

Strassenentwässerung über das Bankett

Evacuation des eaux de chaussée sur l'accotement

Die Entwässerung über das Bankett hat eine lange Tradition. Ihr Einsatz als Anlage zur Reinigung von Strassenabwasser ist jedoch vergleichsweise neu. Sie hat heute als Gewässerschutzmassnahme eine hohe Priorität. Dies bedingt deren Ausrichtung auf eine umwelt-schutzbezogene Wirkung. Im Folgenden finden sich Informationen zum Einsatz und zur Ausführung von Entwässerungen über das Bankett.

Von Peter Bürkel und Michel Jobin *

Die Entwässerung über das Bankett basiert immer auf einer befestigten und damit tragfähigen Strassenrandkonstruktion. Diese weist allgemein eine tonige Deckschicht auf. Sie ist häufig auch überwachsen. Anschliessend findet sich eine Böschung mit bewachsenem Oberboden. Vielfach finden sich im Strassenperimeter auch Randstreifen – häufig als Belastungsstreifen bezeichnet – sowie bewachsene Trennstreifen. Auch diese Streifen sind im Begriff Entwässerung über das Bankett enthalten. Die Böschungen von Hochleistungs- und teilweise auch von Hauptverkehrsstrassen sind in den letzten Jahren ohne Bodenmaterial ausgeführt worden. Massgebend waren dabei die artenreiche Biozönose auf dem Rohboden und der geringe Aufwand für die Grünpflege. Die Nutzung der Entwässerung über das Bankett mit dem Ziel der Reinigung von Strassenabwasser ist mit der Publikation der Wegleitung Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen [10] aktuell geworden. Für die Ausführung von Entwässerungen über das Bankett liegt heute eine Norm, die SN 640 354, Strassenentwässerung, Entwässerung über das Bankett [2], vor.



* Peter Bürkel, Dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, BBS Ingenieure AG, Winterthur



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

L'évacuation des eaux de chaussée sur l'accotement a une longue tradition. Son utilisation pour l'épuration des eaux de chaussées est cependant relativement nouvelle. Elle a aujourd'hui une haute priorité comme mesure de protection des eaux. Cela nécessite une exécution conforme à la protection de l'environnement. Cet article donne des informations pour l'introduction et l'exécution de l'évacuation des eaux de chaussée sur l'accotement et dans les bas-côtés de la route.

Par Peter Bürkel et Michel Jobin *

L'évacuation des eaux sur l'accotement est toujours basée sur un accotement compact et portant. Cela est possible de manière générale à l'aide d'une couche de roulement argileuse. Souvent, celle-ci est aussi engazonnée. Un talus formé d'horizon A engazonné lui est relié. On trouve aussi souvent des bas-côtés dans le périmètre de la route – appelé parfois bande contaminée – ainsi que des bandes de séparation herbeuses. Ces bandes sont aussi comprises dans le système d'évacuation des eaux par l'accotement. Les talus des routes à grand trafic et en partie ceux des routes principales ont été exécutés ces dernières années sans matériaux terreux. Ceci en raison d'une riche biocénose qui se forme sur les sols bruts et l'entretien réduit qui en résulte.

L'utilisation de l'évacuation des eaux de chaussées sur l'accotement avec comme but l'épuration des eaux de route est devenue actuelle depuis la publication des Instructions Protection des eaux lors de l'évacuation des eaux des voies de communication [10].

Pour la réalisation pratique de l'évacuation des eaux sur l'accotement, on peut maintenant se référer à la norme SN 640 354, Evacuation des eaux de chaussée, Evacuation des eaux sur l'accotement.

Principes et aspects

Choix du système d'évacuation des eaux

Les instructions de l'OFEFP [10] fixent dans quels cas une évacuation des eaux de chaussée sur l'accotement et dans les bas-côtés est admissible. Cela concerne d'une part l'admissibilité d'une infiltration et d'autre part les cas où un traitement comme par exemple un bassin de rétention-filtration est nécessaire.

Effet d'épuration de l'évacuation des eaux par l'accotement

Les nombreuses possibilités de réalisation des accotements avec les talus adjacents ainsi que les conditions

Grundsätze und Aspekte

Wahl von Entwässerungssystemen

In der Wegleitung des BUWAL [10] finden sich Angaben, in welchen Fällen eine Entwässerung über das Bankett zulässig ist. Dies betrifft einerseits die Zulässigkeit einer Versickerung und andererseits die Fälle, bei denen eine Behandlungsanlage wie beispielsweise ein Retentionsfilterbecken notwendig ist.

