1)

3.2 Pluies et cellules de pluies (SN 640 350 et 640 357)

La norme révisée SN 640 350 "Intensité des pluies" modifie les pluies par rapport à l'ancienne norme. La modification est différente selon les régions.

Les connaissances actuelles au sujet des pluies ont permis d'introduire la notion de cellule de pluie qui prend en compte la relation entre la durée des pluies et leur extension. La cellule de pluie admise d'un diamètre de 1 km est appliquée sur le réseau d'évacuation des eaux de route par itération aux endroits judicieux de façon à obtenir les débits déterminants pour les collecteurs.

L'ancienne méthode de calcul qui consistait à appliquer les pluies sur l'ensemble du bassin versant est abandonnée. Les temps de retour, durées de pluie ont été également modifiés.

3.3 Ecoulement sur la chaussée et les talus (SN 640 353 et 640 356)

- Sur la base d'études de l'institut d'hydromécanique de l'EPFZ les coefficients d'écoulement ont été revus et sont applicables pour les pluies de courte durée. Pour les talus de grande surface et les surfaces herbeuses, le coefficient d'écoulement descend souvent à zéro. La zone adjointe à la route a été réduite à 15 m de part et d'autre de la route.
- Lors de fortes pluies un film d'eau se forme sur la surface de la chaussée. Les travaux de recherche ont montré que l'épaisseur de ce film ne constitue pas un risque d'aquaplaning lorsque le dévers est conforme au minimum des normes. Par contre un filet d'eau se forme en bordure de route. L'expérience montre qu'en raison d'une disposition peu judicieuse des cheminées d'évacuation, la largeur du filet d'eau qui se forme en bordure de route peut, aujourd'hui déjà, être importante. Ce constat peut être fait même si une chambre est placée tous les 350 à 450 m².
- Les averses d'intensités extrêmes provoquent une forte réduction de la visibilité qui a pour conséquence de diminuer la sécurité du trafic pendant ces épisodes. On peut donc tolérer un filet d'eau d'une certaine largeur (1,20 à 1,5 m) au bord de la route. C'est ce que la norme SN 640 356 préconise avec l'application de distances plus importantes entre les grilles et cheminées d'évacuation. Le cas des changements de dévers, de raccords concaves et convexes ainsi que des points bas doit être analysé.

3.4 Absorption des grilles (SN 640 356 et 640 357)

- Les grilles devront à l'avenir participer d'une part à la limitation de la largeur du filet d'eau au bord de la route et d'autre part à la gestion du débit de collecte des eaux de chaussée et par conséquent au débit d'écoulement dans les collecteurs.
La capacité d'absorption des grilles n'est actuellement pas connue avec suffisamment d'exactitude c'est pourquoi la norme SN 640 356 prévoit que les fournisseurs effectuent des tests permettant de définir les débits d'absorption dans des conditions fixées.

Un mandat de recherche (VSS 2003/205) destiné à réaliser des mesures in situ devrait par ailleurs débiter l'an prochain.

Enfin en attendant des résultats fiables on se basera sur une capacité d'absorption admissible. La disposition des cheminées d'évacuation doit être analysée en prenant en compte des distances raisonnables et surtout adaptées aux caractéristiques de la route (profil en long et en travers respectivement hors localité). Voir aussi point 6.

3.5 Cheminées d'évacuation des eaux de chaussée (SN 640 356)

- L'ensemble des projets de normes établis dans le cadre du présent mandat traite de l'évacuation des eaux de chaussée par un système de collecteurs. Ce cas de l'évacuation des eaux par les bas-côtés sera traité dans un mandat de recherche ultérieur.
- Les études et discussions menées avec de nombreux spécialistes y compris de l'exploitation et de l'entretien ont montré que la disposition des cheminées d'évacuation doit être analysée de manière différente. Il est tout à fait possible d'augmenter la distance entre les cheminées mais il est par contre nécessaire de contrôler la largeur du filet d'eau qui se formera et en plus de disposer des cheminées aux endroits critiques (points hauts, points bas, changements de dévers, etc.)

3.6 Ecoulement dans les collecteurs (SN 640 357)

Le débit qui s'écoule dans les collecteurs est calculé sur la base des principes décrits ci-avant. Des exemples sont donnés en annexe. Ils démontrent que les calculs nécessaires sont simplifiés par rapport aux méthodes appliquées actuellement.

L'examen de l'ensemble des données et problèmes permet de préciser les éléments importants suivants :

- le débit est à calculer en tenant compte du bassin versant adjacent limité à 15 m de chaque côté de la route et avec durées de pluie éventuellement augmentées en fonction de l'éloignement du point de calcul
- le diamètre des collecteurs sera calculé selon la norme SIA 190
- le débit de pointe est calculé sur la base de fortes pluies de courte durée et selon les intensités de la norme SN 640 350.
Ce débit est applicable au dimensionnement des collecteurs
Par contre pour le dimensionnement des ouvrages de rétention et d'infiltration on prendra comme base les pluies de longue durée qui sont déterminantes pour obtenir les volumes d'écoulement

3.7 Travaux de recherches ultérieurs et normes à établir

Les normes éditées à la suite du présent mandat de recherche doivent être complétées par celles figurant sous point 2.5.

Pour l'établissement des projets de normes divers mandats de recherche sont actuellement en cours ou en préparation.

L'ensemble des normes dans le domaine de l'évacuation et du traitement des eaux de chaussée pourra être à disposition vraisemblablement à fin 2005.

4. ÜBERSICHT UND GRUNDLAGEN ZU DEN NORMEN ZUR HYDRAULISCHEN BEMESSUNG DER STRASSENENTWÄSSERUNG

4.1 Betroffene Normen

In der Tab. 2, Zuordnung der Normen und Projektierungselemente, sind die Normen zusammengestellt, welche Bereiche des Abflusses von der Strasse sowie der Retention von Strassenabwasser (Retentionsvolumen) in Zusammenhang mit der hydraulischen Bemessung von Rückhalte- und Behandlungsanlagen behandeln. Die Tabelle zeigt, dass bei der hydraulischen Berechnung von Anlagen der Strassenentwässerung immer zwischen Spitzenregen und Regenvolumen zu unterscheiden ist. Die in den Kapiteln 5, 6 und 7 kommentierten Normen behandeln ausschliesslich den Bereich der Spitzenabflüsse.

Die bereits im Dezember 2000 publizierte Norm SN 640 350, Regenintensitäten [3], wird im vorliegenden Forschungsbericht nicht behandelt. Kommentiert werden die folgenden Normen im Bereich der Oberflächenentwässerung:

- SN 640 353, Bestimmung der Dimensionierungswassermenge
- SN 640 356, Abläufe
- SN 640 357, Bemessung der Leitungen

Die Grundnorm SN 640 340 wurde im Kapitel 3 behandelt.

4.2 Zuordnung der Normen und Projektierungselemente

Eine Zuordnung findet sich in der Tab. 2. Im Zusammenhang mit der hydraulischen Bemessung von Strassenentwässerungsanlagen ist vor allem zu beachten, dass Spitzenabflüsse basierend auf Starkregen gemäss der Norm SN 640 350 [3], Regenintensitäten, die Grundlagen für die Anordnung der Abläufe (Einlaufschächte, Schlammsammler, Abläufe in Rigolen usw.) darstellen. Der berechnete Abfluss ist jedoch keine Basis für Anlageteile wie Retentions- oder Versickerungsanlagen, die auf Regenvolumen bemessen werden müssen.

Projektschritte/ Nachweise	SN 640 350 Regenintensitäten	SN 640 353 Abfluss	SN 640 356 Abläufe	SN 640 357 Bemessung der Leitungen	SN 640 361 Retention und Behandlung
Wahl und Anordnung der Einlaufbauwerke	x	x	x		
Bemessung der Leitungen	x	x	x	x	
Bemessung von Retentionsanlagen					x
Belastung bei der Einleitung in oberirdische Gewässer	x	x	x	x	x
Bemessung von Filteranlagen und Retentionsfilterbecken					x
Bemessung von Absetzanlagen	x	x			x
Regenwasserentlastung	x	x	x	x	x

Tab. 2, Zuordnung der Normen und Projektierungselemente im Bereich Abfluss und Retention von Strassenabwasser

4.3 Parameter des bemessungsbezogenen Starkregens

Die auf den Regen bezogenen für die Berechnung massgebenden Parameter sind im Bild 2 dargestellt. Diese Parameter sind die Grundlage für die Berechnung des Abflusses im Zusammenhang mit der hydraulischen Bemessung der Strassenentwässerungssysteme. Die neuen Normen basieren auf diesen Parametern.

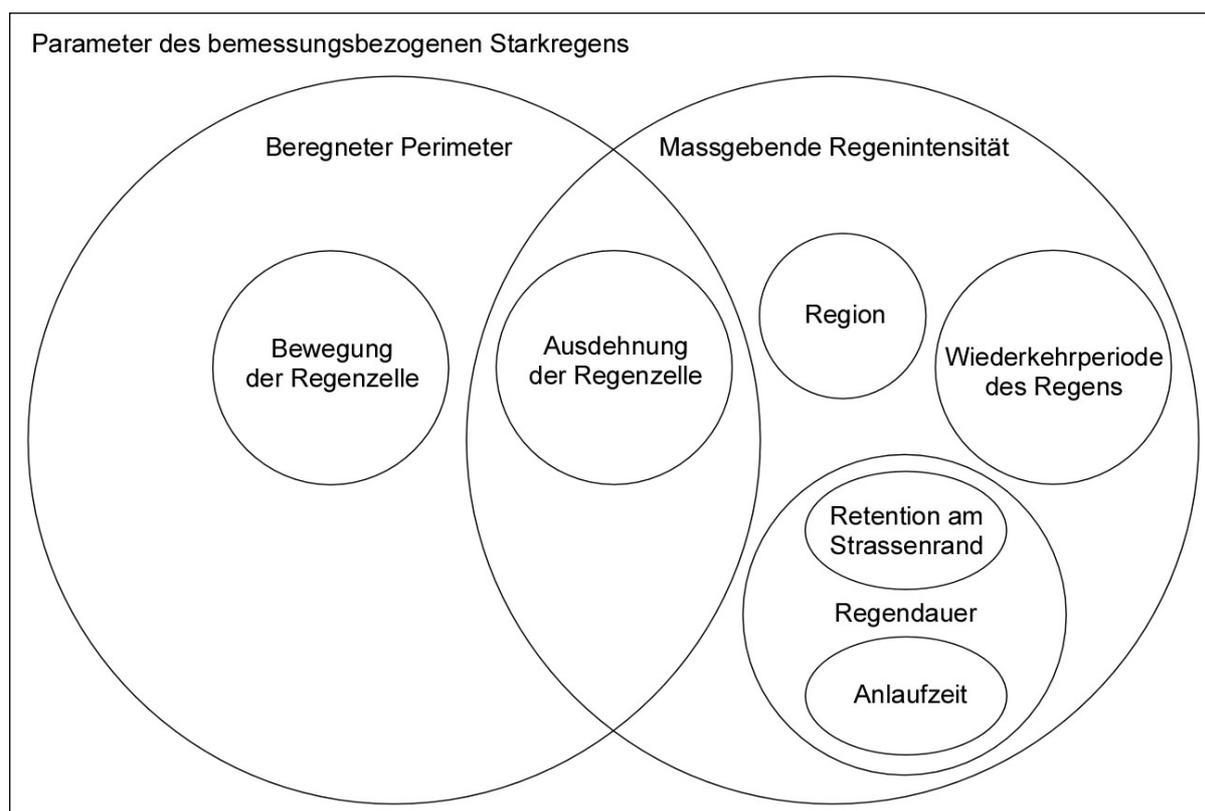


Bild 2, Beziehungen der Parameter von Starkregen

4.4 Parameter des Abflusses von Strassen

Das Beziehungendiagramm im Bild 3 gibt einen Überblick über die Parameter des Abflusses. Die Regelungen in den Normen SN 640 353, Abfluss, sowie SN 640 357, Bemessung der Leitungen, leiten sich aus den Parametern und ihren Beziehungen ab.

