



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt,
Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Dokumentation

Ausgabe 2015 V1.20

Versickerungspotenzial für das Strassenabwasser entlang der Böschungen der Nationalstrassen

ASTRA 88011

ASTRA OFROU USTRA UVIAS

Impressum

Autor(en)/Arbeitsgruppen

Boivin Pascal (hepia Genf, Projektleiter)
Dubois Alain (hepia Genf, GIS-Experte)
Gondret Karine (hepia Genf, Wissenschaftliche Assistentin)

Begleitgruppe

Trocme Maillard Marguerite (Vorsitz und Herausgabe)
Angst Thomas (ASTRA, Abteilung Infrastruktur F4)
Cerf Yan (ASTRA, Abteilung Direktionsgeschäfte, Informatik)
Delorenzi Massimo (ASTRA, Abteilung Infrastruktur, F5)
Gasser Frédéric (ASTRA, Abteilung Infrastruktur, F2)
Linder Laurent (ASTRA, Abteilung Infrastruktur, Betrieb)
Lochmatter Patrick (ASTRA, Abteilung Infrastruktur, F2)
Würmli Sabine (ASTRA, Abteilung Strassenetze, Trasse)
Zeh Eva-Maria (ASTRA, Abteilung Infrastruktur, FU)
Havlicek Elena (BAFU, Boden)
Lehmann Sébastien (BAFU, Gewässerschutz)
Krebs Rolf (ZHAW)

Übersetzung (Originalfassung auf Französisch)

Herausgeber

Bundesamt für Strassen ASTRA
Abteilung Strassenetze N
Standards und Sicherheit der Infrastruktur SSI
3003 Bern

Vertrieb

Das Dokument kann unter www.astra.admin.ch unentgeltlich heruntergeladen werden.

© ASTRA 2015

Die Vervielfältigung dieser Publikation ist nur für eine nicht kommerzielle Nutzung und unter Angabe der Quelle gestattet.

Vorwort

Seit 2002 empfiehlt der Bund, das Strassenabwasser vorrangig über die Bankette zu entwässern. Sofern die Böden der Böschungen günstige Eigenschaften aufweisen wirken sie als Filter und reinigen das Sickerwasser, indem sie Schadstoffe zurückhalten.

Das Versickerungspotenzial für das Strassenabwasser hängt sowohl von der Dimension und Geometrie der Böschung, als auch von den Eigenschaften des Bodens und der Vegetationsdecke ab.

Positive Erfahrungen wurden bereits bei der Autobahn A9 gesammelt, wo am Fusse der Böschungen Infiltrationsgräben angelegt wurden.

Es zeigte sich aber auch, dass Ingenieure bei stark befahrenen Strassen oft zögern, von dieser Möglichkeit Gebrauch zu machen – sei es aufgrund von Vorbehalten oder mangels Erfahrung.

Aus diesem Grund hat das Bundesamt für Strassen (ASTRA) beschlossen, das Versickerungspotenzial für Strassenabwasser von Böschungen entlang der Nationalstrassen (NS) zu kartieren. Die daraus resultierende Karte soll Ingenieuren als Praxishilfe dienen.

Die Karte wurde anhand verschiedener Daten (Luftbildauswertungen, Karten und Bodenuntersuchungen) erarbeitet und weist Streckenabschnitte aus, auf denen eine Entwässerung über die Bankette aufgrund der räumlichen und bodenspezifischen Gegebenheiten in Betracht gezogen werden kann. Sie kann über das MISTRA Basissystem bezogen werden. Der vorliegende Bericht erläutert, wie das Versickerungspotenzial evaluiert wurde und wie die Karte in der Praxis angewendet wird.

Bundesamt für Strassen

Marguerite Trocmé Maillard
Fachverantwortliche Umwelttechnik

Inhaltsverzeichnis

Impressum	2
Vorwort	3
1 Einleitung	7
1.1 Zweck dieses Dokuments.....	7
1.2 Geltungsbereich	7
1.3 Adressaten.....	7
1.4 Publikation und Änderungen	7
2 Entwässerung über die Bankette	8
2.1 Grundlagen	8
2.2 Erkenntnisse aus 20 Jahren Strassenentwässerung entlang der Schulter der A9	8
2.3 Neue Anforderungen in Bezug auf die Bodenversickerung	8
3 Methodik	10
3.1 Eignungskriterien.....	10
3.1.1 Oberflächenzustand	10
3.1.2 Geometrie.....	11
3.1.3 Tongehalt	12
3.1.4 Grundwasserschutzzone	12
3.2 Typologie der Böschungen.....	13
4 Resultate	14
4.1 Kartiertes Netz.....	14
4.2 Kartierung des Versickerungspotenzials.....	15
5 Umsetzung	17
5.1 Anwendung der Karte	17
5.1.1 Visuelle Darstellung der Resultate	17
5.2 Vorgehensweise im Gelände	19
5.2.1 Kontrollen auf den grünen (günstigen) Abschnitten der Nationalstrassen	19
5.2.2 Kontrollen auf den orangen (unbestimmten) und roten (ungünstigen) Abschnitten der Nationalstrassen.....	20
5.3 Kurze Abschnitte: mögliche Behandlung	21
5.4 Beispiele von Infiltrationsgräben	22
Anhänge	25
Glossar	35
Bibliographie	36
Danksagung	37
Auflistung der Änderungen	39

1 Einleitung

Die vorliegende Publikation ist eine Erläuterung zur Karte des Versickerungspotenzials von Böschungen für Strassenabwasser entlang der Nationalstrassen (NS). Die Karte beruht auf der ASTRA Richtlinie 18005 „Strassenabwasserbehandlung an Nationalstrassen“ [3]. Der Bericht erklärt, wie die Karte zu verstehen und anzuwenden ist.

1.1 Zweck dieses Dokuments

Dieses Dokument erläutert die Anwendung der Karte des Versickerungspotenzials für Strassenabwasser entlang der Böschungen der NS, welche im MISTRA Basissystem als externer Layer zur Verfügung steht. Einleitend wird die Methodik zur Analyse des Versickerungspotenzials kurz beschrieben. Eine ausführliche Beschreibung der Methodik ist dem Dokument ASTRA 88006 „Versickerung des Strassenabwassers der Nationalstrassen über den Strassenrand“ [4] zu entnehmen. Kernstück der vorliegenden Dokumentation ist eine detaillierte Beschreibung darüber, wie die neu erstellte Karte für die Beurteilung des Versickerungspotenzials von Böschungen in der Praxis eingesetzt werden kann. Des Weiteren werden Spezialfälle erläutert und Empfehlungen zur Durchführung von Kontrollen auf den verschiedenen Streckenabschnitten abgegeben.

1.2 Geltungsbereich

Die Karte des Versickerungspotenzials der Böschungen für Strassenabwasser entlang der NS dient als Grundlage für Vorstudien zur Strassenentwässerung. Das Potenzial für eine Entwässerung der Strassen über die Bankette und eine Versickerung des Strassenabwassers in den Böschungen wurde für die im Jahr 2014 in Betrieb stehenden, offenen Abschnitte des schweizerischen Nationalstrassennetzes evaluiert. Tunnel und Brücken wurden nicht betrachtet. Die NS im Kanton Basel-Stadt befinden sich in stark besiedeltem Gebiet und wurden aus diesem Grund nicht kartiert. Die Kartierung erfolgte zwischen 2013 und 2014. Die Ergebnisse behalten ihre Gültigkeit, solange die Geometrie der Strassen, der Bankette und der Böschungen seit dem geprüften Zustand von 2014 unverändert bleibt.

Die hier erläuterte Karte unterscheidet sich wesentlich von den Karten zur Bodendurchlässigkeit und zum Erosionsrisiko, die auf dem Geoportal des Bundes (map.geo.admin.ch) [7] präsentiert werden. Letztere dienen vornehmlich als Grundlage zur Bewirtschaftung und zur Risikoevaluation landwirtschaftlich genutzter Flächen. Für Infrastrukturprojekte sind sie nicht geeignet.

1.3 Adressaten

Dieses Dokument und die Karte, die im MISTRA Basissystem bezogen werden kann, dienen Projektleitern und Ingenieuren als praktische Hilfsmittel für die Evaluation verschiedener Varianten der Strassenentwässerung.

1.4 Publikation und Änderungen

Die vorliegende Dokumentation erscheint am 30.05.2016. Die „Auflistung der Änderungen“ befindet sich auf Seite 39.

2 Entwässerung über die Bankette

2.1 Grundlagen

In der Wegleitung „Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen“ des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) von 2002 [6] wird als angestrebte Massnahme empfohlen, das Strassenabwasser über die Böschung versickern zu lassen. Diese Art der Entwässerung unterliegt allerdings bestimmten Rahmenbedingungen bezüglich der Eigenschaften des Bodens und des Grundwasserschutzes.

Hauptziel dieser Entwässerungsmethode ist es, Schadstoffpartikel des Sickerwassers in den oberflächennahen Schichten der Schulter zurückzuhalten. Die räumlichen Dimensionen der Strassenränder sowie deren Bodenbeschaffenheit sind hierfür von grosser Bedeutung.