Reinigungswirkung der Entwässerung über das Bankett

In Anbetracht der Vielfalt von Ausführungen von Banketten inklusive Böschung sowie der unterschiedlichen örtlichen Verhältnisse weist die Reinigungswirkung erhebliche Streuungen auf. Dies gilt im Übrigen auch für die Systeme von Strassenabwasserreinigungsanlagen. Angaben mit ortsbezogenen Resultaten liefert der Forschungsbericht Bankette bestehender Strassen [11]. Dieser basiert auf einer umfassenden Studie der Verteilung von Schadstoffen im Boden an einer Strasse. Trotz eines erheblichen Verkehrs auf dem Testabschnitt mit einem täglichen Verkehr von 17 000 Fahrzeugen konnte eine weitgehende Rückhaltung der massgebenden Schadstoffe wie Zink, Kupfer, Blei und Cadmium sowie polyzyklischeraromatische Kohlenwasserstoffe im Filter erreicht werden. Die aufgeführten Schadstoffe sind bis heute auf eine Tiefe von 0,50 m infiltriert. Trotz einer Betriebsdauer der Strasse von 50 Jahren ist ein baldiges Ende der Filterwirkung nicht zu erwarten. Ein problematischer Aspekt der Entwässerung über das Bankett ist die Rücklösung von Schadstoffen durch die Tausalzlösung bei Winterdienstesätzen.

Beurteilung des Einsatzes

In Anbetracht des heute geringen Risikos von Freisetzungen wassergefährdender Flüssigkeiten ist die Entwässerung in Seitenstreifen in den meisten Fällen zulässig und prioritär – ausser bei Strassen mit einer sehr grossen Häufigkeit von Transporten wassergefährdender Flüssigkeiten und in Grundwasserschutzzonen und -arealen.

Bei der Erneuerung von Strassen sind die Bankette möglichst weitgehend zu erhalten. Dies bedeutet, dass im Bereich der Bodenfilter möglichst keine Grabarbeiten ausgeführt werden. Sofern diese nötig sind, ist der Boden gemäss den Normen zum Erdbau, SN 640 581 und ff. [3] [4] [5] zu behandeln.

Entwässerung in Grünstreifen zwischen Fahrstreifen

Grünstreifen eignen sich grundsätzlich gut für eine Versickerung. Dabei geht es meistens um Hauptverkehrsstrassen mit einem bewachsenen Trennstreifen zwischen der Fahrbahn für den Motorfahrzeugverkehr und dem Radweg. Bei dieser heute häufigen Konstellation bei bestehenden Strassen wird vielfach keine der beiden in den Grünstreifen entwässert. Eine Umkehrung des Normal- bzw. Querprofils ist in den meisten Fällen aufwendig oder in Kurven unzulässig. Bei künftigen Radwegprojekten sollte die Nutzung des Grünstreifens als Versickerungsfläche in jedem Fall geprüft werden (Bild 1).

Auch bei bestehenden Strassen mit einem Quergefälle hangwärts kann das Strassenabwasser hangseits über das Bankett in eine bewachsene Spitzrinne entwässert werden. Dabei ist das versickerte Wasser in den speziellen Fällen von einer Drainageleitung aufzunehmen und in

locales différentes montrent des efficacités d'épuration très divergentes. Ceci est également valable pour les autres systèmes d'épuration des eaux de route. Le rapport de recherche sur les accotements en bordure de route existante [11] fournit des données à ce sujet. Ce rapport est basé sur une étude complète de la répartition de la pollution dans le sol aux abords de la chaussée. Cette étude montre que, malgré un trafic intense sur le tronçon-test de 17 000 véhicules par jour, le filtre retient une part importante des substances polluantes significatives comme le zinc, le cuivre, le plomb et le cadmium ainsi que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAH). Les substances polluantes citées sont infiltrées jusqu'à une profondeur de 0,50 m. De plus et malgré une utilisation de la route depuis 50 ans, l'efficacité du filtre n'est pas proche de son terme. Un aspect problématique de l'évacuation des eaux sur l'accotement et dans les talus filtrants consiste en une remobilisation des polluants par les sels de déverglaçage utilisés en hiver.

Justification de l'application

Compte tenu des risques réduits actuels d'accidents avec des liquides pouvant polluer les eaux, on peut considérer l'évacuation des eaux dans les bas-côtés – sauf pour les routes avec une très grande intensité de transport de liquides polluants ainsi que dans les zones et aires de protection des eaux – comme étant suffisante et prioritaire dans la majorité des cas.

Pour le renouvellement de routes, on maintiendra autant que possible les accotements sans les modifier. Cela signifie que dans le secteur du filtre en terre, aucun terrassement ne devrait être réalisé. Si cela s'avère tout de même nécessaire, le sol est à manipuler selon les normes «Terrassement, sol, bases», SN 640 581 et suivantes [3] [4] [5].

Evacuation dans les bandes vertes entre les voies de circulation

Les bandes avec un couvert herbacé sont en principe utilisables pour l'infiltration. Cela concerne avant tout les routes principales avec une bande de verdure entre une chaussée avec trafic motorisé et une piste cyclable. Aujourd'hui, dans ce cas de figure très courant pour les routes existantes, l'eau de ces chaussées n'est pas infiltrée. Une inversion du profil normal resp. du profil en travers est dans la plupart des cas coûteuse, voire inadmissible dans les courbes. Pour des projets futurs de pistes cyclables, on veillera à examiner la possibilité d'utiliser les



1: Hauptverkehrsstrasse mit Radweg und Versickerung im Trennstreifen.

1: Route principale avec piste cyclable et infiltration dans une bande intermédiaire.

angemessenen Abständen in die abfallende Böschung abzuleiten.