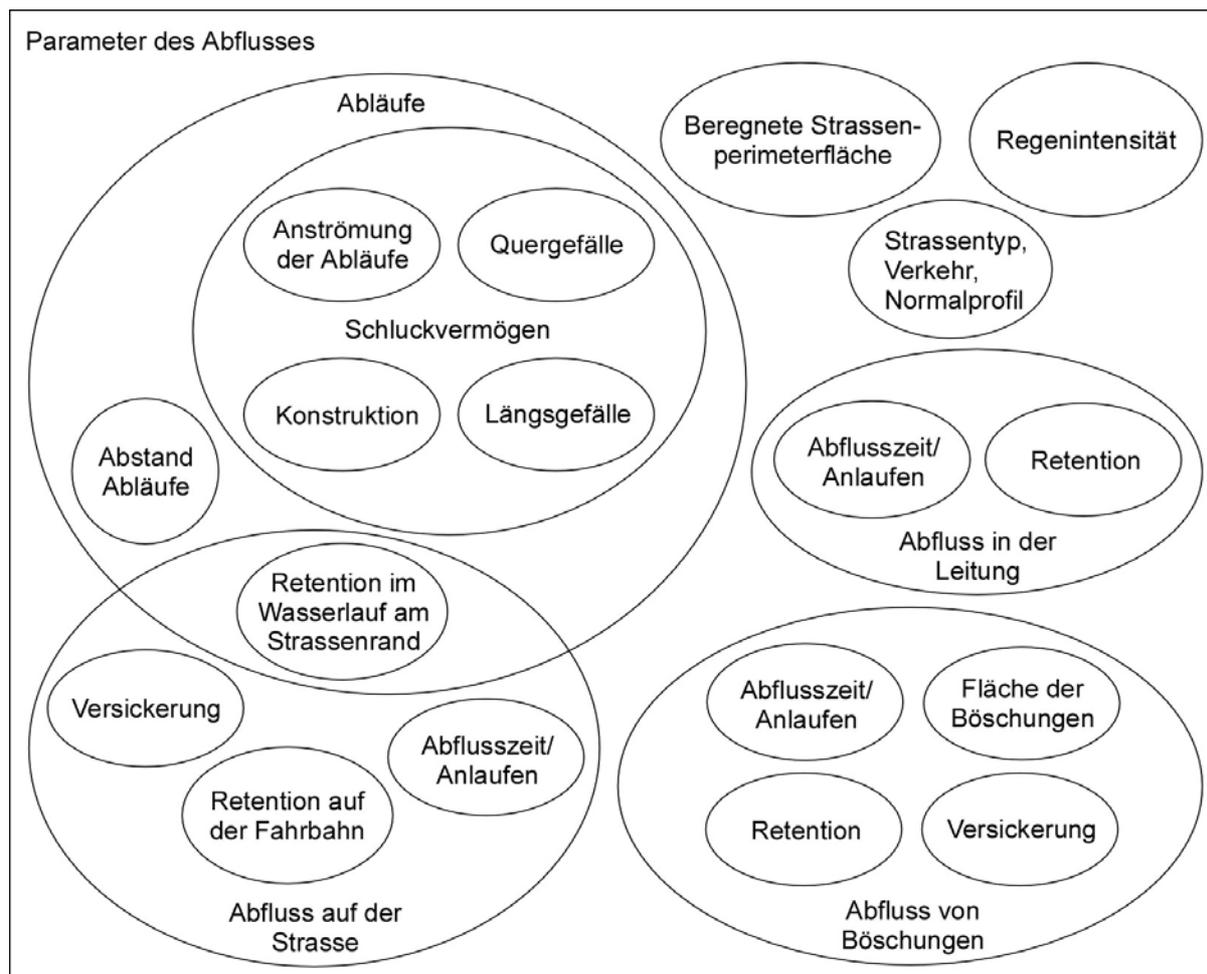


Bild 3, Beziehungen der Parameter des Abflusses auf Strassen mit einem Randabschluss

4.5 Vergleich der Abflussberechnung nach den zu ersetzenden und den künftigen Normen

4.5.1 Elemente der zu ersetzenden und der neuen Normen

Die Abflussberechnung erfolgte in den zu ersetzenden Normen SN 640 351, Anlaufzeit, sowie SN 640 352, Abflussmengen. Es wurde im Rahmen der Forschungsarbeit versucht, die Elemente zur Bestimmung des Abflusses in einem Beziehungsdiagramm darzustellen. Da die für die Festlegung der Regenintensität massgebenden Regendauer auf einer Berechnung der Anlaufzeit auf einem Teileinzugsgebiet basiert, ergibt sich eine sehr komplexe und damit unübersichtliche Darstellung der gegenseitigen Abhängigkeiten der Berechnungselemente. Auf eine Darstellung in einem Beziehungsdiagramm wurde deshalb verzichtet. Die Beziehungen der Berechnungselemente der neuen Norm sind im Bild 4 dargestellt.

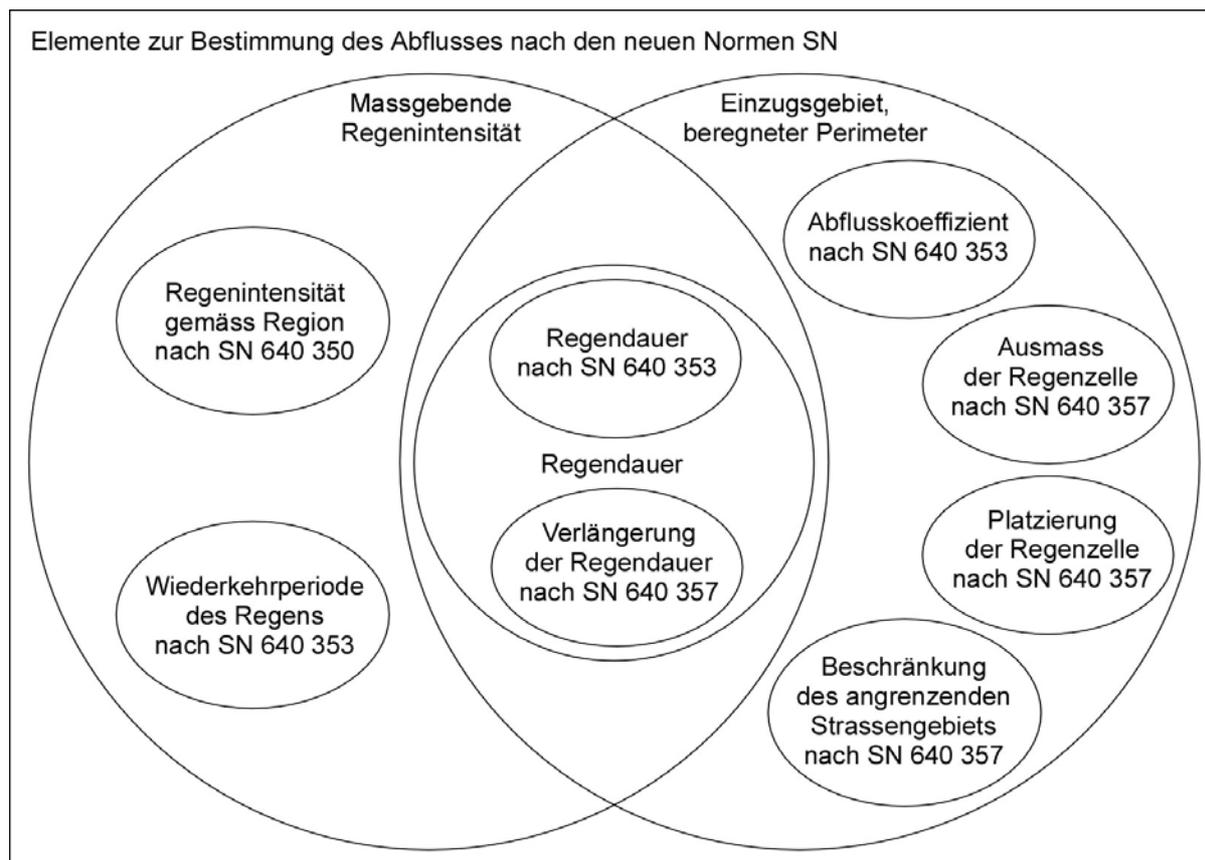


Bild 4, Beziehungen der Elemente der neuen Normen zu Bestimmung des Abflusses

4.5.2 Regenintensitäten

Bezüglich der auf meteorologischen Daten basierenden Regenintensitäten gemäss der Norm SN 640 350, Regenintensitäten, hat sich hinsichtlich des Vorgehens bei der Berechnung des Abflusses konzeptionell nichts geändert.

4.5.3 Wiederkehrperiode des Regens der massgebenden Intensität

Die Wahl der Wiederkehrperiode hat Auswirkungen auf die Regenintensität. Mit der Wahl wird festgelegt, wie häufig die Strassenentwässerung überfordert werden darf. Im zu ersetzenden Normenpaket ist die Wiederkehrperiode in der Norm SNV 640 350, Regenintensitäten, geregelt. Sie beträgt innerhalb der Ortschaften 10 Jahre und ausserhalb ausser im Fall von Hochleistungsstrassen 5 Jahre. In den neuen Normen bzw. in der Norm SN 640 353 ist die Wiederkehrperiode fest mit einem Jahr festgelegt. Angaben dazu finden sich unter Ziffer 5.5.

4.5.4 Regendauer

Die angenommene Regendauer hängt von den Fliesszeiten des Wassers von den Böschungen, auf der Strasse und in den Leitungen ab.

In den zu ersetzenden Normen wird die Regendauer aus der Anlaufzeit des auf die Strasse gefallenen Wassers und der Fliesszeit des Wassers in der Leitung bestimmt. Demgegenüber ist in der neuen Norm SN 640 353, Abfluss, die Regendauer mit 15 min festgelegt. Eine Verlängerung der Regendauer erfolgt jedoch gemäss der neuen Norm SN 640 357, Abfluss im Leitungssystem, im Fall langer Leitungen.

4.5.5 Abflusskoeffizienten

Das auf Böschungen gefallene Regenwasser teilt sich auf in abfliessendes, versickerndes und verdunstendes Wasser. Der Abflusskoeffizient stellt für ein Einzugsgebiet das Verhältnis zwischen dem Abfluss und dem Regen dar. Die Abflusskoeffizienten haben in den aktuellen und den neuen Normen grundsätzlich die gleichen Grundlagen.

4.5.6 Berechnete Flächen

Im Fall der zu ersetzenden Normen wird das gesamte "Einzugsgebiet" bestehend aus allen Flächen, die in eine Leitung oder ein Netz entwässert werden, als berechnet angenommen. Der berechnete Abfluss von Flächen mit einem grösseren Abstand von der Strasse wird wegen der langen Fliesszeit bis zur Leitung mit einer Reduktion der Fläche des Einzugsgebietes herabgesetzt.

Bei den neuen Normen wird ein "berechneter Perimeter" mit einer beschränkten Ausdehnung basierend auf der Grösse der Regenzone eingeführt. Damit entfallen Berechnungen von Fliesszeiten in Leitungen als Basis zur Bestimmung einer Verlängerung der Regendauer. Für den Fall langer Leitungen ist jedoch in der Norm SN 640 357 eine Verlängerung festgelegt.

5. NORM SN 640 353, ABFLUSS

5.1 Grundlagen der Norm

Die Norm SN 640 353 basiert auf der Forschungsarbeit "Abschätzung von Abflüssen aus versiegelten und unversiegelten Flächen und Einzugsgebieten" [2] sowie auf Recherchen bezüglich Schäden im Zusammenhang mit Starkregen auf Strassen in der Schweiz. Die Norm basiert auf anderen Grundlagen als der zu ersetzenden. Dies wird in den folgenden Ziffern dargestellt.

5.2 Übersicht und Stellung im Normenwerk

Die Norm SN 640 353 bildet zusammen mit der Norm SN 640 350, Regenintensitäten, die Grundlage für die hydraulische Bemessung von Entwässerungsanlagen bzw. Anlageteilen soweit Intensitätsspitzen und nicht Regenvolumen massgebend sind. Die Stellung der Norm SN 640 353 im Normenwerk des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute ist im Bild 5 dargestellt.