2.2 Erkenntnisse aus 20 Jahren Strassenentwässerung entlang der Schulter der A9

Im Rahmen der Erneuerung des Strassenentwässerungsnetzes entlang der A9 wurde eine Studie zur Versickerung des Abwassers entlang der Schulter durchgeführt. Die dort erhobenen Bodeneigenschaften der Böschungen entsprachen nicht den Empfehlungen des BAFU, wie sie in der Wegleitung „Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen“ von 2002 für eine effiziente Entwässerung beschrieben sind [6]. Die betroffenen Walliser Böden enthielten maximal 7 % Ton, während die Wegleitung einen Tongehalt von 10 bis 35 % empfiehlt. Versuche und Beobachtungen der Versickerung entlang der A9 nach 20 Jahren Betrieb zeigten jedoch, dass die Sandlehm Böden des Wallis (mit einem Tongehalt von 5 bis 10 %) hervorragende Schadstoffretentionseigenschaften aufweisen. Die Resultate der Studie zeigten, dass ein Grossteil der Schadstoffe aus dem Strassenabwasser in den obersten 10 cm des Bodens in Fahrbahnnähe fixiert wurde. Die wichtigsten Schlussfolgerungen wurden im Artikel „Depuration of highway runoff water into grass-covered embankments“ [10] publiziert.

Schadstoffe aus Strassenabwässern (organische Schadstoffe und Schwermetalle) bestehen zu ungefähr 90 % aus Mikropartikeln. Damit ein Boden als Schadstofffilter effektiv wirken kann, muss das Bodenmaterial einen möglichst hohen Anteil an feinen Poren aufweisen (5-50 Mikrometer).

Die vom BAFU empfohlenen tonreichen Böden (über 25 % Ton) haben eher schon zu feine Poren, als dass sie die Mikropartikel noch herausfiltern könnten und bilden tendenziell ein grosses, grobes Gefüge aus, was eine präferentielle Infiltration (Bypass Flow) begünstigt. Zudem sind diese Böden aufgrund ihres hohen Tongehalts verdichtungsempfindlich und erfordern einen sorgsameren Umgang. Sandlehm Böden (mit einem Tongehalt von 5 bis 10 %) scheinen eine günstigere Filterwirkung zu haben. Ausserdem ermöglicht ein neutraler pH, welcher in karbonathaltigen Böden immer gegeben ist, eine Stabilisierung der Schwermetalle. Schliesslich akkumulieren sich die Schadstoffe vorwiegend in der obersten Bodenschicht. Der Boden wird so langsam belastet, dass eine Versickerung jahrzehntelang möglich ist, ohne die Prüf- und Sanierungswerte nach der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo [2]) zu überschreiten.

2.3 Neue Anforderungen in Bezug auf die Bodenversickerung

Die Erkenntnisse der Studie haben dazu geführt, dass die Empfehlungen zur Bodentextur für eine effektive Filterwirkung und Versickerung des abfliessenden Strassenabwassers revidiert wurden. Die neuen Empfehlungen bezüglich Korngrössenverteilung erlauben Sand-Lehm-Texturen (mit einem Tongehalt von 5 bis 10 %). Die ASTRA Richtlinie 18005 „Strassenabwasserbehandlung an Nationalstrassen“ [3] übernimmt sämtliche notwendigen Aspekte zur Behandlung des Strassenabwassers. In Absprache mit dem BAFU werden die neusten Empfehlungen in Bezug auf die Versickerung entlang der Böschungen vorgestellt.

Es bestehen folgende Unterschiede zwischen dem Anhang IV.1 der ASTRA Richtlinie 18005 [3] und der VSA (2002) [8]:

- Der Gehalt an organischer Substanz eines Wiesenbodens stabilisiert sich auf natürliche Weise bei einem Tongehalt (g/g) von mehr als 10 % [11]. Es ist demzufolge unnötig oder sogar problematisch, einen Gehalt an organischer Substanz unabhängig vom Boden festzulegen, um die biologische Aktivität des Bodens zu gewährleisten. Aus diesem Grunde wird, im Unterschied zur VSA Richtlinie (2002) [8], der Gehalt an organischer Substanz in der Richtlinie „Strassenabwasserbehandlung an Nationalstrassen“ [3] nicht spezifiziert;
- Das Wasser wird von der Fahrbahn über das Bankett zur Böschung hin abgeleitet und versickert dort lateral durch den Ober- und Unterboden bis zur Böschungsbasis. Dementsprechend zirkuliert das Wasser durch eine beachtliche Mächtigkeit des Ober- und Unterbodens. Aus diesem Grund stimmen die empfohlenen Mächtigkeiten in der VSA (2002-2008) [8], [9] und der ASTRA Richtlinie 18005 (2013) [3] nicht überein. Die in der Richtlinie 18005 empfohlene Mächtigkeit berücksichtigt auch Stabilitätsanforderungen der Böschung;
- An der Autobahn A9 im Rhonetal liegt der Grundwasserspiegel des Infiltrationsgrabens oft weniger als einen Meter unter der Böschungsbasis. Weil das Wasser jedoch zuerst lateral durch den Ober- und Unterboden der Böschung sickert, akzeptiert das BAFU diesen Unterschied gegenüber der VSA Richtlinie (2002);
- Der Schwellenwert von maximal 25 % Ton ist toleranter als die Infiltrationsempfehlungen des VSA 2008 [9], aber strenger als die des VSA 2002 [8]. Dieser Schwellenwert wird in Bezug auf das Risiko präferenzialer Infiltration definiert. Der präferenziale Fluss von Wasser im Boden entspricht dem raschen Abfluss des Wassers innerhalb der groben Poren. Diese Art der Versickerung minimiert die Dauer des Kontaktes zwischen dem Boden und dem Wasser (Bypass), was dazu führt, dass die Filterfunktion des Bodens nicht zum Tragen kommt. Ausserdem kann bei mehr als 25 % Tonanteil die Durchlässigkeit des Bodens stark eingeschränkt sein (wenn keine offene strukturelle Porosität besteht).

Es ist unbedingt zu beachten, dass eine Bodenbedeckung, bestehend aus gut entwickelter Gras- und Krautvegetation, für die Aufrechterhaltung der Filterfunktion des Bodens unabdingbar ist. Die Vegetation, sowie eine Textur mit geringem Tonanteil (weniger als 25 %), gewährleisten eine gute Sickerleistung, sofern das Bodenmaterial beim Bodenauftrag nicht verdichtet wurde (Umgang in Übereinstimmung mit „Bodenschutz im Bauen“, BAFU, 2001 [5]). In gleichem Masse gewährleistet das Vorhandensein einer Wiesenvegetation einen optimalen Gehalt an stabiler organischer Substanz. Das organische Material spielt für die Reinigungswirkung des Bodens eine wichtige Rolle.

Damit das Strassenabwasser leicht abfliessen kann, müssen Strasse, Bankett und Böschung über ein genügend grosses Gefälle verfügen. Zudem muss eine ausreichende Infiltrationsfläche vorhanden sein, damit das Abwasser vollständig versickern kann. Zu diesem Zweck wurden die Böschungen der A9, die für die Versickerung des Strassenabwassers bestimmt sind, durch einen Infiltrationsgraben ergänzt. So können die stärksten Niederschläge zurückgehalten werden. Zusätzlich bietet solch ein Graben Sicherheit im Falle eines schwerwiegenden Unfalls.

3 Methodik

In der ASTRA Dokumentation 88006 „Versickerung des Strassenabwassers der Nationalstrassen über den Strassenrand“ [4] ist die Methodik zur Kartierung des Versickerungspotenzials von Strassenabwasser ausführlich beschrieben.

Abbildung 3.1 stellt die in diesem Bericht benutzten Begriffe zur Beschreibung der Grundelemente der NS schematisch dar.

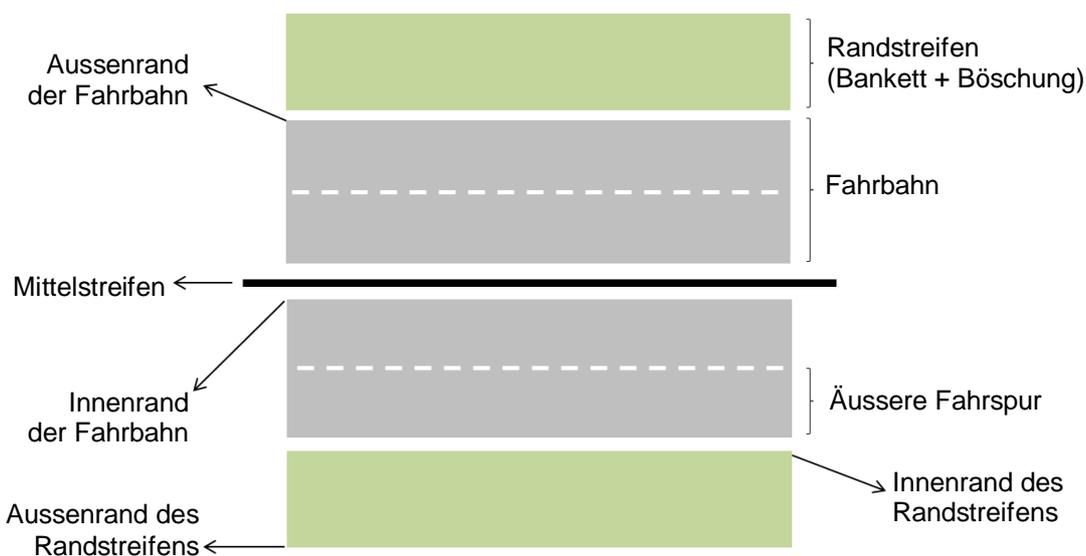


Abb. 3.1 In diesem Bericht benutzte NS-Terminologie.