Bei Hochleistungsstreifen bestehen ebenfalls Mittelstreifen mit einer Versickerung des Strassenabwassers (Bild 2).



2: Hochleistungsstrasse und Versickerung im Mittelstreifen.

2: Route à grand trafic et infiltration dans la bande médiane.

Topografie

Für die Entwässerung über das Bankett sind hohe Böschungen gut geeignet. Die Praxis zeigt, dass auch im ebenen Gelände und bei einer geringen Höhendifferenz zwischen der Strasse und dem bewachsenen Randstreifen eine Entwässerung über das Bankett möglich ist. Dies ist auf das grosse Porenvolumen von Oberboden zurückzuführen, das bei Regenereignissen mit einem grossen Volumen einen Abfluss auch bei einem geringen Gefälle eine Speicherung und Ableitung ermöglicht. Eine Entwässerung über das Bankett ist selbst bei Strassen in einem Einschnitt möglich, wenn der Seitenstreifen als bewachsene Spitzrinne oder Mulden-Rigole ausgeführt wird. Eine Drainage des Zuflusses kann mit der Oberbauentwässerung kombiniert werden (Bild 3).

Elemente des Strassenraumes mit Bezug zur Entwässerung über das Bankett

Geometrisches Normalprofil

Die Vielfalt der Ausführung von Banketten ist gross. Eine Abgrenzung zwischen Fahrbahn und Bankett ist schwer erkennbar. Das geometrische Normalprofil liefert nur eine virtuelle und keine physische Abgrenzung. Die Elemente eines Banketts sind im Bild 4 dargestellt.

Bankette

Bankette bestehen aus dem nur sporadisch befahrenen Streifen längs der Strasse. Das Bankett muss im Hinblick auf den Verkehr tragfähig und für die Ableitung des Strassenabwassers dicht sein. Neben dem Bankett verläuft der Bodenfilter. Ein Beispiel einer Strasse mit einem Bankett mit einer dichten tonigen Deckschicht findet sich im Bild 5.

Böschung

Im Bild 5 ist eine Böschung mit der «Normalneigung» dargestellt. Bezüglich der Wirkung als Abwasserreinigungsanlage ist ein Gefälle günstig. Die Entwässerung über das Bankett kann jedoch wie oben erwähnt auch bei geringeren Böschungsneigungen sowie bei fast horizontalen

bandes vertes comme surface d'infiltration (fig.1). Pour les routes existantes avec un dévers vers le côté amont, il est possible d'assurer l'écoulement de l'eau vers le côté et d'infiltrer l'eau de la chaussée dans une rigole herbeuse. Dans ce cas, l'eau infiltrée sera récoltée dans un tuyau de drainage pour ensuite l'évacuer à des intervalles convenables dans le talus existant de l'autre côté de la route.

Pour les routes à grand trafic, il existe également des bandes médianes qui peuvent assurer l'infiltration des eaux (fig.2).

Topographie

De hauts talus sont bien adaptés à une évacuation sur l'accotement. L'expérience montre aussi qu'une évacuation sur l'accotement est possible même dans un terrain plat et avec une petite différence de hauteur entre la route et les bandes herbeuses. On peut expliquer cela en raison du grand volume des pores de l'horizon A qui, lors des épisodes de pluie, permet une rétention et une évacuation des débits de pluie même avec une faible pente. Une évacuation sur l'accotement est aussi possible en bordure des routes en tranchée si la bande latérale est pourvue d'une rigole ou d'une cuvette-rigole. Un tuyau de drainage peut dans certains cas être posé et combiné avec le système d'évacuation des eaux superficielles (fig.3).



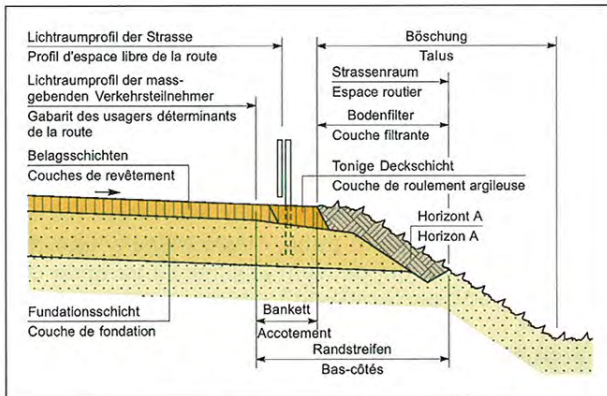
3: Entwässerung einer Hochleistungsstrasse über das Bankett in bewachsene Mulden-Rigole.

3: Evacuation sur l'accotement d'une route à grand débit dans une cuvette-rigole herbeuse.

Éléments de l'espace routier en relation avec l'évacuation sur l'accotement

Profil géométrique normal

Les types de banquettes réalisables sont nombreux. Une limite entre la chaussée et l'accotement est difficilement reconnaissable. Le profil géométrique normal fournit uniquement une limite virtuelle et en aucun cas une limite physique. Les éléments de l'accotement et des bas-côtés sont illustrés sur la figure 4.