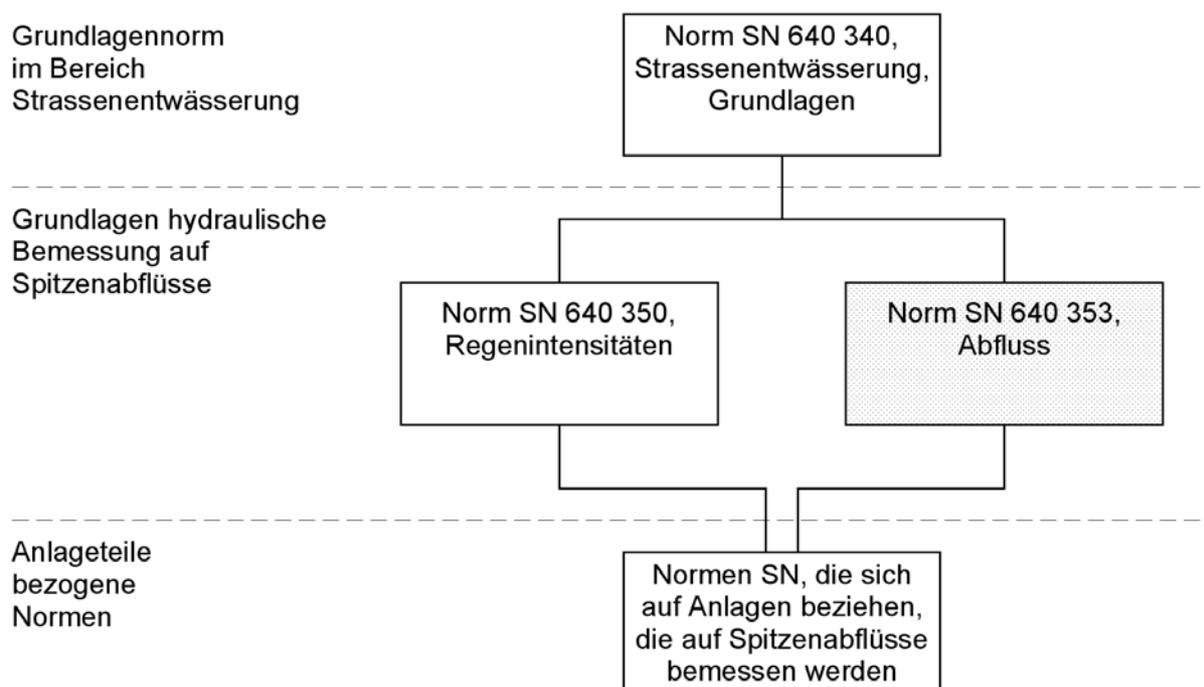


Bild 5, Beziehungen der Norm SN 340 353, Bestimmung der Dimensionierungswassermenge, zu den Normen im Bereich hydraulische Bemessung der Strassenentwässerung

5.3 Zu Ziffer 5, Regencharakteristiken

Detaillierte Angaben zu den Regencharakteristiken finden sich im "Teil 1: Niederschlag" der Forschungsarbeit [2] sowie unter Ziffer 7.2.

5.4 Zu Ziffer 6, Aspekte des Abflusses auf Strassen und von Böschungen

Die Ziffer 6 liefert eine geraffte Darstellung der Abflussbildung vom Zeitpunkt des Auftreffens des Regens auf dem Strassenperimeter bis zum Erreichen des Vorfluters oder einer speziellen Entwässerungsanlage. Eine Übersicht über die Abflussräume und die massgebenden Grundlagen finden sich in der Tabelle 3. Detailliertere Angaben finden sich in den folgenden Abschnitten.

Abflussraum	Normen	Berücksichtigte Elemente und Hinweise
Böschungen	SN 640 353	- Versickerung - Anlaufzeit bis zum Strassenrand
Strassenoberfläche	SN 640 353	- Abflussdauer bis zum Wasserlauf am Strassenrand - Abflussdauer im Wasserlauf am Strassenrand bis zum nächsten Einlaufbauwerk - Retention im Wasserlauf am Strassenrand
Ablauf	SN 640 353 SN 640 356	Die Abläufe werden unter Berücksichtigung des Aquaplanings bei Normalbetrieb der Strasse angeordnet.
Ableitung Ablauf bis zur Sammelleitung		Die geringfügige Retention in der Ableitung ist nicht massgebend
Sammelleitung, Ableitung in den Vorfluter oder die Behandlungsanlage	SN 640 357	In langen Leitungen ergibt sich eine Verminderung des Abflusses wegen der Anlaufzeit

Tabelle 3, Übersicht Abflussräume und massgebende Grundlagen

5.5 Zu Ziffer 9, Massgebende Regenintensitäten

5.5.1 Wiederkehrperiode des Regens der massgebenden Intensität

Situation gemäss der zu revidierenden Norm SN 640 350, Regenintensitäten

In der ersetzten Norm SNV 640 350, Regenintensitäten, waren die Wiederkehrperioden für Strassen innerhalb von Ortschaften mit 10 Jahren innerhalb des Siedlungsgebietes sowie für Hochleistungsstrassen und mit 5 Jahren für die übrigen Strassen festgelegt. Es ist davon auszugehen, dass im Fall der Hochleistungsstrassen die zehnjährige Wiederkehrperiode im Hinblick auf Aquaplaning gewählt worden ist. Die Hintergründe für die Festlegung der Wiederkehrperioden sind im Übrigen nicht bekannt.

Wahl der Wiederkehrperiode in Deutschland und in den USA

Situation in Deutschland

Die Wiederkehrperioden sind in den deutschen Richtlinien wie folgt festgelegt:

- | | |
|--|--------------|
| - Normalfall | 1 Jahr |
| - Mittelstreifen mit einer Entwässerung in Rohrleitungen | 3 Jahre |
| - Strassentiefpunkte | 5 Jahre |
| - Trogstrecken je nach Bedeutung | 10- 20 Jahre |

Im Weiteren werden die Abläufe so angeordnet, dass eine festgelegte zulässige Breite des Wasserlaufs am Strassenrand nicht überschritten wird.

Situation in den USA

Auch in den USA basieren die Wiederkehrperioden auf Überlegungen zur Verkehrssicherheit während Starkregen. Die massgebenden Fälle mit den festgelegten Wiederkehrperioden sind nachfolgend angegeben:

- | | |
|--|----------|
| - Verkehr und Verkehrsgeschwindigkeit tief | 2 Jahre |
| - Verkehrsgeschwindigkeit hoch | 10 Jahre |
| - Trogstrecken mit viel Verkehr | 50 Jahre |

Wiederkehrperiode in der neuen Norm

Basierend auf der Forschungsarbeit [2] wurde die Wiederkehrperiode des Regens der massgebenden Intensität in der neuen Norm SN 640 353 mit einem Jahr festgelegt.

Kleinräumig können extrem hohe Regenintensitäten auftreten, die auch ein sehr leistungsfähiges Entwässerungssystem überfordern. Entscheidend ist jedoch, wie oft und für wie lange Zeit eine Überforderung toleriert werden kann. Diese Frage war nach Abwägung der Folgen bezüglich Kosten sowie Schäden der Böden, Kulturen und Anlagen zu beantworten.

Auswertungen zeigen, dass es beispielsweise in Zürich alle 10 Jahre einmal während 10 min mit einer Intensität von 144 mm/h regnet. Da dieser Wert pro Jahr im Mittel nur während weniger Minuten überschritten wird, macht es wenig Sinn, die Bemessung des Leitungssystems darauf abzustützen. Diese Intensität ist damit für die Bemessung eines Entwässe-

Leitungssystem nicht massgebend. Für den Bemessungsregen mit einer Wiederkehrperiode von einem Jahr reduziert sich die Intensität auf 75 mm/h. Diese tritt ein bis zweimal pro Jahr während 10 min auf. Die Abflussleistung einer auf einem einjährigen Regen bemessenen Leitung ist somit nur 10 bis 20 min pro Jahr ungenügend, obwohl die Abflussleistung nur halb so gross ist.

Umfragen bei Strassenverwaltungen haben ergeben, dass Schäden meist als Folge von lang dauernden Regen mit grossen Volumen oder wegen Verstopfung von Einlaufschächten als Folge von Hagel auftreten. Einzelne verstopfte Abläufe sind kaum ein Problem, da das Strassenabwasser von einem nächsten offenen Ablauf übernommen wird. Demgegenüber fallen bei Hagel häufig mehrere Abläufe aus.

Im Weiteren ist festzustellen, dass Regen mit einer mehrjährigen Wiederkehrperiode nicht in jedem Fall das Leitungssystem überlasten. Dies ist auf die zusätzliche Retention im Wasserlauf am Strassenrand zurückzuführen.

5.5.2 Regendauer

Situation gemäss zu ersetzender Norm SN 640 352, Abflussmengen

Die Regendauer ist neben der Örtlichkeit nach der Wiederkehrperiode einer der drei Parameter zur Bestimmung der Regenintensität gemäss der Norm SN 640 350, Regenintensitäten. Die Regendauer ist definiert als der Zeitraum zwischen dem Regenbeginn und dem maximalen Zufluss in die Abläufe. In der Norm SN 640 353 wird die Regendauer als fester Wert mit 15 min angegeben. Dieser Wert basiert auf der Erfahrung, dass erhebliche Anteile von Starkregen während der Dauer von 15 min gespeichert werden. In der Forschungsarbeit [2] ist der zeitliche Verlauf der Tiefe des Wasserlaufs am Strassenrand für Starkregen von 15 Minuten mit unterschiedlichem Intensitätsverlauf basierend auf 2D-Berechnungen dargestellt. Das Bild 6 zeigt, dass kurzzeitige Intensitätsspitzen die Wassertiefe bei einem 15-Minutenregen nicht signifikant und nur kurzzeitig beeinflussen. Die Spitzen werden durch die Retention im Wasserlauf ausgeglichen. Dieses Verhalten begründet die Festlegung der für alle Fälle einheitlichen Regendauer von 15 min. Detailliertere Angaben zur Regendauer finden sich in der Forschungsarbeit [2].