3.1 Eignungskriterien

Die folgenden vier Hauptkriterien sind für die Eignung des Randstreifens (Bankett und Böschung) für die Versickerung des Strassenabwassers entscheidend:

- Der **Oberflächenzustand** des Bodens (die Oberfläche muss von Wiesenvegetation bedeckt sein);
- Die **Geometrie** der äusseren Fahrspur und des angrenzenden Randstreifens (das Abwasser der Fahrbahn muss zum Aussenrand des Banketts hin abfliessen können, die Böschung muss eine ausreichende Grösse aufweisen);
- Der **Tongehalt** des Bodens (weniger als 25 %);
- Der **Schutzstatus des Grundwassers** im Böschungsbereich.

Es muss beachtet werden, dass gemäss Gewässerschutzgesetz [1] die Einleitung des Strassenabwassers in den Zonen S1 (Fassungsbereich) und S2 (engere Schutzzone) untersagt ist und dass sie in der Zone S3 (weitere Schutzzone) restriktiven Kriterien unterstellt ist.

3.1.1 Oberflächenzustand

Der Oberflächenzustand beschreibt die Beschaffenheit der Bodenbedeckung der Böschungen.

Der Oberflächenzustand ist ein wichtiges Kriterium, da dieser Zustand die Versickerungs- und Abwasserbehandlungsfähigkeiten der Böschungen bestimmt.

Böschungen müssen unter allen Umständen von einer dichten und permanenten Wiesenvegetation bedeckt sein, um in Bezug auf den Oberflächenzustand günstige Versickerungsbedingungen aufzuweisen. Laut den allgemeinen Richtlinien ([8], [3]) ist

dies der einzige Oberflächenzustand, der einen biologisch aktiven Boden und somit eine ausreichende Filterwirkung gewährleisten kann. Unter einer permanenten und ungepflügten Wiesenbedeckung ist die biologische Aktivität optimal.

Die Typologie des Oberflächenzustandes der Böschung weist zwei Kategorien auf :

Kartografischer Code	Beschreibung	Einfache Beschreibung	Versickerungspotenzial aufgrund des Oberflächenzustandes
1	Auf mehr als 2 m begrünte Böschung	Begrünt	Günstig
2	Auf weniger als 2 m begrünte Böschung	Nicht begrünt	Ungünstig

Abb. 3.2 Typologie des Versickerungspotenzials aufgrund des Oberflächenzustandes.

3.1.2 Geometrie

Die Geometrie beschreibt das Quergefälle der äusseren Fahrspur der Fahrbahn (Abb. 3.3) und des angrenzenden Randstreifens.

Aus hydrodynamischer Sicht ist die Geometrie ein wichtiges Kriterium. Sie bestimmt im Wesentlichen die Abflusswege des Strassenabwassers über die Bankette in die Böschungen.

NS in Dammlage mit abfallenden Böschungen, die im Minimum einen Meter breit sind, weisen in Bezug auf die Geometrie günstige Versickerungsbedingungen auf [3], sofern zwischen Fahrbahn und Böschung keine Hindernisse bestehen (siehe Abb. 3.3).

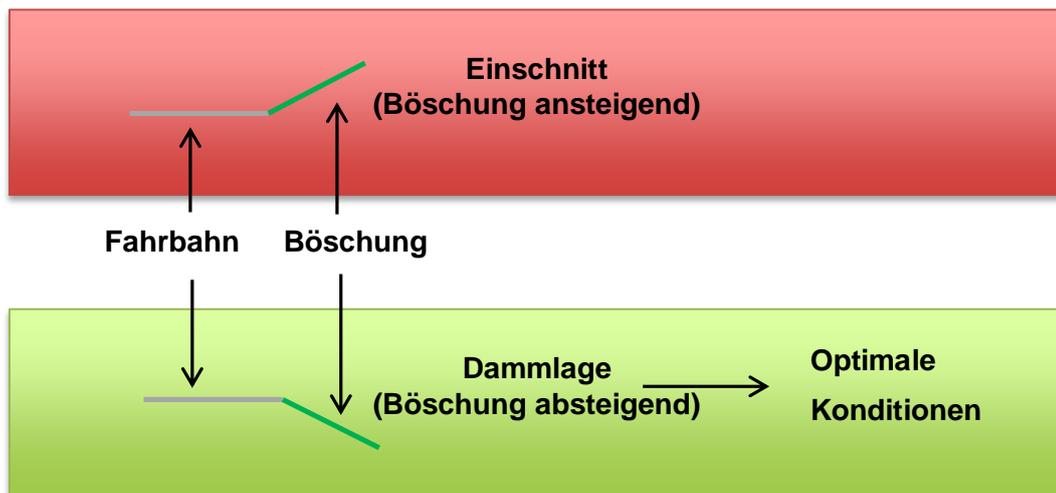


Abb. 3.3 Einfluss unterschiedlicher Geometrien der Fahrbahn und der Bankette/ Böschungen auf das Versickerungspotenzial (NS: Nationalstrasse).

Die Typologie der Geometrie der Böschung weist drei Kategorien auf :

Kartografischer Code	Beschreibung	Einfache Beschreibung	Versickerungspotenzial aufgrund der Geometrie
CH1_BC1	Dammlage mit mindestens 1 m absteigender Böschung	Absteigende Böschung (mindestens 1 m laterale Ausdehnung)	Günstig
BC4	Einschnitt	Ansteigende Böschung	Ungünstig
CH1_BC2	Kleiner Einschnitt, gefolgt von unbestimmtem Damm	Bedingungen unbestimmt	Unbestimmt
CH2_BC??	Unbestimmte Oberflächengeometrie		
CH2_BC1	Unbestimmtes Gefälle		

Abb 3.4 Typologie des Versickerungspotenzials aufgrund der Geometrie.

Der Begriff „unbestimmt“ bedeutet in der verwendeten Typologie, dass die Ausprägung der Eigenschaft mit der angewendeten Methode nicht eindeutig bestimmt werden kann. Folgende geometrische Typen wurden der Kategorie „unbestimmtes Versickerungspotenzial“ zugeordnet, weil die Höhenunterschiede dieser drei geometrischen Typen unterhalb der Nachweisgrenze der angewendeten Methode liegen (diese Grenze beträgt 0.2 m): „Kleiner Anstieg gefolgt von unbestimmtem Gefälle“, „Unbestimmte Ebene“ und „Unbestimmtes Gefälle“.

3.1.3 Tongehalt

Der Tongehalt bezeichnet den Tonanteil [%] der mineralischen Feinerde eines Bodens.

Der Tongehalt ist weiteres wichtiges Kriterium, welches das Versickerungspotenzial und die Filterwirkung eines Bodens bestimmt.

Der Tongehalt darf den in der Richtlinie „Strassenabwasserbehandlung an Nationalstrassen“ [3] festgelegten Schwellenwert von 25 % nicht überschreiten (Abb. 3.5). Bei über 25 % Ton begrenzt die präferenzielle Infiltration nach Bildung von Schwundrissen und strukturellen Poren die Filterwirkung der Böden.

Kartografischer Code	Beschreibung	Versickerungspotenzial aufgrund des Tongehaltes
1	Weniger als 25 % Ton	Günstig
2	Mehr als 25 % Ton	Ungünstig

Abb. 3.5 Typologie des Versickerungspotenzials aufgrund des Tongehaltes.

3.1.4 Grundwasserschutzzonen

Gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV) [1] ist die Versickerung von Strassenabwässern im Fassungsbereich S1 sowie in der weiteren Schutzzone (S2) verboten und in der engeren Schutzzone (S3) restriktiven Kriterien unterstellt.

Die Einleitung von Strassenabwässern in Böschungen, die sich ausserhalb der Grundwasserschutzzonen (S1, S2, S3) befinden, ist unter Berücksichtigung der Gewässerschutzverordnung (GSchV) [1] möglich.

Die Einleitung von Strassenabwässern in Böschungen, die sich innerhalb der Grundwasserschutzzone S3 befinden, darf unter Berücksichtigung der Gewässerschutzverordnung (GSchV) [1] nur unter Vorbehalt erfolgen.

Der Status einiger Gewässerschutzzonen ist noch provisorisch. Dieses Kriterium wird in der Karte folglich in einer separaten Ebene berücksichtigt, das bei der Umsetzung noch überprüft werden muss (siehe 5 Teil).

3.2 Typologie der Böschungen

Damit ein Versickerungspotenzial insgesamt als „günstig“ beurteilt wird, muss es aufgrund jedes einzelnen Kriteriums als „günstig“ eingestuft worden sein. Sobald nur eines der drei Kriterien als „ungünstig“ oder „unbestimmt“ eingestuft wird, wird auch das gesamte Versickerungspotenzial als „ungünstig“ bzw. „unbestimmt“ kategorisiert (Abb. 3.6).