4: Elemente der Entwässerung über das Bankett mit einem Bodenfilter.

4: Éléments de l'évacuation des eaux sur l'accotement avec une couche filtrante.



5: Strasse mit Bankett mit toniger Deckschicht.

5: Route avec un accotement avec une superstructure argileuse.



6: Hauptverkehrsstrasse mit Entwässerung über die Böschung.

6: Route principale avec une évacuation des eaux sur le talus.

Sickerstreifen bzw. bewachsenen Spitzrinnen oder Gräben als Reinigungsanlage wirken. Ein Beispiel einer Entwässerung über das Bankett findet sich im Bild 6.

Strassenbautechnische Anforderungen

Tragfähigkeit des Oberbaus

Bankette sind so auszuführen, dass die Tragfähigkeit gewährleistet ist. Der Übergang von der Fahrbahn zur Böschung oder zu einem Seitenstreifen ist generell ein Schwachpunkt der Strasse. Ein Beispiel findet sich im Bild 7. Ein im Übrigen seltener Grundbruch von Banketten auf Dämmen erfolgt am ehesten als Folge der Einwirkungen von Verdichtungsgeräten sowie wegen des Befahr-

Accotements

Les accotements sont des bandes situées le long de la route qui ne sont utilisés que sporadiquement. L'accotement doit cependant, en raison des charges de trafic possibles, avoir une portance suffisante et être étanche pour assurer l'évacuation des eaux. Le filtre en terre est situé au bord de l'accotement. Un exemple d'une route avec un accotement pourvu d'une couche de roulement argileuse est présenté à la figure 5.

Talus

La figure 5 montre un talus avec une «pente normale». Dans un tel cas, l'efficacité de l'épuration des eaux de chaussée est favorable. L'évacuation sur l'accotement peut cependant, comme indiqué ci-dessus, aussi se faire pour des talus à pente limitée jusqu'à des bandes d'infiltration presque horizontales respectivement des rigoles herbeuses ou des fossés qui assureront l'épuration de l'eau. Un exemple d'une telle évacuation se trouve à la figure 6.

Exigences concernant la technique routière

Portance de la chaussée

Les accotements sont à réaliser de manière à ce que leur portance soit assurée. La transition entre la chaussée et le talus respectivement la bande latérale est en général un point faible de la construction routière. Un exemple est donné en figure 7. Il est assez rare de constater des affaissements de terrain au droit des accotements réalisés sur des remblais. Si cela est le cas, ils sont causés, le plus souvent, par l'utilisation des engins de compactage et, sur les routes principales, à la suite du passage de poids lourds. En Suisse et en Allemagne, des accotements pourvus d'éléments grille-gazon sont réalisés pour assurer une portance suffisante (fig. 8).

Performance hydraulique et rétention des couches filtrantes

Écoulement de l'eau dans le sol

L'écoulement de l'eau dans les horizons A et B est un processus vital. Une partie de l'eau qui s'écoule depuis l'accotement s'évapore sur la surface ou par l'intermédiaire des plantes. Cela a peu d'importance pour l'évacuation sur l'accotement. Une autre partie de l'eau est retenue en quantité inégale dans le système poreux. Le vo-



7: Typischer Schaden am Belagsrand.

7: Dégâts typiques en bordure du revêtement.

rens mit schweren Lastfahrzeugen bei Hauptverkehrsstrassen. In der Schweiz und in Deutschland werden in Sonderfällen Bankette im Hinblick auf die Tragfähigkeit mit Rasengitterelementen gemäss dem Bild 8 ausgeführt.

Hydraulische Leistung und Retention der Bodenfilter

Wassertransport im Boden

Der Wassertransport im Ober- und Unterboden ist generell ein vitaler. Ein Anteil des vom Bankett zufließenden Wassers wird auf der Oberfläche oder über die Pflanzen verdunstet. Für die Entwässerung über das Bankett sind diese Vorgänge von geringer Bedeutung. Ein Anteil des Wassers wird in einem unterschiedlichen Ausmass im Porensystem zurückgehalten. Der Porenraum nimmt ein Volumen von ca. 50 % ein. Dabei stehen nur die grösseren Poren mit einem Durchmesser $> 50 \mu\text{m}$ für die Entwässerung mit einem Anteil von 10 bis 25 % zur Verfügung. Die Retention hat deshalb bei Banketten eine günstige Auswirkung hinsichtlich der Verhütung von Nässen.

Kolmatieren

Die im Boden vorhandenen Mikroorganismen bauen mit organischen und mineralischen Bestandteilen ein stabiles Gefüge auf. Damit wird die hydraulische Leistung und das Retentionsvermögen gewährleistet. Ein Kolmatieren bewirkt primär die Beeinträchtigung der Belüftung des Bodens und damit der mikrobiellen Aktivitäten. Bei der Entwässerung über das Bankett ist die Filterfläche vergleichsweise gross. Dies verhindert ein Kolmatieren.