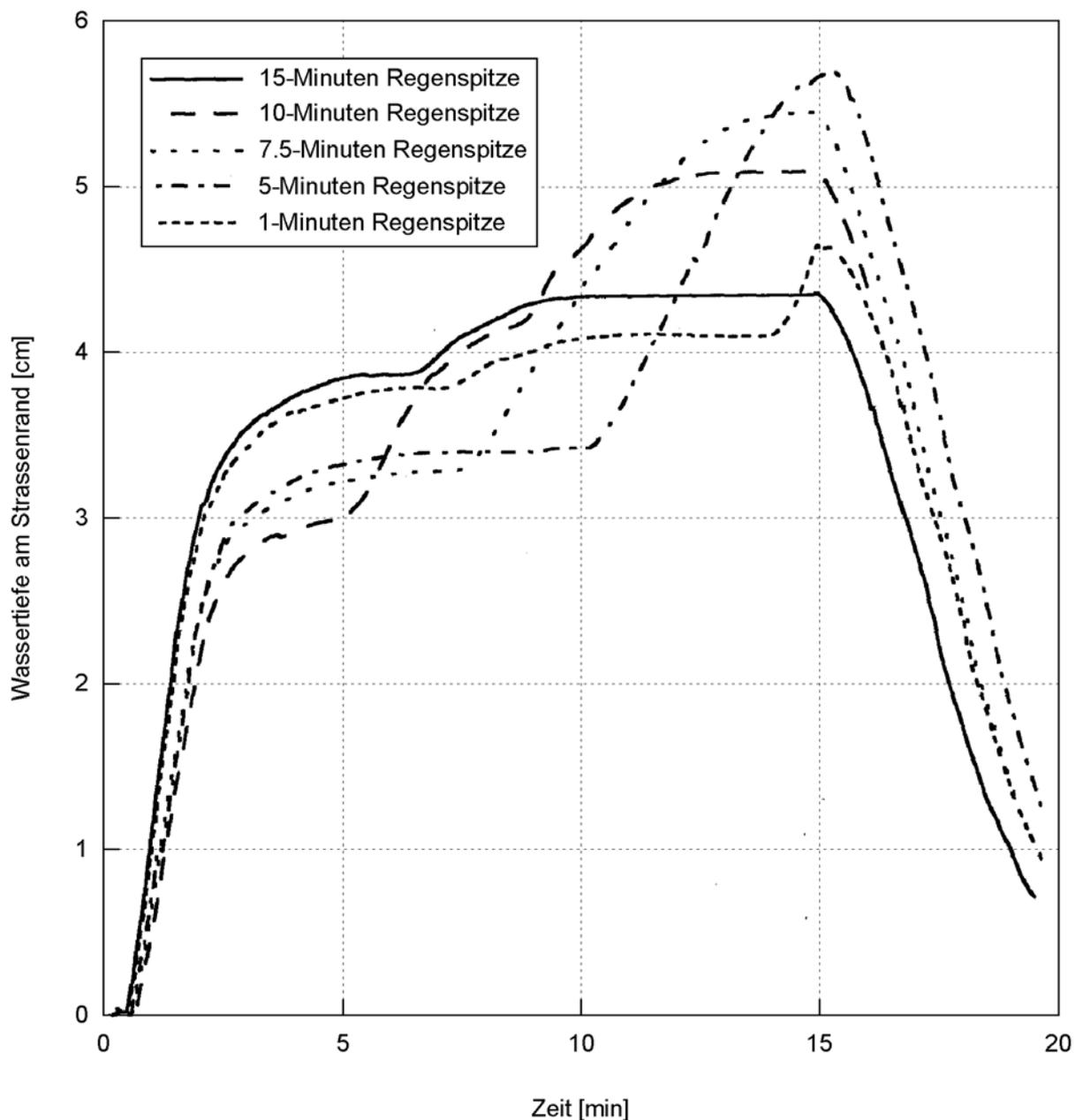


Bild 6, Zeitlicher Verlauf der Wassertiefe bei einem mittleren 15-Minuten-Regen über einem 160 m langen Strassenabschnitt mit einer durchschnittlichen Intensität von 115 mm/h und mit eingelagerten Intensitätsspitzen unterschiedlicher Dauer nach [2]

Regendauer gemäss der neuen Norm

Die Regendauer ist in der Norm mit 15 min festgelegt. In der Norm SN 640 357, Bemessung der Leitungen, sind die Fälle angegeben, bei denen die Regendauer verlängert wird.

5.6 Zu Ziffer 10, Abflusskoeffizienten

Elemente der Abflusskoeffizienten

Unter Ziffer 4.4 wird festgestellt, dass das auf Böschungen gefallene Regenwasser sich in abfliessendes, versickerndes und verdunstendes Wasser aufteilt. Es ist jedoch ergänzend darauf hinzuweisen, dass bezogen auf einen Berechnungspunkt in einer Leitung nur dasjenige Wasser berücksichtigt wird, welches innerhalb der Regendauer die Strasse erreicht. Bei der Festlegung der Abflusskoeffizienten ist auch berücksichtigt, dass gemäss der Norm SN 640 357, Bemessung der Leitungen, Wasser von Flächen ausserhalb eines Streifens von 15 m neben der Strasse wegen der langen Reaktions- und Fliesszeit nicht in die Abflussberechnung einbezogen wird.

In den Abflusskoeffizienten, die für Strassen gelten, sind keine Sprühverluste eingerechnet, da bei den massgebenden Regenintensitäten die Verkehrsgeschwindigkeit so gering ist, dass sich keine Sprühfahne bildet.

Untersuchung zum Abfluss von unversiegelten Böschungen

Das Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft ETHZ hat gemäss Bericht [2] Versuche zum Abfluss von unversiegelten Flächen durchgeführt. Nachfolgend ist die massgebende Stelle aus dem Bericht zitiert.

Natürliche Böden und versiegelte Flächen reagieren unterschiedlich auf Niederschläge. Das zeigen Ergebnisse von Beregnungsversuchen auf 18 Standorten [Scherrer et al, 1997] in der Schweiz. Plots mit einer Fläche von 60 m² wurden mit Intensitäten zwischen 60 und 100 mm/h künstlich beregnet. Standorte, die vernässt waren, reagierten schnell. Aber auch bei solchen Flächen dauerte es mindestens 5 min., bis ein Abflusskoeffizient von 20% überschritten wurde. Die Hälfte der untersuchten Böden zeigte in den ersten 30 min des Versuches keine nennenswerte Reaktion, der Abflusskoeffizient blieb deutlich unter 20%.

Das Infiltrationsvermögen bei natürlichen Böden ist oft so gross, dass auch bei extremen Starkniederschlägen in den ersten 30 min nur wenig Oberflächenabfluss entsteht. Bei Niederschlagsereignissen von wenigen Minuten Dauer, die auf der Strassen den grössten Abfluss erzeugen, reagieren solche Böden kaum. Längerdauernde Niederschläge, die auf solchen Böden zu maximalen Abflüssen führen, sind für die Strassenentwässerung nicht von Bedeutung.

Aufgrund der Erkenntnisse aus den Beregnungsversuchen müssen natürliche Flächen auf Strassenabschnitten mit Konzentrationszeiten von 5 bis 15 min nur in Ausnahmefällen - insbesondere im Fall von Fels - berücksichtigt werden.

Dass die tatsächlichen Anlaufzeiten bei natürlichen Böden wesentlich grösser sind als in der zu ersetzenden Norm angenommen, zeigt das Bild 7.

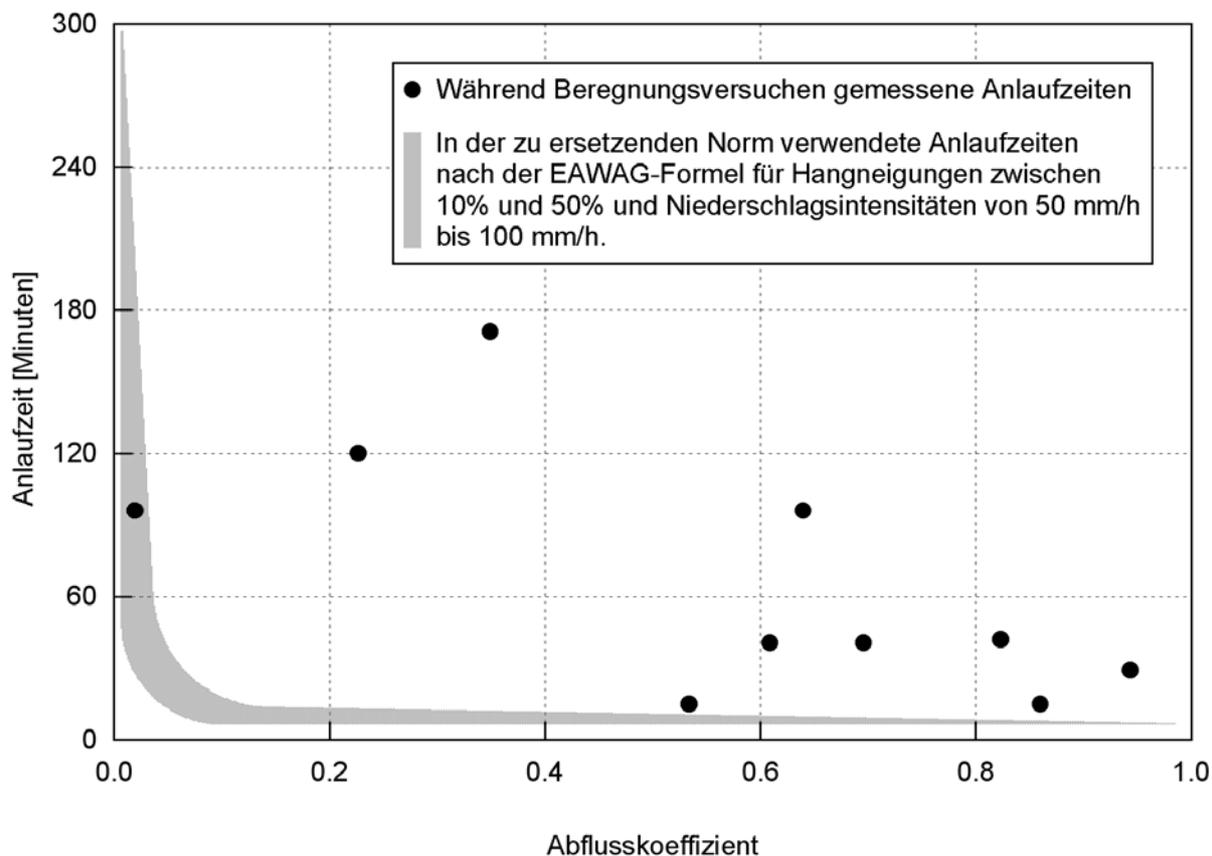


Bild 7, Bei Beregnungsversuchen auf bewachsenen Böden gemessene Anlaufzeiten in Beziehung zum gemessenen Spitzenabflusskoeffizient im Vergleich zu den Zeiten gemäss der zu ersetzenden Norm, die auf der EAWAG-Formel basierte, nach [2]

Vergleich der Abflusskoeffizienten gemäss der zu ersetzenden Norm SN 640 351 und der neuen Norm SN 640 353

Es sind keine Schäden an Böden, Kulturen oder Anlagen bekannt, die sich als Folge von zu tief angenommenen Abflusskoeffizienten ergeben haben. Grundsätzlich sind die Veränderungen zwischen der zu ersetzenden und der neuen Norm nicht wesentlich. Die Änderungen sind nachfolgend zusammengestellt:

- Die Werte für bewachsenen Oberboden (Wald, Wiesen usw.) wurden basierend auf der Untersuchung [2] bzw. der Beziehung des Abflusses bei Starkregen auf unterschiedlichen Böden zu den Anlaufzeiten bei Beregnungsversuchen gemäss Bild 7 mit 0 festgelegt. Gegenüber dem Wert 0,1 und 0,2 in der zu ersetzenden Norm SN 640 351 ist der Unterschied nicht bedeutend.
- Der Wert für Fels wurde in der neuen Norm von 0,7 auf 0,8 erhöht.
- Die Werte für Strassen wurden im Wesentlichen nicht verändert.

Beurteilung der Abflusskoeffizienten gemäss der neuen Norm

- Allgemeines

Die Abflusskoeffizienten der zu ersetzenden und der neuen Normen weisen gemäss den Forschungsarbeiten [2] bzw. dem Bild 7 generell grosse Streuungen auf. Die im Folgenden angegebenen Werte gelten nur für Starkregen mit den massgebenden Intensitäten gemäss den Normen. Die Werte dürfen in keinem Fall für langdauernde Regen mit einem grossen Regenvolumen verwendet werden.

- Strassen mit Asphaltbeton oder Betonbelägen

Es liegen keine Forschungsarbeiten vor, welche unmittelbar Rückschlüsse auf den Abflusskoeffizienten liefern. Der aus der zu ersetzenden Norm SN 640 351, Abfluss, übernommene Wert von 0,9 ist plausibel.

- Strassen mit tonigen Deckschichten

Strassen mit tonigen Deckschichten (ton-wasser-gebundene Deckschicht, Grien, Mergel) weisen vielfach eine geringe Ebenheit und damit eine gegenüber Strassen mit "Hartbelägen" grössere Retention an der Oberfläche auf. Der Wert wurde deshalb etwas tiefer als bei "Hartbelägen" mit 0,8 angenommen.

- Dichte Böschungen (Spritzbeton, Fels usw.)

Es gelten sinngemäss die Hinweise wie im Fall der Strassen mit tonigen Deckschichten. Ergänzend ist festzustellen, dass klüftiger Fels oder örtlich überwachsene Felspartien wesentlich tiefere Abflusskoeffizienten aufweisen.