Oberflächen-zustand	Geometrie	Tongehalt	Versickerungspotenzial gemäss den 3 Kriterien
Günstig (begrünt)	Günstig (min. 1 m absteigend)	Günstig (weniger als 25 % Ton)	Günstig
Günstig (begrünt)	Günstig (min. 1 m absteigend)	Ungünstig (mehr als 25 % Ton)	Ungünstig
Günstig (begrünt)	Unbestimmt (unbestimmte Oberflächengeometrie)	Günstig (weniger als 25 % Ton)	Unbestimmt

Abb 3.6 Drei Beispiele der Typologie des Versickerungspotenzials auf der Grundlage der drei in der Evaluation berücksichtigten Kriterien: Oberflächenzustand, Geometrie und Tongehalt.

4 Resultate

4.1 Kartiertes Netz

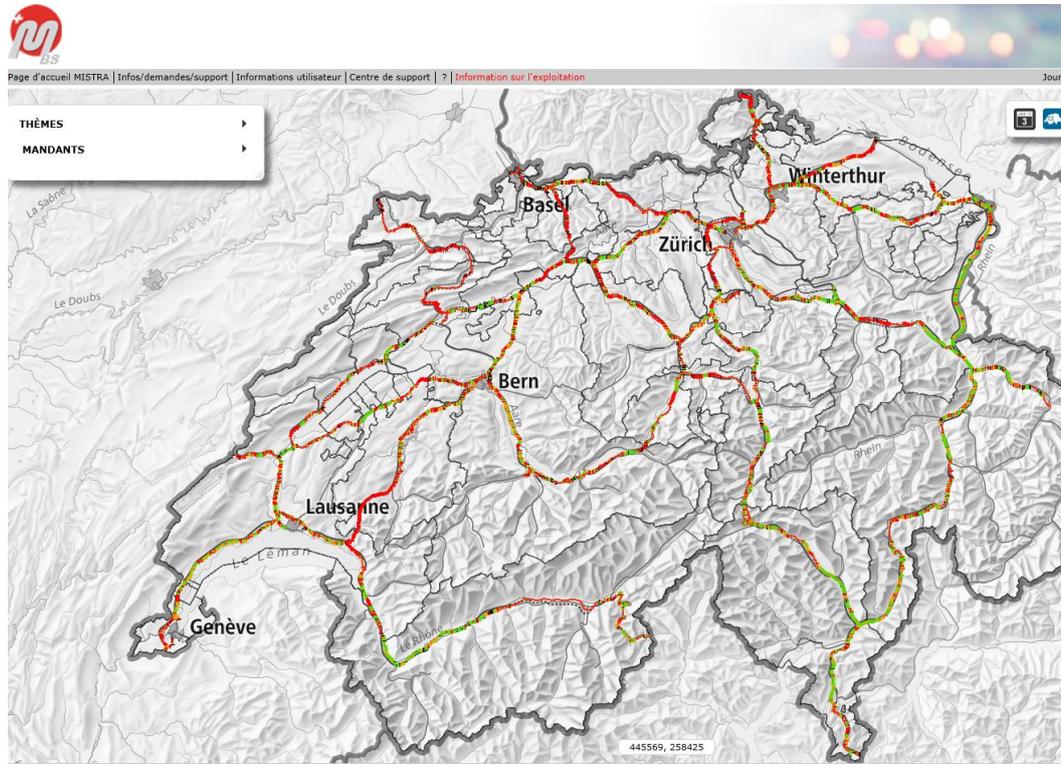


Abb. 4.1 Überblick des kartierten Netzes.

Das Versickerungspotenzial von Böschungen für Strassenabwässer wurde für die im Jahr 2014 in Betrieb stehenden, offenen Abschnitte des schweizerischen Nationalstrassennetzes evaluiert. 7 % der Randstreifen auf offenen Strecken konnten nicht mit der angewendeten GIS Methode bestimmt werden. Die Versickerungspotenziale dieser Abschnitte wurden deshalb nicht charakterisiert.

4.2 Kartierung des Versickerungspotenzials

Die Kartierung des Versickerungspotenzials wurde entlang der Nationalstrassen, ohne Berücksichtigung von Tunnel- und Brückenzonen, durchgeführt.

Filiale	Günstiges Infiltrationspotential (in %)	Unbestimmtes Infiltrationspotential (in %)	Ungünstiges Versickerungspotenzial (in %)
Bellinzona	51 <u>49</u>	28 <u>26.7</u>	21 <u>20.4</u>
Estavayer-le-Lac	26 <u>25.2</u>	20 <u>19.7</u>	53 <u>51.1</u>
Thun	40 <u>38.8</u>	25 <u>24.1</u>	35 <u>34.1</u>
Winterthur	35 <u>32.9</u>	21 <u>20.2</u>	44 <u>42.7</u>
Zofingen	29 <u>28.3</u>	19 <u>18.6</u>	52 <u>50.2</u>
Alle Filialen	35 <u>31</u>	22 <u>19</u>	43 <u>40</u>

Abb. 4.2 Versickerungspotenzial nach Filialen und für das gesamte Netz, in Prozent des untersuchten Nationalstrassennetzes. Die fettgedruckten, unterstrichenen Zahlen entsprechen den Abschnittanteilen, die sich pro Filiale ausserhalb der Grundwasserschutzzonen S1, S2 und S3 befinden. Zu beachten ist, dass es sich dabei um Richtwerte handelt, da die Lage der Grundwasserschutzzonen innerhalb der verschiedenen Kantone nicht immer definitiv ist.

Einzelheiten zu den Ergebnissen nach Filiale befinden sich in Anhang II.



Abb 4.3 „Infiltrationsgünstige Böschung“ am Standort „ZHAW-104“ (Bild: Simon Amrein, ZHAW).



Abb. 4.4 „Schulter mit unbestimmter Versickerung“ am Standort „ZHAW-107“ (Bild: Simon Amrein, ZHAW).



Abb. 4.5 „Infiltrationsungünstige Böschung“ am Standort „ZHAW-134“ (Bild: Simon Amrein, ZHAW).

5 Umsetzung

5.1 Anwendung der Karte

5.1.1 Visuelle Darstellung der Resultate

Die Karte ist im MISTRA Basissystem abrufbar: <http://mistra-bs-web-p.astra.admin.ch>.

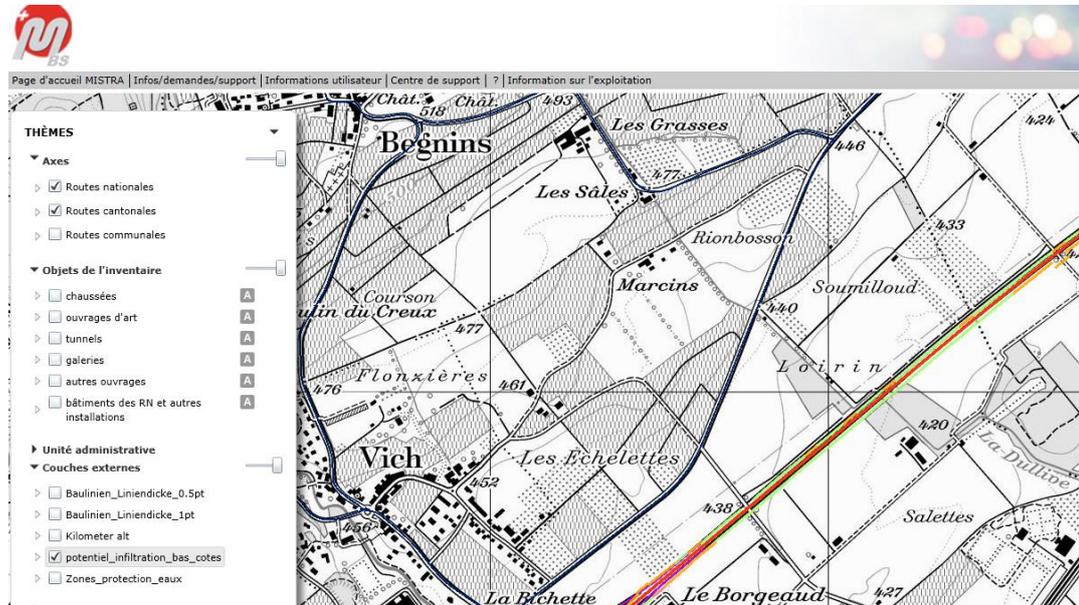


Abb. 5.1 Auszug MISTRA BS.



Abb. 5.2 Beispiel der visuellen Darstellung der Ergebnisse.

Versickerungspotenzial Der Böschung	Farbe zur Darstellung des Versickerungspotenzials
Günstig	Grün
Ungünstig	Rot
Unbestimmt	Orange
Nicht ermittelt	Schwarz

Abb. 5.3 In der Karte verwendete Farben zur Darstellung des Versickerungspotenzials der Böschung.