Unterhalt der Böschungen

In den letzten Jahrzehnten sind Böschungen von Strassen mit viel Verkehr mit Unterboden, aber ohne eine Oberbodenschicht ausgeführt worden. Damit wurden Kosten bei der Ausführung eingespart und der Aufwand für die Grünpflege erheblich herabgesetzt. Die verminderte Häufigkeit von Pflanzeinsätzen bewirkt auch günstige Voraussetzungen für die Entwicklung einer naturnahen Fauna. Im Weiteren wurde auch das vergleichsweise häufige Abrutschen von Oberbodenschichten nach grösseren Regenereignissen eliminiert.

Bemessung von Sickerflächen

Im Hinblick auf den betrieblichen Unterhalt, den Verbrauch von Oberboden sowie den Schutz von Fauna und Flora sind die Filter von Entwässerungen über das Bankett angemessen festzulegen. Die Breiten der Randstreifen mit einem Bodenfilter sind in der Norm SN 640 354 [2] angegeben. Sie liegen je nach dem durchschnittlichen täglichen Verkehr zwischen 1,50 und 2,50 m.

Charakteristiken der Bankette

Übersicht

Bei der Entwässerung über das Bankett umfasst dieser Begriff nicht nur das oben beschriebene Bankett, sondern



8: Mit Rasengittern verstärktes Bankett.

8: Accotement renforcé par des grilles-gazon.

lume des pores représente env. 50 % du volume du filtre. A noter que seuls les plus grands pores qui ont un diamètre $> 50 \mu\text{m}$ et représentant une part de 10 à 25 % sont à disposition. La rétention dans les bas-côtés a une influence favorable par rapport à la formation de gouilles d'eau.

Colmatage

Les micro-organismes présents dans le sol forment avec les matières organiques et minérales une structure stable. Cette structure peut assurer une fonction hydraulique et une capacité de rétention. Un colmatage peut intervenir premièrement si l'aération du sol est empêchée, ce qui réduit l'activité microbienne. Pour l'infiltration dans les bas-côtés, la surface étant relativement grande, un colmatage est empêché.

Entretien des talus

Au cours des dernières années, les talus des routes à grand trafic ont été réalisés sans horizon A. Une réduction du coût de construction a ainsi été obtenue ainsi qu'une minimisation de l'entretien des surfaces herbeuses. Cette diminution de l'entretien a aussi eu des répercussions favorables sur le développement de la faune. En plus, on a pu éliminer les glissements de l'horizon A qui se produisaient lors de fortes pluies.

Dimensionnement des surfaces d'infiltration

Le dimensionnement des couches filtrantes pour l'évacuation des eaux par les bas-côtés doit être étudié en fonction de l'entretien, de l'utilisation de l'horizon A ainsi que de la protection de la faune et de la flore. Les largeurs des bandes latérales d'infiltration sont données dans la norme SN 640 354 [2]. Elles varient selon le trafic journalier moyen entre 1,50 et 2,50 m.

Caractéristiques de l'accotement

Aperçu

La notion d'évacuation sur l'accotement englobe non seulement l'accotement lui-même mais également les

auch angrenzende Seitenstreifen oder Böschungen mit einem bewachsenen Bodenfilter. Im Folgenden wird jedoch unter dem Titel Bankett nur das eigentliche Bankett ohne Böschung bzw. der direkt an die Fahrbahn angrenzende Streifen beschrieben.

Im Zusammenhang mit der Reinigung des Strassenabwassers sind Ausführungen günstig, die den Abfluss von der Strasse über OK Bodenfilter in die Böschung oder den Seitenstreifen leiten. Dies bedingt Bankette, die dicht sind. Grundsätzlich sind die folgenden Arten zu unterscheiden:

- **Bankette mit dichtem Belag:** Im Vordergrund steht die Ausführung mit einer tonigen Deckschicht. Diese ist weitgehend ohne eine sehr nachhaltige Verdichtung wasserdicht. Varianten mit bituminösen Deckschichten können auf Banketten nicht ausreichend verdichtet werden. Im Weiteren fehlt die für eine lange Lebensdauer notwendige Nachverdichtung durch den Verkehr.
- **Bankette mit durchlässigem Oberbau:** Zu dieser Art gehören Kiesrasen, Kiesrasen mit Gitterrost sowie Rasengitterelemente. Im Fall von Dämmen aus sandigem oder kiesig sandigem Material oder bei einem Untergrund aus diesen Materialien ist auf dem Planum eine Abdichtung mit einer Verbindung zum Bodenfilter vorzusehen. Geeignet sind Kunststoffdichtungsbahnen sowie Bitumendichtungsbahnen, die mit Geokunststoffen zum Schutz vor mechanischen Einwirkungen geschützt werden.

Dichtes Bankett – Bankett mit toniger Deckschicht

Diese Ausführung steht hinsichtlich des Einsatzes im Vordergrund und ist in der Schweiz am meisten verbreitet. Die tonige Deckschicht wird bezüglich aller Kriterien positiv bewertet. Diese Bauweise wird bei allen örtlichen Verhältnissen wegen der Einfachheit der Ausführung und wegen des Aufwandes für die Ausführung und den Unterhalt als die günstigste beurteilt.