- Bindige dichte Böden oder stark vernässte Böden

Ein Überblick über den Abfluss auf Böden findet sich im Bild 7. Die Darstellung liefert bezüglich bindiger dichter Böden die folgenden Erkenntnisse:

- Alle Böden - auch stark vernässte - weisen bis zum Abflussbeginn eine Reaktionszeit auf, die mindestens 5 und vielfach 10 min beträgt.
- 10 min nach Regenbeginn beträgt der Abfluss auch bei den dichten bzw. vernässten Böden lediglich 20% bis 30% des Regens.
- 15 min nach Regenbeginn wurde lediglich im extremsten Standort der Versuche ein Abfluss von 50% des Regens festgestellt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass im Hinblick auf das langsame Anlaufen des Abflusses und unter Berücksichtigung der Fliesszeit bis zum Einlaufbauwerk die Auswirkungen auf den Abfluss im Leitungssystem gering sind. Der in der Norm festgelegte Wert von 0,4 ist vorsichtig gewählt worden.

- Pflästerungen

Der Abflusskoeffizient wurde mit 0,6 - 0,7 angenommen. Er wurde vom Wert für "Hartbeläge" abgeleitet. Die Angabe ist insofern wenig sensitiv, als dass sie kaum in einer Beziehung zur Verkehrssicherheit steht, da auf Pflästerungen kaum je schnell gefahren wird.

- Bindige dichte Böden ohne Oberboden, jedoch angesät

Böschungen von Hochleistungs- und Hauptstrassen werden im Hinblick auf die Interessen des Naturschutzes und des Unterhalts ohne Oberboden bzw. mit möglichst nährstoff- und humuslosem Boden ausgeführt. Solche Böschungen werden angesät und überwachsen allgemein relativ rasch. Dabei wird der Boden im Laufe von wenigen Jahren soweit aufgeschlossen bzw. umstrukturiert, dass er eine erhebliche Retentionsleistung aufweist. Dies bedeutet, dass sich in 5 bis 15 Jahren eine hohlraumreiche Bodenschicht mit einem Abflusskoeffizienten von gegen 0 entwickelt. Im Hinblick auf eine risikoorientierte Beurteilung der Situation ist nach Expertenbeurteilungen ein Bereich von 0,2 - 0,4 festgelegt worden. Ergänzend ist festzustellen, dass im Hinblick auf den qualitativen Gewässerschutz Böschungen in Zukunft vielfach mit Oberboden abgedeckt werden.

- Kiesrasen und Rasengitterelemente

Kiesrasen und Oberbauten mit bewachsenen Rasengitterelementen sind in der Lage, das Regenvolumen von kurzen Starkregen zu speichern bzw. in den Untergrund abzuleiten.

- Bewachsener Oberboden

Bewachsene Oberböden weisen einen sehr grossen Hohlraum von bis über 40% auf. Sie sind in der Lage, grosse Regenvolumen aufzunehmen, zurückzuhalten und/oder abzuleiten. In jedem Fall ist die Reaktionszeit so gross, dass ein Beitrag zum Spitzenabfluss ausgeschlossen ist.

6. NORM SN 640 356, ABLÄUFE

6.1 Ausgangslage

Es ist eher erstaunlich, dass sich im umfangreichen Normenwerk der VSS keine Informationen zum Einsatz, zur Wahl und zur Anordnung von Abläufen (Einlaufbauwerken) an Strassen finden. Dies betrifft auch den Spezialfall der Kuppen und Wannen. Ebenso - und dies ist noch erstaunlicher - fehlen heute Unterlagen, welche projektierungsorientierte Angaben zum Schluckvermögen von Einlaufbauwerken oder mindestens von Einlaufrosten liefern. Diese Angaben müssten von den Herstellern von Einlaufrosten basierend auf Normen, welche die Testbedingungen festlegen, geliefert werden. Die fehlenden Grundlagen haben dazu geführt, dass selbst auf Hochleistungsstrassen Schlammsammler ohne Berücksichtigung der Gefällsverhältnisse angeordnet werden. Im Fall der Brücken wurden bereits im Jahre 1974 im Dossier D 340, Konstruktive Einzelheiten von Brücken des Bundesamtes für Strasse, auf das Längs- und das Quergefälle ausgerichtete Angaben zur Fläche des Einzugsgebietes pro Einlaufschacht publiziert. Die gleichen Grundlagen finden sich im aktuellen Kapitel 6, Entwässerung, der Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken des Bundesamtes für Strassen, revidiert 1996.

6.2 Übersicht

Der Begriff Ablauf umfasst alle Bauwerke im Übergang von der Strasse zu dem Teil des Entwässerungssystems, in dem der Abfluss konzentriert wird. Abläufe sind Schlammsammler und Einlaufschächte, aber auch Lücken in Randabschlüssen oder Mundstücke von offenen Ablaufrinnen. Die Norm behandelt die Anordnung der Abläufe unter Berücksichtigung des Abflusses am Strassenrand und der Sicherheit bzw. des "Komforts" im überbauten Gebiet sowie des Längs- und Quergefalles. Mit einer Platzierung der Abläufe gemäss der Norm werden kurze Intensitätsspitzen des Regens im Wasserlauf am Strassenrand gedämpft.

6.3 Stellung der Norm im Normenwerk

Die Beziehungen der Norm SN 640 356 zu anderen Normen sind im Bild 8 angegeben. Von Bedeutung für die Einführung der Norm ist eine rasche Vorbereitung und Publikation einer Norm SN oder allenfalls SN EN, welche primär für die Hersteller von Aufsätzen und Abdeckungen für Verkehrsanlagen die Grundlagen zur Bestimmung des Schluckvermögens von Einlaufrosten von Einlaufbauwerken liefern. Der VSS Expertenkommission 2.07, Entwässerung, wird empfohlen, die Bearbeitung dieser prioritären Norm zu fördern.

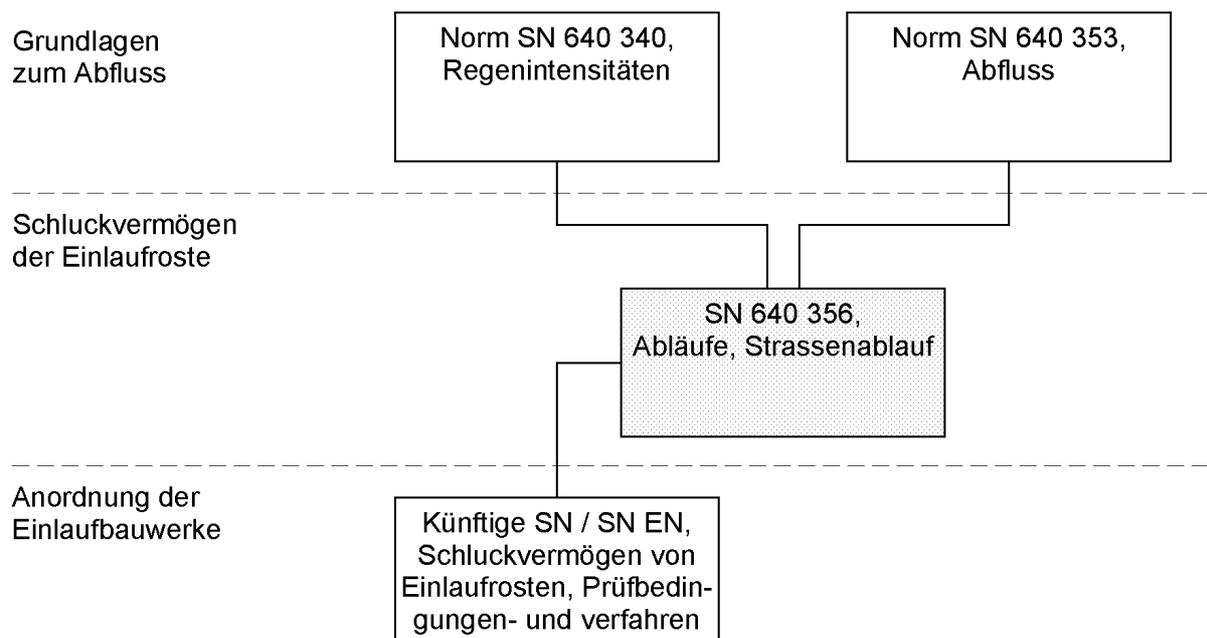


Bild 8, Beziehung der Norm SN 640 356, Wahl und Anordnung der Einlaufbauwerke, zu den massgebenden Normen im Bereich der hydraulischen Bemessung der Strassenentwässerung

6.4 Zu Ziffer 5, Abflussregulierung

Der Wasserlauf am Strassenrand liefert einen Beitrag zur Dämpfung einzelner Spitzen des Regens und zur Anlaufzeit. Das von der Strassenoberfläche abfliessende Wasser wird am Strassenrand gesammelt, und es bildet sich ein Wasserlauf, dessen Breite u.a. vom Abstand der Einlaufbauwerke abhängig ist und der kurzzeitige Intensitätsspitzen des Regens ausgleicht.

6.5 Zu Ziffer 6, Schluckvermögen der Einlaufroste der Einlaufschächte und Schlammsammler

Aktuelle Situation

Es liegen wie bereits erwähnt jedenfalls für die in der Schweiz eingesetzten Einlaufroste keine Angaben zum Schluckvermögen vor. Dies ist verständlich, da keine technischen Grundlagen zur Wahl und zur Anordnung der Einlaufbauwerke vorhanden sind. Zur Ausführung und Prüfung der Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen - darunter fallen die Einlaufroste - liegt die Norm SN EN 124, Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen, Baugrundsätze, Prüfungen, Kennzeichnung, Güteüberwachung, vor. Diese enthält jedoch keine Angaben zum Schluckvermögen. Gemäss Recherchen der Forschungsstelle besteht seitens der CEN gegenwärtig keine Absicht, Normen zur Bestimmung des Schluckvermögens von Einlaufrosten vorzubereiten.

Grundlagen zur Schluckfähigkeit

Es liegt eine Untersuchung der Zürcher Hochschule Winterthur [10] vor. Der Bericht enthält die Auswertung von Versuchen zum Schluckvermögen eines in der Schweiz auf Strassen häufig eingesetzten Einlaufrostes in einer Testrinne. Ungünstig bei den grundsätzlich inte-

ressanten Versuchen war der Umstand, dass die Rinne lediglich eine Breite von 0,60 m aufwies. Da bei den meisten in der Norm SN 640 353, Abfluss, festgelegten Testbedingungen von einem breiten Umströmen des Einlaufschachtes auszugehen ist, sind die gemessenen Schluckvermögen bei grossen Abflussleistungen mit einer erheblichen Unsicherheit belastet.