Visuelle Darstellung der Ergebnisse im Bereich der Grundwasserschutzzonen:

Die kantonalen Kartengrundlagen zum Grundwasserschutz (S1, S2 und S3 Schutzzonen), die während der Studie im Jahr 2014 zur Verfügung standen, können sich im Laufe der Zeit ändern. Die Grenzen der Grundwasserschutzzonen, die in der Informationsebene „potenzielle Grundwasserschutzzone“ dargestellt sind, sind demnach möglicherweise nicht dauerhaft gleichbleibend.

Deshalb wurde entschieden, die Grundwasserschutzzonen nicht direkt in die Ergebnisse der Versickerungseignung der Böschungen einfließen zu lassen, um die Möglichkeit von Anpassungen im Bereich des Grundwasserschutzes nicht zu verlieren. **Es wird darauf hingewiesen, dass die Versickerung von Strassenabwasser in den Zonen S1 und S2 gemäss GSchV ausdrücklich verboten ist [1].** So muss eine grüne Zone (Versickerungspotenzial der Böschung „günstig“) des Versickerungspotenzials in der S1 oder der S2 Zone als ungünstig erachtet werden. In der Zone S3 ist die Versickerung für einen hohen DTV ebenfalls ungünstig (siehe Empfehlungen des BAFUs).

Die aktuellen Grundwasserschutzzonen sind bei jeder Anwendung zu prüfen. Es liegt in der Verantwortung des Projektleiters, die neuste Version dieser Informationsebene bei den zuständigen kantonalen Behörden zu besorgen, bevor auf einem Streckenabschnitt eine Versickerung über die Böschung in Erwägung gezogen wird.

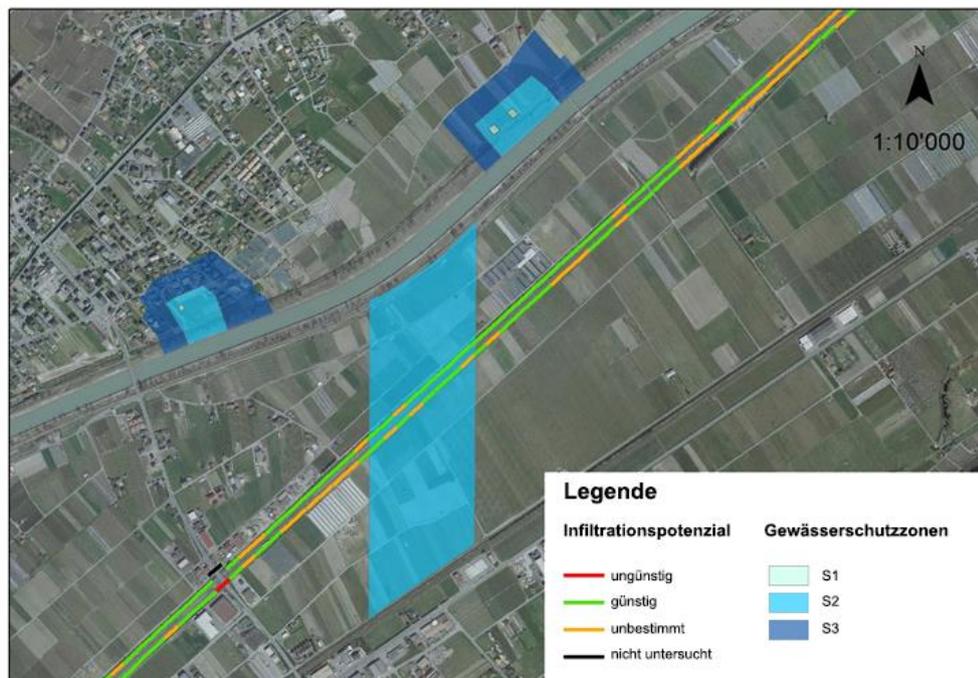


Abb. 5.4 Visuelle Darstellung der Ergebnisse in Grundwasserschutzzonen.

Die Kartierung des Versickerungspotenzials des Strassenabwassers wurde mit einer Auflösung von 50 m entlang der Nationalstrassenachsen erstellt. Eine 50 m kleine Infiltrationszone macht aus Sicht des Betriebsaufwands meistens keinen Sinn. **Die Auslegung und Umsetzung der Versickerungspotenzialkarte liegt in der**

Verantwortung der Filialen, die über die minimale Länge eines Infiltrationsabschnittes entscheiden.

5.2 Vorgehensweise im Gelände

Bevor die als günstig eingestuften Abschnitte (grüne Abschnitte auf der Karte) für die Strassenentwässerung über die Bankette eingesetzt werden können, müssen sie einer gründlicheren Analyse der Infiltrationsmöglichkeiten unterzogen werden.

In diesem Kapitel wird erklärt, (i) welche einfachen Kontrollen im Gelände durchzuführen sind, um mögliche Unschärfen der Karte aufzudecken und (ii) welche zusätzlichen Massnahmen notwendig sind, bevor über einer Entwässerung über die Bankette entschieden werden kann.

Die Versickerungspotenzialkarte geht aus einer GIS-Analyse mit Kontrollen im Gelände hervor und ist dementsprechend nicht zu 100 % verlässlich (siehe Anhang I). So müssen zuerst zusätzliche Geländekontrollen durchgeführt werden, um die Zweckmässigkeit der Versickerung auf einem bestimmten Abschnitt zu bestätigen.

Die Zuverlässigkeit der Karte für die berücksichtigten Kriterien beträgt 80 % für den Oberflächenzustand, 65 % für die Geometrie und 79 % für den Tongehalt (siehe Anhang I, Zuverlässigkeit der Kartierung).

5.2.1 Kontrollen auf den grünen (günstigen) Abschnitten der Nationalstrassen

Folgende Punkte müssen geprüft werden, bevor bei einem als günstig eingestuften Abschnitt eine Entscheidung zur Wahl des Entwässerungssystems getroffen werden kann:

a. Visuelle Kontrolle des Oberflächenzustandes und der Geometrie der Bankette und Böschungen entlang des Trassees:

- Der begrünte Randstreifen muss auf einer Breite von mindestens 1 m von der Fahrbahn im Damm verlaufen (minimale hydraulische Dimensionierung für eine vierspurige Nationalstrasse und eine dem Wallis entsprechenden Niederschlagsmenge).

b. Prüfung der hydrologischen Verhältnisse:

- Kontrolle des Grundwasserspiegels (mindestens 1 m Tiefe) und Beachten von Grundwasserschutzonen. Eine Versickerung in den Zonen S1 und S2 ist verboten. Eine Versickerung in der Zone 3 ist Einschränkungen unterstellt, die in der VSA Richtlinie beschrieben sind ([8], [9]);
- Die Einrichtung eines Infiltrationsgrabens am Ansatz der Böschung muss geprüft werden (empfohlene Massnahme).

Gemäss VSA darf sich der Grundwasserspiegel nicht weniger als 1 m unter der Versickerungsoberfläche befinden. Hier handelt es sich um einen Sonderfall, da die Infiltration lateral durch die Ober- und Unterböden der Böschungen erfolgt und nicht am Böschungsfuss. So befinden sich die Versickerungsgräben der Böschungen entlang der A9 im Wallis manchmal weniger als 1 m über dem Grundwasserspiegel. Es wurde aber gezeigt, dass aufgrund der Breite der Versickerungsfläche nur sehr wenig abfliessendes Niederschlagswasser von den Nationalstrassen tatsächlich diesen Gräben erreicht und dass dieses Strassenabwasser beim Durchqueren der Deckschicht gefiltert wird. Bei Bedarf sollte dieser Punkt von einem Hydrologen begutachtet werden.

c. Bodenkundliche Untersuchung (durchschnittlich alle 2 km):

Diese Überprüfung muss von einer ausgebildeten und erfahrenen Bodenfachperson (z.B. von einem Bodenkundlichen Baubegleiter BGS) durchgeführt werden. Eine Übereinstimmung mit dem Dokument [3] muss überprüft werden.

- Kontrolle der Mächtigkeit des Oberbodens (A-Horizont) und des darunter liegenden Horizontes;

- Kontrolle der Beschaffenheit des Oberbodens: Der Tongehalt muss weniger als 25 % betragen;
- «Spatenprobe» [12], [13]: Das Ausbleiben einer allgemeinen Verdichtung muss überprüft werden. Im Zweifelsfall muss eine Wasserleitfähigkeitsmessung durchgeführt werden.

Fallen die pedologischen Kontrollen positiv aus, darf die Versickerung über die Böschung aus Sicht des Umweltschutzes umgesetzt werden. Im Zuge der hydraulischen Dimensionierung wird entschieden, ob ein Infiltrationsgraben [3] notwendig ist. Ist genügend Platz vorhanden, so wird dies in jedem Fall empfohlen.

d. Kontrolle der gesättigten Wasserleitfähigkeit (durchschnittlich alle 2 km):

Die empfohlene Leitfähigkeit des Bodens muss gewährleistet sein (grundsätzlich $\geq 10^5 \text{ m s}^{-1}$). Die meisten Messmethoden charakterisieren eine dicke Bodenschicht [14] oder benötigen einen horizontalen Boden, wie im Falle der Doppelringinfiltration. Ausserdem ist die Variabilität der gesättigten Wasserleitfähigkeit (Permeabilität) gross, was mehrere Messungen nötig macht. Das Sauginfiltrimeter [12] mit drei Messungen an jedem untersuchten Standort liefert eine optimale Antwort in Bezug auf Variabilität, Schnelligkeit und Anpassung der Technik. Anderenfalls kann eine Leitfähigkeitsmessung gemäss Referenzmethode der landwirtschaftlichen Forschungsanstalten (Agroscope) an ungestörten Bodenproben in Erwägung gezogen werden [15].