Für die Ausführung ist ein Kiessand 0/20 oder 0/25 mit einem erhöhten Tonanteil zu verwenden. Im Fall von Strassen mit einem grossen Längsgefälle ist für das Bankett ein grosses Quergefälle festzulegen. Damit können Ausschwemmungen bei Starkregen verhindert werden. Der betriebliche Unterhalt ist insofern einfach, als dass örtliche Schäden mit einem geringen Materialersatz und mit wenig Aufwand instand gesetzt werden können.

Wasserdurchlässige Bankette

- **Erfahrungen:** Es bestehen keine langfristigen Erfahrungen zum Einsatz von Banketten mit durchlässigen Oberbauten. Eine Ausnahme sind Ausführungen mit Rasengitterelementen, die sich bezüglich der Einwirkungen des Verkehrs positiv verhalten. Die durchlässigen Bankette sind bei Strassen in allen Fällen bewachsen. Sie benötigen für die Ableitung des Abwassers in den Bodenfilter eine Abdichtung.
- **Bankette mit Kiesrasen:** Kiesrasen bestehen aus Kiessand I, der zusammen mit einer Startdüngung angesät wird. In einem Zeitraum von wenigen Monaten findet eine Durchwurzelung der Deck- bzw. der Fundationschicht statt, die eine erhebliche Bewehrung bewirkt. Die Ausführung von Kiesrasen sowie die Grünpflege sind kostengünstig. Kiesrasen sind zudem resistent bezüglich Kolmatierens. Zum Einsatz von Kiesrasen bei Banketten liegen jedoch keine Erfahrungen vor.

bandes latérales ou les talus pourvus d'une couche filtrante herbeuse. Cependant, sous la notion d'accotement il sera traité, dans ce qui suit, uniquement l'accotement lui-même sans le talus, resp. la bande herbeuse accolée à la route.

Pour obtenir une épuration de l'eau de route, il est favorable de déverser cette eau directement sur la surface du filtre dans le talus ou dans la bande herbeuse. Cela nécessite des accotements étanches. Les divers types d'accotements sont les suivants:

- **Accotements avec des revêtements étanches:** Une réalisation avec une couche de roulement argileuse est à prendre en considération en priorité. Cette solution est étanche sans un compactage intense. Les variantes avec des revêtements bitumeux ne peuvent pas être compactées suffisamment sur l'accotement. En plus, leur durée de vie sera réduite car il n'y a pas de compactage ultérieur dû au trafic.
- **Accotements avec des revêtements perméables:** Les accotements en gravier-gazon, avec éléments grille-gazon, font partie de cette catégorie. Dans le cas de remblais réalisés avec du sable ou du gravier sableux ou bien si le sous-sol est constitué de ces matériaux, une étanchéité avec un écoulement vers le filtre est à mettre en place. A cet effet, les barrières géosynthétiques polymériques ou bitumeuses protégées contre les actions mécaniques par des nattes géosynthétiques sont appropriées.

Accotement étanche – accotement avec une couche de roulement argileuse

L'utilisation de cette solution est prioritaire et elle est bien répandue en Suisse. La couche de roulement argileuse est favorable en fonction de tous les critères à envisager. Ce type de réalisation est plus intéressant pour toutes les conditions régionales en raison de sa simplicité de construction et en fonction du volume de travail et d'entretien.

La réalisation nécessite un gravier-sable 0/20 ou 0/25 avec une teneur en argile augmentée. Pour les routes avec des pentes longitudinales importantes, l'accotement aura un grand dévers. On peut ainsi empêcher une érosion lors de fortes pluies. L'entretien est simple, car il s'agit de réparer des dégâts locaux avec l'apport de matériaux en petite quantité.

Accotements perméables

- **Expériences:** Il n'y a pas d'expériences de longue durée avec la réalisation d'accotements perméables. Une exception existe avec la pose d'éléments avec grille-gazon qui sont favorables par rapport à l'influence du trafic. Les accotements perméables sont dans tous les cas ensemencés. Ils nécessitent la mise en place d'une étanchéité pour assurer l'écoulement de l'eau dans le filtre.
- **Accotements avec gravier-gazon:** Le gravier-gazon est constitué de gravier-sable I, qui est ensemencé dès le départ. Durant les premiers mois, il se produit un enracinement des herbes semées à travers la couche supérieure resp. la couche de fondation qui forme une «armature» importante. La réalisation de cette solution est économique. Elle est aussi intéressante par rapport au colmatage. Il n'existe cependant pas d'expériences suffisante en ce qui concerne la réalisation d'accotements en gravier-gazon.

- **Oberbau mit Kiesrasen mit Gitterrosten:** Kiesrasen mit Gitterrosten werden analog zum Kiesrasen ausgeführt. Zusätzlich wird jedoch ein Gitterrost eingebaut. Dieser bewirkt neben der Durchwurzelung eine Bewehrung. Kiesrasen mit Gitterrosten weisen eine hohe Tragfähigkeit und Strapazierfähigkeit auf. Die Kosten für die Ausführung sind vergleichsweise hoch. Der Aufwand für die Grünpflege ist gering.
- **Rasengitterelemente:** Rasengitterelemente werden auf Banketten von Hochleistungsstrassen vor allem in Deutschland eingesetzt. Bankette mit Rasengitterelementen weisen eine erhebliche Trag- und Strapazierfähigkeit auf. Die Kosten für die Erstellung sind vergleichsweise hoch. In die Elemente wird ein Oberboden/Sandgemisch im Verhältnis 1:1 bis 1:3 eingefüllt.