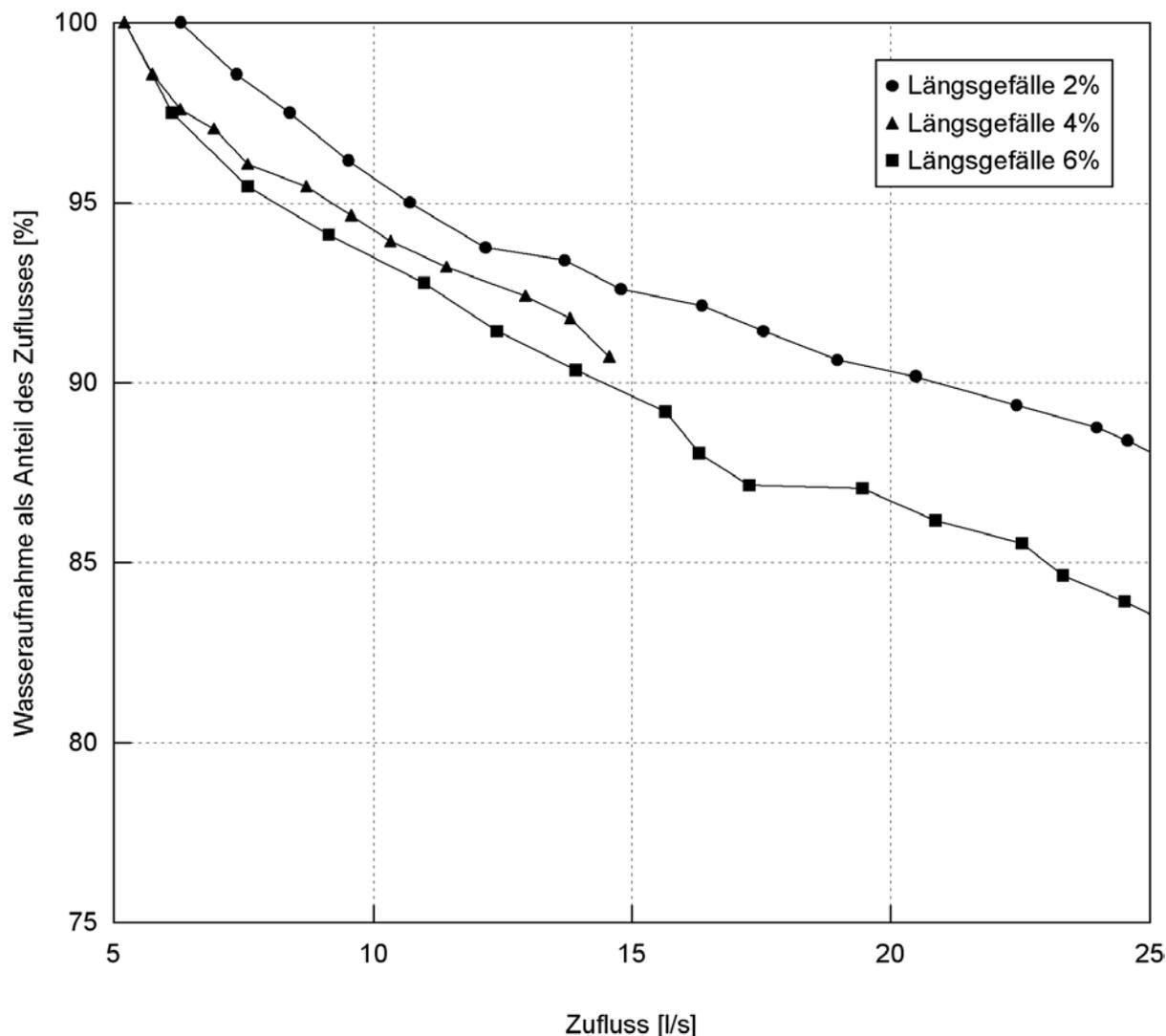


Bild 9, Schluckfähigkeit des Einlaufschachtes (Wasseraufnahme als Anteil des Zuflusses) Typ gemäss Katalog der Firma von Roll, Figur 2940, Einbauvariante A, Rinne mit beschränkter Breite $b = 0,60$ m, Quergefälle 3%, Asphaltbetonbelag, bei variablem Längsgefälle J gemäss [10]

Eine Darstellung der Messresultate findet sich im Bild 9. Die Folgerungen aus den Versuchen sind nachfolgend zusammengestellt.

- Im Fall einer Breite des Zuflusses von 0,60 m ist das Schluckvermögen weitgehend unabhängig vom Längsgefälle.
- Die Versuche zeigen unabhängig von der auf 0,60 m beschränkten Breite der Versuchsrinne, dass heute auf dem schweizerischen Strassennetz unter Berücksichtigung der bisherigen Anordnungsregeln für Einlaufbauwerke Wasserlaufbreiten bei der massgebenden Regenintensität von über 1,00 m auftreten können. Dieser Umstand wird auch unter Ziffer 6.7 dieses Berichts beschrieben.

Herstellerangaben zum Schluckvermögen

Für die Bestimmung des Schluckvermögens von Einlaufrosten ist eine aufwändige Anlage notwendig. Es ist davon auszugehen, dass eine solche Anlage nicht kurzfristig zur Verfügung steht. Es ist jedoch notwendig, dass kurzfristig eine Norm mit detaillierten Angaben zum Prüfverfahren vorbereitet wird. Die Norm SN 640 356 enthält die nachfolgend angegebenen Prüfbedingungen im Zusammenhang mit der Bestimmung des Schluckvermögens der Einlaufroste.

- Quergefälle: 3%, evtl. 2,75% (Test für in-situ-Bedingungen 2,5 ... 3,0%) und 5,0%
- Längsgefälle: 0,5%, 2,0%, 4,0%, 8,0%
- Breite des Wasserlaufs B_A gemessen 2,0 m vor dem Einlaufschacht: 0,6 m, 1,2 m und 1,5 m

Die Parameter für das Quergefälle, das Längsgefälle und die Breite des Wasserlaufes vor dem Schacht sind mit Abstufungen basierend auf den Versuchsergebnissen gemäss dem Bericht der Zürcher Hochschule Winterthur [10] festgelegt.

6.6 Zu Ziffer 7, Randabschlüsse, Borde

6.6.1 Aufgaben der Randabschlüsse

Randabschlüsse haben in den meisten Fällen die primäre Aufgabe, Strassenabwasser am Strassenrand abzuleiten. Aus diesem Grund finden sich in der Norm SN 640 356 Angaben zur Höhe der Randabschlüsse und Borde. In der Schweiz werden Borde als Schutzeinrichtung (Leitbord) nur selten eingesetzt. Nachfolgend werden die Aufgaben der Randabschlüsse und Borde zusammen mit den Höhen über OK Deckschicht behandelt.

- Ableiten von Wasser am Strassenrand

Die gemäss Ziffer 6 der Norm für die Prüfung der Einlaufroste auf Abläufen angenommene grösste Breite des Wasserlaufes am Strassenrand beträgt 2,00 m. Zusammen mit einem sehr häufigen Quergefälle von 3% ergibt dies eine Tiefe des Wasserlaufes von 0,06 m. Dazu ist festzustellen, dass auf den schweizerischen Hochleistungsstrassen und Hauptstrassen ausserorts seit vielen Jahren allgemein Randabschlüsse mit einer Höhe von 0,07 m angeordnet werden. Es ist der Forschungsstelle nicht bekannt, dass ein solcher Randabschluss bei einem Starkregen gemäss der Norm SN 640 353, Abfluss, überströmt worden ist.

- Ableiten von wassergefährdenden Flüssigkeiten nach Unfällen mit Tankfahrzeugen

Bei Untersuchungen in situ im Zusammenhang mit der Freisetzung von Flüssigkeiten in Tunneln wurde festgestellt, dass auch in Fällen mit "Punktabläufen" keine Wasserläufe am Fahrbahnrand mit Tiefen von 0,07 m aufgetreten sind. Eine Randabschlusshöhe von 0,07 m ist deshalb für den Fall einer Havarie eines Tankfahrzeugs ausreichend.

- Anordnung von Randabschlüssen an Strassenrändern mit Leitschranken

Randabschlüsse können die Wirkung von Leitschranken herabsetzen. Dies wurde mit auf diese Problematik ausgerichteten Anfahrversuchen mit Personenwagen nachgewiesen. Basierend auf diesen Versuchen ist bereits in Richtlinien des Bundesamtes für Strassen für die Ausführung von Leitschranken aus dem Jahre 1982 die Höhe der Randabschlüsse über OK Belag mit 0,07 m festgelegt worden.

6.6.2 Randanschlusshöhen gemäss der Norm SN 640 356 im Einzelnen

- Hochleistungsstrassen

Für die Hochleistungsstrassen wurde die Höhe gemäss der bisherigen Praxis fest mit 0,07 m festgelegt.

- Hauptverkehrs- und Verbindungsstrassen

Für diese beiden Strassentypen besteht keine feste Praxis bezüglich der Höhe der Randabschlüsse. Die Höhe kann deshalb unter Berücksichtigung der zu erwartenden Breite des Wasserlaufs gewählt werden. Im Hinblick auf einen Einsatz von Leitschranken wurde für die Norm eine maximale Höhe von 0,07 m vorgeschlagen.

- Ränder von allen Strassen mit Leitschranken

Gemäss den obigen Hinweisen ist an allen Strassenrändern mit Leitschranken die Höhe der Randabschlüsse auf 0,07 beschränkt. Diese Höhe wurde in der Norm festgelegt.

- Übrige Strassen

Auf den übrigen Strassen sind die Bedingungen im Hinblick auf die Höhe von Randabschlüssen und Borden vielfältig. Insbesondere im überbauten Gebiet sind die Randabschlüsse ein Element der passiven Sicherheit. Dies bedingt Randabschlüsse mit Höhen von mehr als 0,07 m.

6.7 Zu Ziffer 9, Wasserlaufbreiten bei massgebenden Regenintensitäten

6.7.1 Wasserlaufbreiten bei massgebenden Regenintensitäten und Intensitäten, die einen Normalbetrieb zulassen

In der Forschungsarbeit über Sichtweiten [8] finden sich Angaben über Beziehungen zwischen Wasserfilmdicken und Regenintensitäten. Untersuchungen über die Beziehung zwischen der Verkehrsgeschwindigkeit und der Regenintensität fehlen. In Anbetracht der Vielzahl von Untersuchungsparametern wäre eine solche Studie kaum machbar. Basierend auf dem angegebenen Forschungsbericht kann jedoch angenommen werden, dass die Verkehrsgeschwindigkeit wegen Sichtbehinderung und der Verminderung der Griffbarkeit bei Regenintensitäten über 12 mm/h abfällt. Im Folgenden werden die Verkehrsverhältnisse bis zu einer Regenintensität von 12 mm/h als "Normalbetrieb" bezeichnet. Im Bild 10 sind die Wasserlaufbreiten bei einem für die Bemessung massgebenden Regen von 80 mm/h und bei einem "Normalbetriebstarkregen" angegeben. Sie erreichen Breiten bis weit über 1,0 m. Im Fall einer Regenintensität von 12 mm/h betragen die Wasserlaufbreiten zwischen 0,4 und 0,8 m und sind damit im Vergleich zu der Abmessung bei der massgebenden Regenintensität sehr viel kleiner.

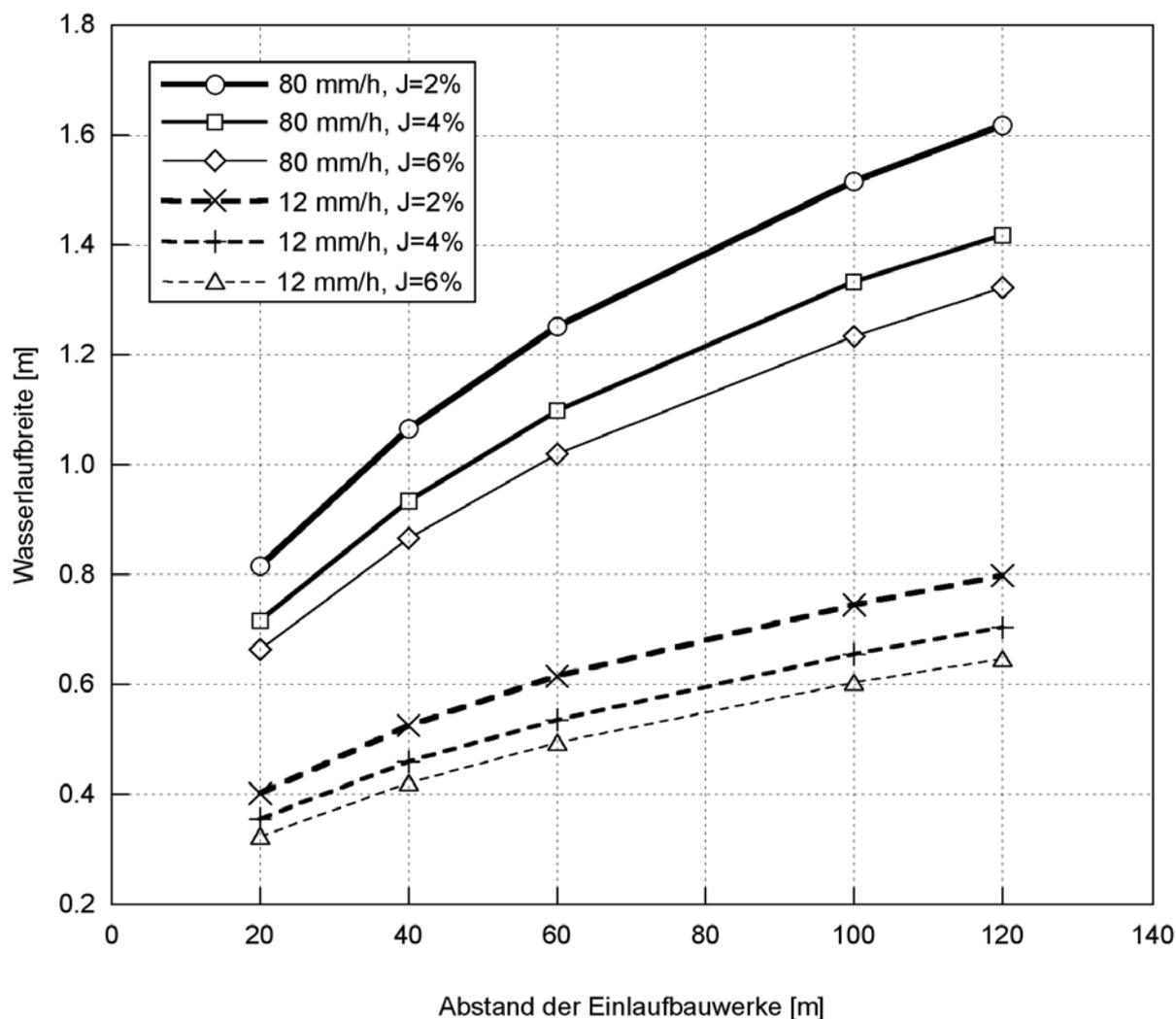


Bild 10, Wasserlaufbreiten bei "Normalbetrieb" der Strasse (Regenintensität 12 mm/h) und bei Starkregen mit der massgebenden Regenintensität (80 mm/h), bei unterschiedlichen Abständen von Einlaufbauwerken und Längsgefälle, Quergefälle 2,5%, Fahrbahnbreite von 10,0 m, Deckschicht aus Asphaltbeton