5.2.2 Kontrollen auf den orangen (unbestimmten) und roten (ungünstigen) Abschnitten der Nationalstrassen

Zwei Kriterien können zur falschen Einschätzung des Versickerungspotenzials geführt haben: die Geometrie von Bankett und Böschung oder der Tongehalt des Bodens. Hat eines dieser Kriterien zu einer ungünstigen Klassifikation geführt, so lohnt es sich, dieses zu kontrollieren, besonders für kurze, als ungünstig klassierte Abschnitte, umgeben von als günstig klassierten Abschnitten.

Bei Abschnitten, bei denen **nur** die Geometrie zu einer unbestimmten oder ungünstigen Einschätzung geführt hat, ist folgende Kontrolle durchzuführen: Visuelle Kontrolle der Geometrie (Topografie) entlang des Trassees.

Die teilweise schwache Auflösung des numerischen Geländemodells kann Fehleinschätzungen verursachen. Mit einer visuellen Kontrolle kann der Zustand eines Abschnittes (unbestimmt oder ungünstig) deshalb rasch überprüft werden.

Wenn sich auf solchen Abschnitten schwach abfallende, mindestens 1 m breite Böschungen befinden, können sie zu „günstig“ umklassiert werden. In diesem Fall müssen jedoch sämtliche in Absatz 5.2.1 erwähnten Punkte kontrolliert werden.

Bei aus geometrischer Sicht als unbestimmt klassierten Abschnitten sollte überprüft werden, ob geringe topografische Korrekturen zu einer verbesserten Beurteilung des Versickerungspotenzials führen könnten. Die Geländekontrollen haben gezeigt, dass bei 7 bis 30 % der Abschnitte (je nach Filiale), die aus geometrischer Sicht als unbestimmt klassiert worden sind, geringfügige topographische Korrekturen die Rahmenbedingungen ändern und zu günstigen Voraussetzungen führen können (siehe Anhang II, Detaillierte Ergebnisse des Potentials, nach Filiale). Deshalb wird empfohlen, entsprechende Abschnitte der Nationalstrassen zu überprüfen.

Bei Abschnitten, bei denen **nur** der Tongehalt zu einer ungünstigen Einschätzung geführt hat, ist folgende Kontrolle durchzuführen:

Die Wahrscheinlichkeit einer Fehleinschätzung beträgt 20 %.

- Überprüfung des Tongehaltes durch eine Bodenfachperson, die mittels Bohrung und taktile Bodenuntersuchung den Abschnitt begutachtet. Empfohlen ist, circa alle 200 m eine normgerechte Überprüfung durchzuführen;
- Wenn der Tongehalt der Böschung für eine Versickerung geeignet ist, sind sämtliche im Absatz 5.2.1 erwähnte Punkte zu verifizieren.

5.3 Kurze Abschnitte: mögliche Behandlung

Nachdem die Geländekontrollen durchgeführt worden sind (siehe Abschnitt 5.2), verbleiben möglicherweise zwischen den als günstig eingestuften Abschnitten einige kurze Abschnitte, die für die Versickerung ungünstig sind. Sofern die Topografie und die Art der umgebenden Böschungen es erlauben, besteht die Möglichkeit, das Strassenabwasser eines dieser ungünstigen Abschnitte zu einem als günstig eingestuften Abschnitt zu führen, falls folgende Bedingungen erfüllt sind:

Der günstige Abschnitt muss im Verhältnis zum ungünstigen Abschnitt auf dem Trasseestromabwärts liegen. Die Böschung des günstigen Abschnittes muss zwingend eine Breite von mehr als 1 m und/oder einen Infiltrationsgraben aufweisen.

„Lr“ ist die Länge des als versickerungsungünstig eingestuften Banketts.

„Lv“ ist die Länge des stromabwärtsliegenden versickerungsgünstigen Abschnittes. „lv“ ist die Breite (=1+x) in Metern dieses Abschnittes, inklusive Graben. Sie beträgt (in Metern) $(Lr+Lv)/Lv$ (Abb. 5.5).

Ist dies der Fall, kann das Abwasser des Abschnittes „Lr“ im Freispiegelabfluss zum Abschnitt „Lv“ geleitet werden. In diesem Fall wird das Wasser durch einen Graben zum Anfang der versickerungsgünstigen Böschung (grün) abgeleitet.

Eine hydraulische Berechnung, unter Einbezug der lokalen Niederschlagsmenge, muss die Leitfähigkeitskontrolle ergänzen.

Leitfähigkeitskontrolle

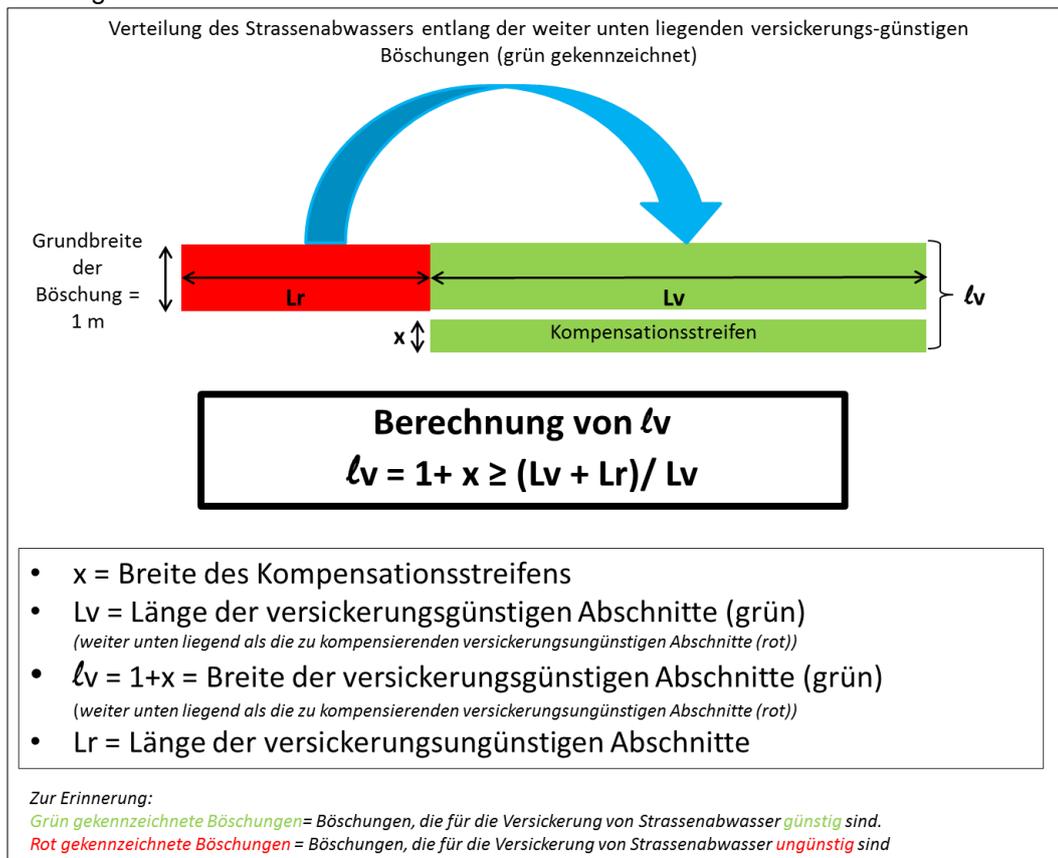


Abb. 5.5 Berechnung der Mindestbreite (lv) einer versickerungsgünstigen Böschung, die mit abfließendem Wasser einer versickerungsungünstigen Böschung mit der Länge (Lr) gespeist wird.

5.4 Beispiele von Infiltrationsgräben

Diese Abbildungen stammen von den an der A9 (Wallis) ausgeführten Arbeiten (Bilder: P. Boivin und Y. Degoumois).



Abb. 5.6 Bau eines Infiltrationsgrabens (A9 Riddes).



Abb. 5.7 Begrünter Infiltrationsgraben unterhalb der Böschung (A9 Riddes).