Bodenfilter

Aufbau

Bodenfilter von Filterbecken werden mit Schichten von Ober- und in seltenen Fällen zusätzlich mit Unterboden ausgeführt. Der Unterboden dient dabei als zusätzliche Sperre zur Verhütung der Infiltration von Schadstoffen in den Untergrund. Die Praxis zeigt jedoch, dass es schwierig ist, Unterboden so einzubauen, dass die Schicht als Filter wirksam ist.

Oberbodenschichten werden allgemein mit Schichtdicken von 0,25 bis 0,30 m ausgeführt. Für die Entwässerung über das Bankett wird eine Dicke von 0,25 m gewählt. Der Grund dafür besteht darin, dass gestörter Oberboden mit einer grösseren Dicke hinsichtlich der Belüftung ungünstig sein kann.

- **Tongehalt:** Die einzelnen Tonteile weisen eine grosse Oberfläche auf und liefern damit einen wichtigen Beitrag zur Filterwirkung. Der Ton kann jedoch die Durchlässigkeit vermindern. In der Literatur wird ein Tongehalt von 10–35% als günstig für die Wirkung als Bodenfilter angegeben. Abklärungen bei Experten im Bereich Bodenschutz haben ergeben, dass bei Oberboden, der abgebaut und wieder aufgetragen wird, ein Anteil von Ton von max. 20% zulässig ist. Bei einem hohen Tongehalt ist ein niedrigerer Siltgehalt zulässig.
- **Siltgehalt:** Der Silt erhöht das Speichervermögen von Wasser. Damit wird der Wasserhaushalt im Hinblick auf den Bewuchs günstig. Nachteilig ist jedoch bei einem grossen Siltgehalt die herabgesetzte Durchlässigkeit. Im Weiteren fördert ein grosser Siltgehalt das Kolmatieren. Die Praxis zeigt, dass bei Entwässerungen über das Bankett allgemein kein Kolmatieren auftritt. Basierend auf den vorhandenen Grundlagen sollte ein Siltanteil von 50% nicht überschritten werden.
- **Humusgehalt:** Humus entsteht durch den Stoffwechsel der Bodenlebewesen. Der Humus bewirkt die Bildung und Erhaltung eines stabilen Bodengefüges. Er gewährleistet damit den grossen Hohlraumgehalt des Oberbodens sowie das Speichervermögen und die Durchlässigkeit. Der Humus beteiligt sich zudem an chemischen und physikalischen Vorgängen wie der Bindung von Schadstoffen und liefert einen Beitrag zum Rückhalten von ungelösten und gelösten Schadstoffen.

- **Accotements avec gravier-gazon et grilles:** Le gravier-gazon avec grilles est réalisé de la même manière que le gravier-gazon. Une grille est simplement ajoutée en supplément. L'ensemble provoque, en plus de l'enracinement de la végétation, une sorte d'«armature». Cette solution apporte une amélioration de la portance du sol et de sa capacité à supporter le trafic. Les coûts sont cependant relativement élevés. Le volume de travail pour l'entretien de la surface herbeuse est réduit.
- **Accotements avec des éléments de grille-gazon:** La mise en place d'éléments de grille-gazon est utilisée surtout en Allemagne pour les accotements en bordure des routes principales. Les accotements ont une portance ainsi qu'une capacité de résistance importante vis-à-vis du trafic. Les coûts sont relativement élevés. On remplit l'espace entre les éléments de grilles avec un mélange d'horizon A et de mélange de sable dans le rapport 1:1 jusqu'à 1:3.

Filtre ou couches filtrantes

Construction

Les filtres des bassins filtrants sont en général réalisés avec un horizon A et rarement en plus avec un horizon B. L'horizon B sert comme barrière supplémentaire destinée à empêcher l'infiltration de substances polluantes dans le sous-sol. La pratique a cependant montré qu'il est difficile de réaliser de telles couches de manière à ce qu'elles soient filtrantes.

Les horizons A sont réalisés en général avec des couches de 0,25 à 0,30 m d'épaisseur. Pour l'évacuation par les bas-côtés, une épaisseur de 0,25 m peut être retenue. De plus grandes épaisseurs peuvent être défavorables car un horizon A trop épais et remanié empêche une aération suffisante du sol.