6.7.2 Verkehrssicherheit bei der massgebenden Regenintensität

Strassen ausserhalb des Siedlungsgebietes

Die für die Bemessung massgebenden Regenintensitäten betragen zwischen 40 und 80 mm/h. Diese Regen wirken sich auf die Sichtverhältnisse so ungünstig aus, dass die Verkehrsgeschwindigkeit auf einen Bruchteil gegenüber derjenigen bei "Normalbetrieb" abfällt. Unfälle infolge Aquaplaning sind bei diesen Regensituationen wenig wahrscheinlich. Die Breite des Wasserlaufes während des Regens mit der massgebenden Regenintensität ist deshalb bezüglich Aquaplaning beim Befahren des Wasserlaufes nicht von Bedeutung.

Strassen innerhalb des Siedlungsgebietes

Bei der massgebenden Regenintensität, die nur während kurzer Zeit auftritt, ist der Fussverkehr nicht relevant. Es ist davon auszugehen, dass eine massgebende Verminderung der Fussgänger auf Strassen bereits bei Intensitäten von 10 mm/h beginnt.

6.7.3 Wasserlaufbreiten bei Normalbetrieb ausserhalb des Siedlungsgebietes

Aquaplaning

Im Zusammenhang mit der Verkehrssicherheit bei Regen sind von der Forschungsstelle Informationen beschafft worden. Im Vordergrund standen dabei Angaben zur Verkehrssicherheit bei der Verkehrsführung 4/0 auf Autobahnen. Bei dieser Verkehrsführung ist davon auszugehen, dass bei einem Quergefälle gegen den Mittelstreifen die Fahrzeuge auf dem Fahrstreifen längs des Mittelstreifens bei extremem Regen im Wasserlauf fahren. Recherchen haben gezeigt, dass auch bei der Verkehrsführung 4/0 (4 Fahrstreifen auf einer Autobahnhälfte während Bauarbeiten) keine durch Aquaplaning bedingten Unfälle aufgetreten sind. Dies ist wahrscheinlich auf die auf 80 km/h beschränkte Verkehrsgeschwindigkeit, seltene Fahrstreifenwechsel sowie auf die Sprühverluste zurückzuführen. Im Weiteren sind auf Autobahnen und Autostrassen wegen der grossen Kurvenradien Unfälle als Folge von Aquaplaning fahrdynamisch bedingt kein relevantes Risiko. Es ist auch zu berücksichtigen, dass die Führung des Fahrzeugs gewährleistet ist, wenn zwei Räder auf einer Seite sich ausserhalb des "Aquaplaningbereichs" befinden.

Grundlagen

Die Forschungsarbeit "Sichtweiten" des Institutes für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau, der ETHZ, 1991, behandelt die Aspekte im Schnittbereich Regen und Verkehrssicherheit. Die folgenden Erkenntnisse im Zusammenhang mit den Wasserlaufbreiten sind nachfolgend zusammengestellt.

- Bezogen auf die Verkehrssicherheit wird im Fall einer Regenintensität von 6 mm/h bereits von einem Starkregen gesprochen.
- Im Fall einer Regenintensität von 12 mm/h ist davon auszugehen, dass bei häufigen geometrischen Verhältnissen die Wasserfilmdicke auf der Fahrbahn 1 mm beträgt. Bei dieser Dicke fällt der Reibungskoeffizient bereits auf ca. die Hälfte.
- Gemäss der Forschungsarbeit [8] wird davon ausgegangen, dass der Fall der "1 mm Filmdicke" als der für die Regelung der Sichtweiten massgebende zu betrachten ist.
- Bei der zugeordneten Regenintensität von 12 mm/h sind auch die Sichtverhältnisse bereits nachhaltig verschlechtert. Die Situation wird von den Fahrzeuglenkern als ungünstig beurteilt und die Geschwindigkeit herabgesetzt.

Aktuelle Situation

Es ist gemäss Ziffer 6.7.1 davon auszugehen, dass Strassen nur bis zu einer Regenintensität von 12 mm/h ohne massgebliche Verminderung der Verkehrsgeschwindigkeit betrieben werden. Bei dieser Regenintensität und einem Einzugsgebiet von 450 m² beträgt der Abfluss in die Abläufe 1,5 l/s. Dieser Wert ist ein Bruchteil des Schluckvermögens von Einlaufrosten ohne Umfliessen des Rostes. Die Breite des Wasserlaufes an der Grenze des regenbezogenen Normalbetriebs weist eine Wasserlaufbreite bei Längsgefälle zwischen 2% und 6% von 0,5 bis 0,6 m auf.

Es kann festgestellt werden, dass bis heute bezüglich der Lage der Einlaufbauwerke, die auf einem Standardeinzugsgebiet von 400 - 500 m² basiert, das Unfallrisiko von Aquaplaning als Folge des Fahrens im Wasserlauf am Strassenrand nur in Situationen mit ungünstigen Gefällsverhältnissen massgebend ist.

Situation gemäss der neuen Norm

Die Norm gewährleistet einen auf die Charakteristiken der Strasse und die Gefällsverhältnisse abgestimmten Einsatz der Einlaufbauwerke. Die Anordnung basiert auf dem Abfluss bei der für die Bemessung massgebenden Regenintensität sowie dem Schluckvermögen der Einlaufroste gemäss den Nachweisen der Hersteller. Diese Dimensionierung bewirkt auch eine Optimierung der Anordnung der Einlaufbauwerke für die stärksten bei Normalbetrieb auftretenden Regen.

6.7.4 Wasserlaufbreiten bei Normalbetrieb von Strassen innerhalb des Siedlungsgebietes

Die Beschränkung der Breite von Wasserläufen ist im Wesentlichen eine Komfortfrage. Die Praxis zeigt jedoch, dass Spritzwasser allgemein eher ein Problem von unebenen Belägen ist. Mit dem Strassenentwässerungssystem wird nur die Wasserlaufbreite, jedoch nicht die Dicke des Wasserfilms auf der Strasse beeinflusst. In Anbetracht des Umstandes, dass Starkregen selten sind und nur kurzzeitig auftreten, sind die Auswirkungen kleiner Abstände der Abläufe auf das Komfortniveau generell gering. Wichtiger ist die Anordnung der Abläufe an den richtigen Stellen.

Die breitesten Wasserläufe ergeben sich bei Schneeschmelze sowie durch Ablagerungen von Laub in den Wasserläufen oder auf Rosten von Einlaufschächten oder Schlammsammlern. In diesen Fällen kann ein grosser Abfluss die Ablagerungen abschwemmen und grosse Wasserlaufbreiten verhindern. Die neuen Normen und insbesondere die Norm SN 640 356 werden für die Wasserlaufbreiten und damit den Schutz der Fussgänger vor Spritzwasser keine erheblichen Änderungen bewirken.

6.8 Zu Ziffer 12, Quergefällsänderungen der Strasse

Die Aspekte im Zusammenhang mit der Anordnung der Einlaufbauwerke im Bereich von Quergefällsänderungen der Strasse wurden bei Personen aus den Kreisen der Unterhaltsverantwortlichen und der Projektierung recherchiert. Die Auswertung ist in die Norm eingeflossen. Die massgebenden Resultate der Recherchen sind nachfolgend zusammengestellt.

- Auf Hochleistungs- und Hauptstrassen hat sich auch ohne Normen eine Praxis für die Geometrie und die Anordnung der Abläufe eingebürgert, welche der in der neuen Norm angegebenen weitgehend entspricht. Als Folge von Aquaplaning in Bereichen mit Quergefällsänderungen bedingte Unfälle konnten nicht eruiert werden.
- Innerhalb des Siedlungsgebietes sind falsch angeordnete Einlaufschächte und Schlammsammler häufig anzutreffen. Der dadurch verursachte Abfluss über die Fahrbahn bei stärkerem Regen ist offensichtlich keine erhebliche Störung.

6.9 Zu Ziffer 13, Kuppen

Kuppen sind hinsichtlich Aquaplaning lediglich bei Hochleistungsstrassen und im Fall von grossen Ausrundungsradien relevant. Die in der Norm angegebenen Hinweise sind bekannt und für die Praxis ausreichend.

6.10 Zu Ziffer 14, Wannan

Die Entwässerung von Wannan ist bezüglich Aquaplaning problematischer als im Fall von Kuppen. Die angegebenen Regeln für die Anordnung von Abläufen liefern eine praxisorientierte Anleitung, um ausserhalb des Siedlungsgebietes Aquaplaning und innerhalb von Ortschaften Spritzwasser ausreichend zu verhindern.

7. NORM SN 640 357, ABFLUSS IM LEITUNGSSYSTEM

7.1 Ausgangslage

In den zu revidierenden Normen Oberflächenentwässerung von Strassen wird das massgebende Regenereignis nur in Bezug auf die Regenintensität angesprochen. Angaben über das beregnete Gebiet und die Bewegung der Regenzone fehlen. Es wird bei der Berechnung des Abflusses das ganze Einzugsgebiet der Strasse oder des Strassennetzes mit der massgebenden Intensität als beregnet betrachtet. Diese Annahme entspricht nicht dem tatsächlichen Regenereignis. Die Korrektur der bisherigen Vorstellung von Starkregen sowie die Umsetzung in einer Anleitung zur Bestimmung des Abflusses an einem Berechnungspunkt im Entwässerungssystem sind die massgebenden Elemente der Norm SN 640 357.