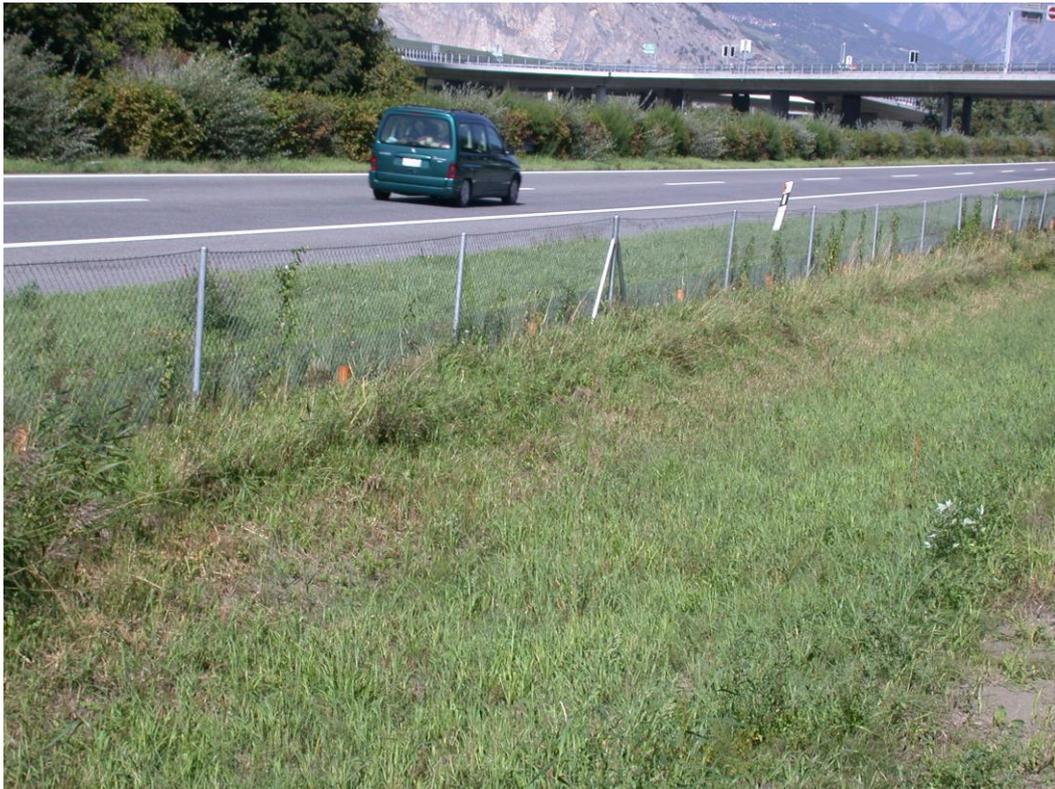


Abb. 5.8 Infiltrationsgraben (A9 Riddes).

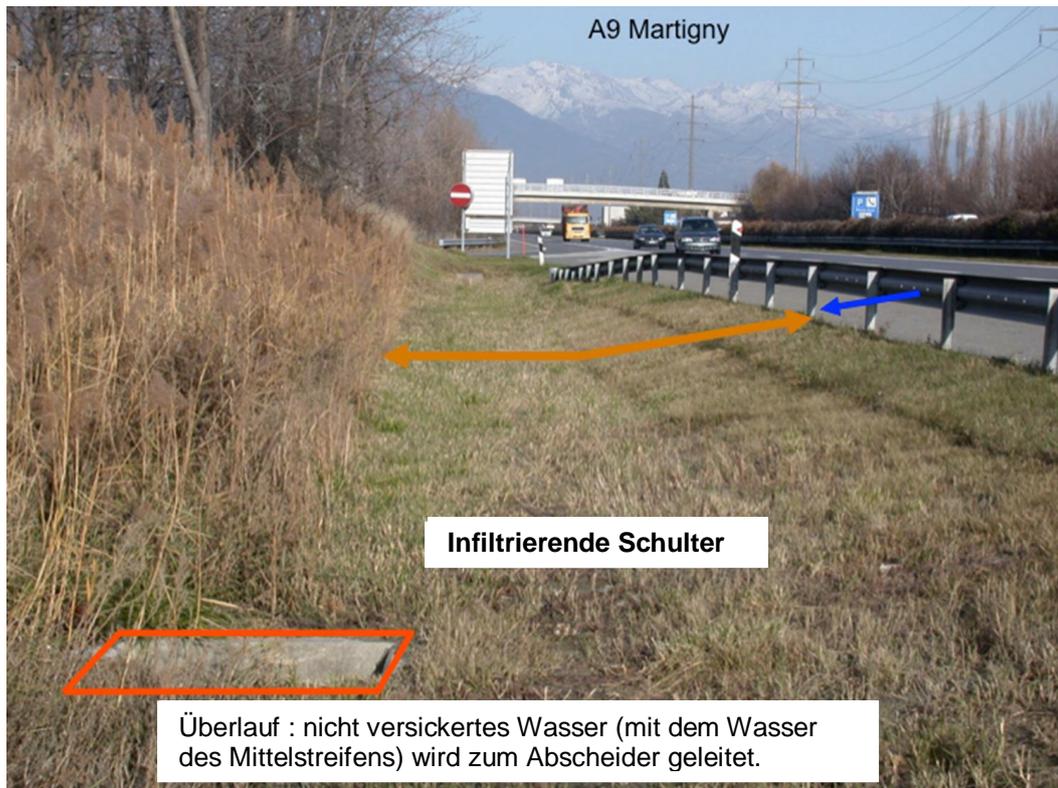


Abb. 5.9 Bankett und Infiltrationsgraben mit Überlauf (A9 Martigny).



Abb. 5.10 Beinahe flache infiltrierende Böschung und Graben (A9 Martigny).

Anhänge

I.	Zuverlässigkeit der Kartierung.....	27
II.	Detaillierte Ergebnisse des Versickerungspotenzials für jede Filiale.....	30
III.	Mitgelieferte Informationsebenen.....	32

I. Zuverlässigkeit der Kartierung

Anhand der Zuverlässigkeitswerte kann die Zuverlässigkeit der Kartierung im Hinblick auf jedes Kriterium beurteilt werden. Die Kontrollpunkte in den Filialen Estavayer-le-Lac, Thun und im Kanton Tessin wurden durch die Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (Durchführung: Karine Gondret) kontrolliert. Die Punkte in der übrigen Schweiz wurden durch die Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften ZHAW (Durchführung: Simon Amrein) kontrolliert.

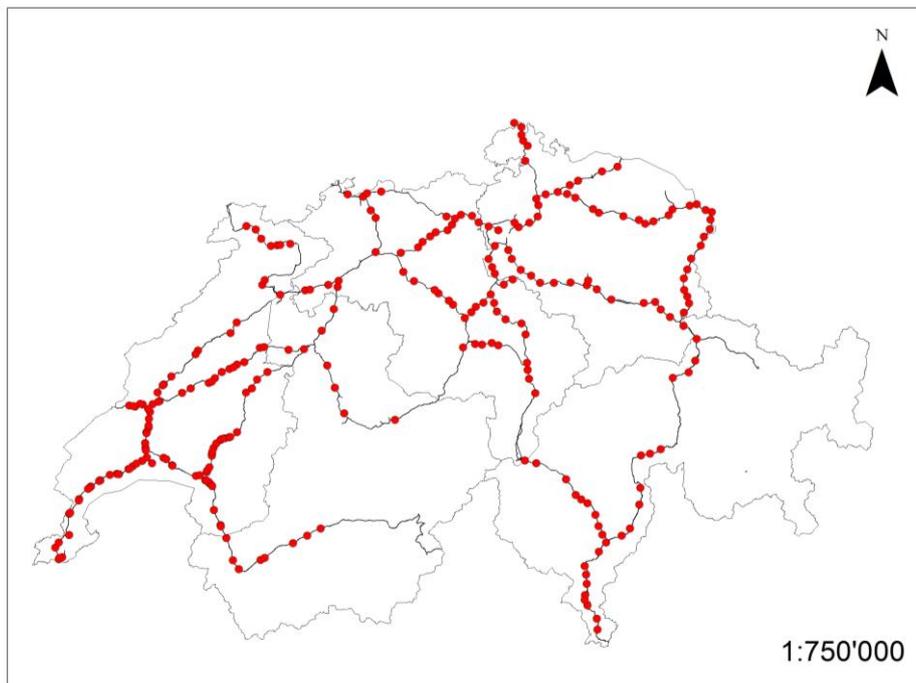


Abb. I.1 Position der Kontrollpunkte, die berücksichtigt wurden, um die Zuverlässigkeit der Methode zu bestimmen.

Oberflächenzustand

Die Zuverlässigkeit der Karte in Bezug auf die korrekte Bewertung des Oberflächenzustandes beträgt 80 %. Die Fehlerquote der Methode ist auf die Empfindlichkeit des Indikators zurückzuführen. In der verwendeten Methode wurde vorausgesetzt, dass Böschungen mit einer mehr als 50 cm breiten betonierten Abflusssrinne oder spärlichem Pflanzenwuchs „nicht begrünt“ sind.

Resultate der Evaluation	Resultate vor Ort	Anzahl betroffener Punkte	Zuverlässigkeit (in %)
Günstig	Ungünstig	59	80
Günstig	Günstig	240	

Abb. I.2 Zuverlässigkeit der Methode, die zur Evaluation des Oberflächenzustandes angewendet wurde. „Günstig“ bedeutet „auf 2 Meter begrünt“ und „ungünstig“ bedeutet „auf 2 Meter nicht begrünt“ (299 Kontrollpunkte).