- **Teneur en argile:** Les particules d'argile ont une grande surface spécifique et fournissent ainsi un apport important à l'effet de filtration. L'argile peut cependant réduire de manière importante la perméabilité. Une teneur en argile de 10 à 35%, donnée dans la littérature, permet d'obtenir une bonne efficacité de filtre. Selon les renseignements pris auprès de spécialistes de la protection du sol, il est apparu que, pour des sols tassés et remis en place, la proportion d'argile ne devrait pas dépasser 20%. Pour un haut taux d'argile, on pourra abaisser la teneur en limons.
- **Teneur en limons:** Les limons augmentent la faculté de rétention en eau du sol. Cette retenue d'eau est favorable vis-à-vis de la végétation. Par contre, une grande teneur en limons a un effet défavorable sur la perméabilité. De plus, les limons provoquent un colmatage. La pratique a cependant montré qu'en général, il ne se produit pas de colmatage lors de l'évacuation par les bas-côtés. Sur ces bases, la teneur en limons ne devrait pas dépasser les 50%.
- **Teneur en humus:** L'humus provient d'une transformation de la matière au cours de la vie du sol. L'humus favorise la formation et le maintien d'une structure du sol stable. Elle assure une grande teneur en vide de l'horizon A et ainsi la capacité de rétention et la perméabilité. L'humus participe aux processus chimiques et physiques comme la liaison des substances polluantes et fournit un apport à la retenue des substances polluantes non diluées et diluées.

Ableitung des Abflusses in den Bodenfilter

Dämme, die aus bindigem Boden bestehen, werden heute allgemein mit Geräten verdichtet, welche eine sehr weitgehende Wasserundurchlässigkeit bewirken. Das Strassenabwasser kann somit ohne eine Abdichtung in den Bodenfilter eingeleitet werden.

Die Entwässerung über das Bankett im Fall von Strassen auf nichtbindigen Böden bedingen in jedem Fall Abdichtungen im Übergang vom Strassenbelag bis unter den Bodenfilter. In speziellen Fällen ist eine Abdichtung auf dem Planum vorzusehen. ■

Literatur

- [1] SN 640 200, Geometrisches Normalprofil; Allgemeine Grundsätze, Begriffe und Elemente.
- [2] SN 640 354, Strassenentwässerung; Entwässerung über das Bankett.
- [3] SN 640 355, Drainage; Projektierung.
- [4] SN 640 581, Erdbau, Boden; Grundlagen.
- [5] SN 640 582, Erdbau, Boden; Erfassung des Ausgangszustandes, Triage des Bodenaushubes.
- [6] SN 640 583, Erdbau, Boden; Eingriff in den Boden, Zwischenlagerung, Schutzmassnahmen, Wiederherstellung und Abnahme.
- [7] SN 640 744, Verkehrsflächen mit ungebundenem Oberbau; Ausführung und Erhaltung.
- [8] SIA 280, Kunststoffdichtungsbahnen – Kunststoff- und Elastomerbahnen – Geosynthetische Kunststoffdichtungsbahnen – Produkte- und Baustoffprüfung, Anwendungsgebiete.
- [9] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bodenschutz beim Bauen, Leitfaden Umwelt Nr. 10, Bern, 2001.
- [10] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Wegleitung – Gewässerschutz der Entwässerung von Verkehrswegen, Vollzug Umwelt, Bern, 2002.
- [11] Bankette bestehender Strassen – Untersuchung der Versickerung von Strassenabwasser über Strassenrandstreifen an einer bestehenden Strasse, Forschungsbericht Nr. 1121, Dübendorf, 2004.
- [12] Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Regenwasserentsorgung, Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten, Zürich, 2008.

Déversement des eaux dans le filtre

Les remblais, constitués de sols cohérents, sont compactés aujourd'hui avec des engins qui rendent les sols très imperméables. Les eaux évacuées peuvent donc être écoulées sans étanchéité vers la couche filtrante.

L'évacuation sur l'accotement, pour le cas de routes réalisées sur des sols non cohérents, nécessite la mise en place d'une étanchéité qui assurera la liaison entre le revêtement de la route et le dessous du filtre. Dans des cas spéciaux, on placera une étanchéité sur la plate-forme. ■

Littérature

- [1] SN 640 200, Profil géométrique type; Principes généraux, définitions et éléments.
- [2] SN 640 354, Evacuation des eaux de chaussées, évacuation sur l'accotement.
- [3] SN 640 355, Drainage; Etude des projets.
- [4] SN 640 581, Terrassement, sol; Bases.
- [5] SN 640 582, Terrassement, sol; inventaire de l'état initial, tri des matériaux terreux manipulés.
- [6] SN 640 583, Terrassement, sol; emprise, stockage intermédiaire, mesures de protection, remise en place et restitution.
- [7] SN 640 744, Surfaces de circulation à superstructures sans liants; Exécution et entretien.
- [8] SIA 280, Lès d'étanchéité en matière synthétique – Lès en matière synthétique et à base d'élastomères – Lès d'étanchéité géosynthétiques polymériques.
- [9] Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEPF); Construire en préservant les sols, guides de l'environnement n° 10, Berne 2001.
- [10] Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEPF); instructions – Protection des eaux lors de l'évacuation des eaux de voies de communication, Berne, 2002.
- [11] Bas-côtés de routes existantes, rapport de recherche n° 1121, Dübendorf, 2004.
- [12] Association suisse des professionnels de la protection des eaux VSA; évacuation des eaux pluviales, Directives sur l'infiltration, la rétention et l'évacuation des eaux pluviales dans les agglomérations, Zurich, 2008.