7.2 Meteorologische Grundlagen

Detaillierte Angaben zu den Charakteristiken von Starkregenzellen finden sich in der Forschungsarbeit [2]. Eine Darstellung einer Starkregenzelle findet sich im Bild 11. Im Folgenden findet sich eine Übersicht:

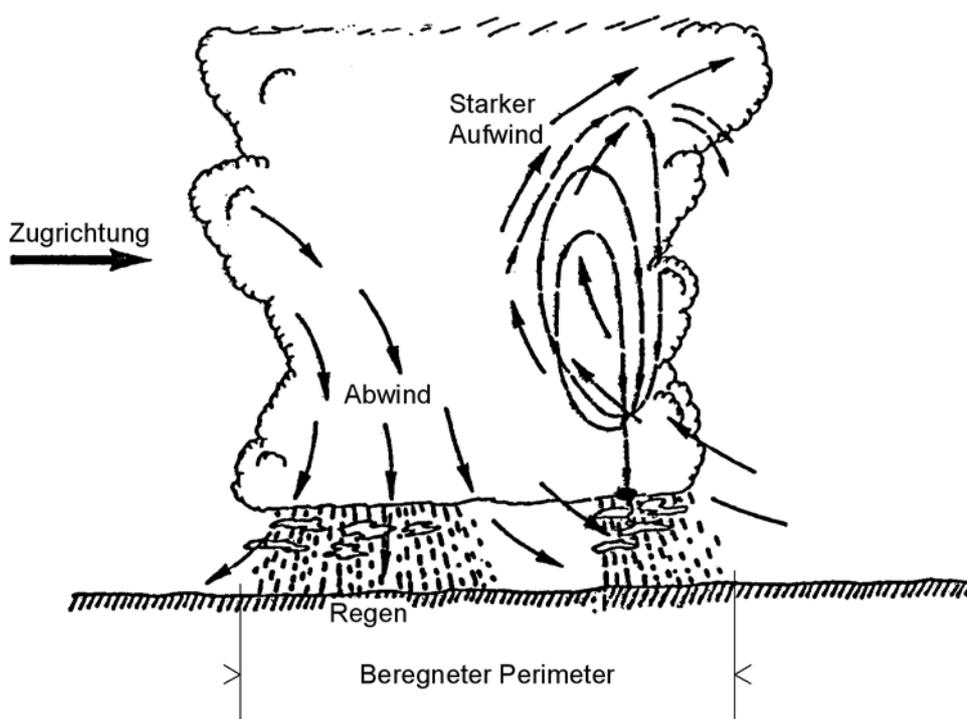


Bild 11, Starkregenzelle mit Aufwindschlauch

- Der Aufwind in einer Schauerzelle bewirkt die Akkumulation sowie Kondensation von Wasserdampf und damit die Bildung von Niederschlagspartikeln. Das Wachstum und die Konzentration der Partikel stehen in einer direkten Beziehung zur Stärke des Aufwindes und bestimmen das Intensitätspotential für den gesamten Schauer. Die Partikelkonzentration lässt sich in der Schweiz mit etwa 10 g/m^3 annehmen. Bei einer Fallgeschwindigkeit der Schauertropfen von 9 m/s und einer Reduktion auf die Höhe der Wolke ergibt sich theoretisch ein Ereignisniederschlag von 100 mm/h .

- Aufgrund des turbulenten Charakters der Starkregen mit innerhalb der Zelle stark variierenden Regenintensitäten können die Intensitäten weiter erhöht werden. Dabei verhalten sich die maximalen Intensitäten gegenläufig zu ihrer räumlichen und zeitlichen Dimension - je höher die Intensitäten sind, umso kurzlebiger und kleinräumiger sind die Regenzellen (Bild 13).

7.3 Übersicht

Die Beziehungsdiagramme unter Ziffer 4.4 zeigen die Beziehungen im Bereich des Abflusses bei Starkregen. In den zu revidierenden Normen werden alle Parameter des Abflusses mit der Regenintensität, dem Abflusskoeffizienten und der Abflusszeit berücksichtigt. In der Norm SN 640 357 wird zusätzlich der Berechnete Perimeter eingeführt. Damit werden nicht nur die heute bestehenden grossen Streuungen bei der Abflussberechnung vermindert, sondern auch die Transparenz der Berechnung nachhaltig verbessert. Vor allem erfolgt mit der Einführung des Berechneten Perimeters eine Annäherung der Berechnung an die Charakteristiken eines Starkregens.

7.4 Stellung der Norm im Normenwerk

Die Beziehungen der Norm SN 640 357 sind im Bild 12 dargestellt.

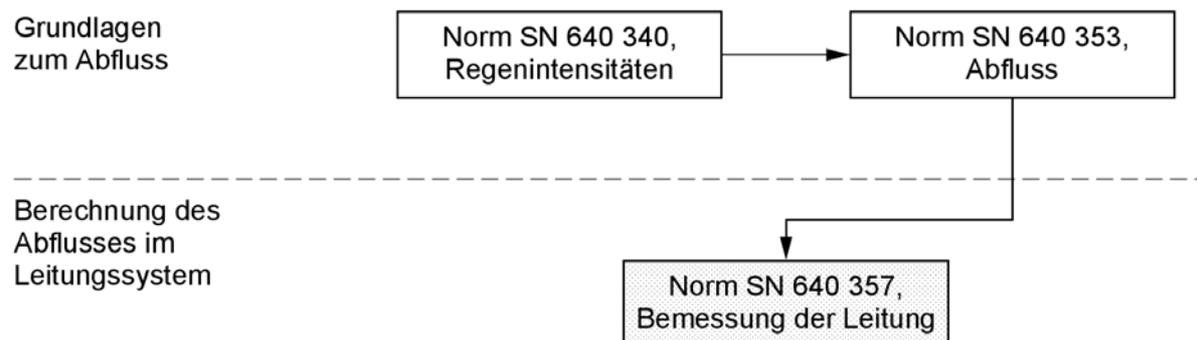


Bild 12, Beziehung der Norm SN 640 357, Abfluss im Leitungssystem, zu den massgebenden Normen im Bereich der hydraulischen Bemessung der Strassenentwässerung

7.5 Zu Ziffer 5, Abfluss von der Strassenoberfläche

7.5.1 Ausdehnung des Berechneten Perimeters

Das Bild 13 zeigt qualitativ die Beziehung der Ausdehnung einer Schauerzelle und ihrer Dauer sowie den Streubereich. Für eine Regendauer von 15 min gemäss SN 640 353, Ziffer 9, Massgebende Regenintensität, ergibt sich eine Ausdehnung der Zelle zwischen 200 und 400 m. Der in der Norm gewählte Durchmesser von 1000 m entspricht einer mittleren Grösse. Ausgedehntere Abmessungen sind im Rahmen der Streuungen möglich, jedoch wenig wahrscheinlich.

Für die Berechnung des Abflusses wurde in der Norm die Form der Zelle als Kreis angenommen. Dies ist eine Annäherung.

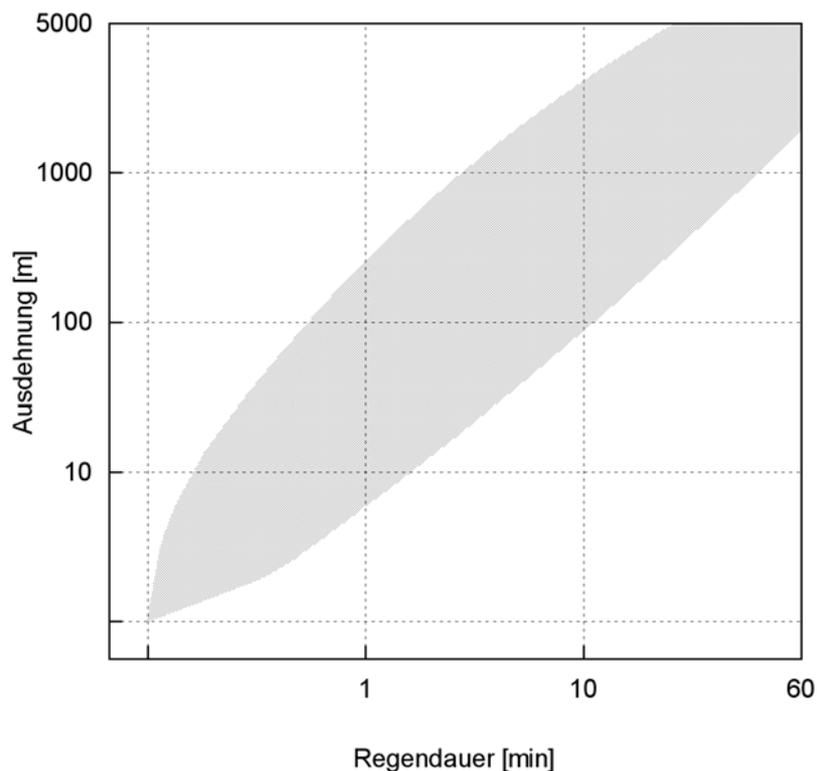


Bild 13, Beziehung Ausdehnung und Regendauer von Starkregen

7.5.2 Bewegung der Regenzelle

Die Regenzelle bewegt meist in einer von den örtlichen Verhältnissen bestimmten, aber bei der Berechnung des Abflusses nicht festgelegten Richtung. Die Bewegung der Regenzelle wirkt sich ebenfalls auf die Regendauer an einem festen Standort aus. Eine Bewegung der Regenzelle quer zum Abfluss oder gegen die Abflussrichtung verkleinert den Abfluss. Ungünstig ist dagegen eine Bewegung in Richtung des Abflusses. Die Auswirkungen auf den Abfluss sind schwer erfassbar und im Allgemeinen nicht massgebend. Die Bewegung der Zelle ist in der konservativen Festlegung der anlaufzeitbezogenen Verlängerung der Regendauer gemäss Ziffer 5.2 der Norm berücksichtigt.

7.5.3 Wahl der Berechnungspunkte

Berechnungspunkte an Leitungen von Strassen

Die Berechnungspunkte sind unter Berücksichtigung der zu bemessenden Anlageteile an folgenden Stellen vorzusehen:

- Änderung des Innendurchmessers
- Gefällsänderungen der Leitung
- Zuflüsse
- Spezialbauwerke
- Übergang auf Retentions- oder Behandlungsanlagen
- Einmündung in Vorfluter

Berechnungspunkte in Netzen

Die Angaben zu den Leitungen gelten auch für Netze. Im Weiteren sind jedoch primär Abflussberechnungen für Situationen notwendig, bei welchen der Berechnete Perimeter in einer bezüglich der Abflussleistung ungünstigen Position angeordnet wird.

7.5.4 Verlängerung der Regendauer

Im Fall von langen Sammelleitungen von Strassen und von Leitungen in Netzen ist unter Berücksichtigung der Fliesszeit in der Leitung die zur Bestimmung der Regenintensität in der Norm SN 640 353 festgelegte Regendauer von 15 min gemäss Ziffer 5.2 der Norm zu verlängern. Die unter Ziffer 5.2 angegebenen Werte basieren auf einer häufigen Abflussgeschwindigkeit von 1,5 m/s.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Instructions : Protection des eaux lors de l'évacuation des eaux des voies de communication, OFEFP 2002
Wegleitung : Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen, BUWAL, 2002
- [2] F. Naef, P. Horat, Abschätzung von Abflüssen aus versiegelten und unversiegelten Flächen und Einzugsgebieten, Forschungsauftrag, Bundesamt für Strassen, Dezember 2000
- [3] SNV 640 350, Oberflächenentwässerung von Strassen, Regenintensität, Schweizerische Normenvereinigung (SNV), VSS, Zürich, 1969 (ungültig)
- [4] SNV 640 351, Oberflächenentwässerung von Strassen, Anlaufzeit, Schweizerische Normenvereinigung (SNV), VSS, Zürich, 1970 (ungültig)
- [5] SNV 640 352, Oberflächenentwässerung von Strassen, Abflussmengen, Schweizerische Normenvereinigung (SNV), VSS, Zürich, 1970 (ungültig)
- [6] SN 640 350, Oberflächenentwässerung von Strassen, Regenintensitäten, VSS, Zürich, 2000
- [7] SN 640 340, Strassenentwässerung, Grundlagen, VSS, Zürich, 2003
- [8] F. Bühlmann, H.-P. Lindenmann, P. Spacek, Sichtweiten, Überprüfen der Grundlagen zur Norm SN 640 090, Projektierungsgrundlagen, Sichtweiten, Forschungsauftrag, Bundesamt für Strassenbau, Oktober 1991
- [9] S. Scherrer, Abflussbildung bei Starkniederschlägen, Identifikation von Abflussprozessen mittels künstlicher Niederschläge, Diss., ETH Nr. 11793, Zürich, 1996
- [10] O. Eggenberger, M. Degiorgi, F. Gisler, Untersuchung zur Schluckfähigkeit von Einlaufrosten, Zürcher Hochschule Winterthur, Winterthur, 1999
- [11] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Richtlinien für die Anlage von Strassen, Teil Entwässerung, RAS-EW, Köln, 1987
- [12] Richtlinie Berücksichtigung des Unterhalts bei der Projektierung und beim Bau der Nationalstrassen, Planung und Durchführung des Unterhalts, Bundesamt für Strassen, Oktober 2002