Abb. 1.3 An den Punkten 95, 98, 103 (Jura) und 140 (Neuenburg) aufgenommene Bilder. Diese Punkte wurden im Zuge der Evaluation als „begrünte“ Böschungen klassifiziert, bei der Evaluation vor Ort aber, aufgrund des spärlichen Pflanzenwuchses, als „nicht begrünt“ eingeordnet.

Geometrie

Die Zuverlässigkeit der Karte in Bezug auf die korrekte Beschreibung der Geometrie beträgt 65 %. An- und absteigende Böschungen wurden durch diese Methode relativ gut erkannt. Tatsächlich wurden 61 % der vor Ort beobachteten ansteigenden Böschungen und 75 % der absteigenden Böschungen von der Methode richtig zugeordnet (siehe Anhang I, Zuverlässigkeit der Kartierung).

31 % der Böschungen, die der Kategorie „unbestimmte Geometrie“ zugeordnet wurden, weisen vor Ort eine absteigende Böschung auf. Dies zeigt, wie wichtig es ist, die Geometrie der mit unserer Methode als „mit unbestimmtem Versickerungspotenzial“ eingestuftten Abschnitte vor Ort zu überprüfen.

Resultate der Evaluation	Resultate vor Ort	Anzahl betroffener Punkte	Zuverlässigkeit (in %)
Ungünstig	Ungünstig	61	65
Günstig	Ungünstig	2	
Unbestimmt	Ungünstig	15	
Nicht bewertet	Ungünstig	3	
Ungünstig	Günstig	9	
Günstig	Günstig	83	
Unbestimmt	Günstig	43	
Nicht bewertet	Günstig	2	
Günstig	Unbestimmt	1	
Nicht bewertet	Unbestimmt	1	
Ungünstig	Unbestimmt	25	
Günstig	Unbestimmt	22	
Unbestimmt	Unbestimmt	28	

Abb. I.4 Detaillierte Ergebnisse des Tests zur Bestimmung der Zuverlässigkeit der Zuordnung der Geometrie (262 Kontrollpunkte).

Tongehalt

Die Zuverlässigkeit der Methode in Bezug auf das Kriterium „Tongehalt“ beträgt 79 %.

Resultate der Evaluation	Resultate vor Ort	Anzahl betroffener Punkte	Zuverlässigkeit (in %)
Ungünstig	Ungünstig	26	79
Ungünstig	Günstig	29	
Günstig	Ungünstig	27	
Günstig	Günstig	194	

Abb. I.5 Zuverlässigkeit der Methode, die zur Evaluation des Tongehaltes im Boden angewendet wurde. Diese berücksichtigt die Kategorie „unbestimmtes Versickerungspotenzial in Bezug auf den Tongehalt“ (278 Kontrollpunkte).

II. Detaillierte Ergebnisse des Versickerungspotenzials für jede Filiale

Filiale Bellinzona

„Code Geometrie“	„Potential aufgrund der Geometrie“	„Potential aufgrund des Tongehalts“	„Potential aufgrund des Oberflächenzustandes“	„Potential aufgrund aller 3 Kriterien“	Länge der Böschungen	
					(in %)	(in Km)
BC4	Ungünstig	Günstig	Günstig	Ungünstig	21,15	83,81
CH1_BC1	Günstig	Günstig	Günstig	Günstig	51,11	202,57
CH1_BC3	Unbestimmt	Günstig	Günstig	Unbestimmt	2,56	10,15
CH2_BC??	Unbestimmt	Günstig	Günstig	Unbestimmt	6,78	26,86
CH2_BC1	Unbestimmt	Günstig	Günstig	Unbestimmt	18,41	72,96
Nicht erfasst						22,53

Filiale Estavayer-le-Lac

„Code Geometrie“	„Potential aufgrund der Geometrie“	„Potential aufgrund des Tongehalts“	„Potential aufgrund des Oberflächenzustandes“	„Potential aufgrund aller 3 Kriterien“	Länge der Böschungen	
					(in %)	(in Km)
BC4	Ungünstig	Günstig	Günstig	Ungünstig	27,13	163,07
BC4	Ungünstig	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	10,19	61,21
CH1_BC1	Günstig	Günstig	Günstig	Günstig	26,39	158,62
CH1_BC1	Günstig	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	10,19	61,22
CH1_BC3	Unbestimmt	Günstig	Günstig	Unbestimmt	1,55	9,30
CH1_BC3	Unbestimmt	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	0,56	3,39
CH2_BC??	Unbestimmt	Günstig	Günstig	Unbestimmt	4,06	24,42
CH2_BC??	Unbestimmt	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	1,31	7,89
CH2_BC1	Unbestimmt	Günstig	Günstig	Unbestimmt	14,58	87,63
CH2_BC1	Unbestimmt	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	4,03	24,23
Nicht erfasst						39,30

Filiale Thun

„Code Geometrie“	„Potential aufgrund der Geometrie“	„Potential aufgrund des Tongehalts“	„Potential aufgrund des Oberflächenzustandes“	„Potential aufgrund aller 3 Kriterien“	Länge der Böschungen	
					(in %)	(in Km)
BC4	Ungünstig	Günstig	Günstig	Ungünstig	33,74	126,10
BC4	Ungünstig	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	0,25	0,95
CH1_BC1	Günstig	Günstig	Günstig	Günstig	40,44	151,14
CH1_BC1	Günstig	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	0,33	1,25
CH1_BC3	Unbestimmt	Günstig	Günstig	Unbestimmt	2,67	9,98
CH2_BC??	Unbestimmt	Günstig	Günstig	Unbestimmt	5,90	22,04
CH2_BC??	Unbestimmt	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	0,11	0,40
CH2_BC1	Unbestimmt	Günstig	Günstig	Unbestimmt	16,36	61,14
CH2_BC1	Unbestimmt	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	0,20	0,75
Nicht erfasst						38,80

Filiale Winterthur

„Code Geometrie“	„Potential aufgrund der Geometrie“	„Potential aufgrund des Tongehalts“	„Potential aufgrund des Oberflächenzustandes“	„Potential aufgrund aller 3 Kriterien“	Länge der Böschungen	
					(in %)	(in Km)
BC4	Ungünstig	Günstig	Günstig	Ungünstig	35,43	227,35
BC4	Ungünstig	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	2,13	13,68
CH1_BC1	Günstig	Günstig	Günstig	Günstig	35,21	225,97
CH1_BC1	Günstig	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	4,92	31,56
CH1_BC3	Unbestimmt	Günstig	Günstig	Unbestimmt	1,94	12,43
CH1_BC3	Unbestimmt	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	0,15	0,95
CH2_BC??	Unbestimmt	Günstig	Günstig	Unbestimmt	5,50	35,28
CH2_BC??	Unbestimmt	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	0,25	1,63
CH2_BC1	Unbestimmt	Günstig	Günstig	Unbestimmt	13,23	84,91
CH2_BC1	Unbestimmt	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	1,25	8,02
Nicht erfasst						41,39

Filiale Zofingen

„Code Geometrie“	„Potential aufgrund der Geometrie“	„Potential aufgrund des Tongehalts“	„Potential aufgrund des Oberflächenzustandes“	„Potential aufgrund aller 3 Kriterien“	Länge der Böschungen	
					(in %)	(in Km)
BC4	Ungünstig	Günstig	Günstig	Ungünstig	33,94	205,71
BC4	Ungünstig	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	7,06	42,81
CH1_BC1	Günstig	Günstig	Günstig	Günstig	29,44	178,44
CH1_BC1	Günstig	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	6,42	38,91
CH1_BC3	Unbestimmt	Günstig	Günstig	Unbestimmt	1,23	7,46
CH1_BC3	Unbestimmt	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	0,28	1,69
CH2_BC??	Unbestimmt	Günstig	Günstig	Unbestimmt	5,23	31,71
CH2_BC??	Unbestimmt	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	1,33	8,04
CH2_BC1	Unbestimmt	Günstig	Günstig	Unbestimmt	12,43	75,32
CH2_BC1	Unbestimmt	Ungünstig	Günstig	Ungünstig	2,65	16,03
Nicht erfasst						62,49

III. Mitgelieferte Informationsebenen

Die Geodatenbank (Geographic Coordinate System: GCS_CH1903.) „versickerung_strassenabwasser“ enthält 3 Informationsebenen:

- Die Punkteebene „Probepunkt“, welche die Standorte der Kontrollpunkte darstellt und die Beobachtungen vor Ort sowie die Ergebnisse der Evaluation des Versickerungspotenzials an diesen Punkten beinhaltet;
- Die Polylinienebene des Typs „Linienereignis“ (als „potential_versickerung“ bezeichnet), welche das Versickerungspotenzial des Strassenabwassers entlang der Böschungen der Nationalstrassen darstellt und die Ergebnisse der Evaluation des Versickerungspotenzials beinhaltet;
- Die Polygonebene „potenzielle_grundwasserschutzzone“, welche die Standorte der S1, S2 und S3 Grundwasserschutzzonen beinhaltet. Dieser Layer dient als Anhaltspunkt.



Abb. III.1 Abbildung der an das BAFU abgegebenen Datenbank mit den 3 Informationsebenen.

Abb. III.2 Beschreibung der Merkmale, die in den an das BAFU abgegebenen 3 geografischen Informationsebenen benutzt werden (Anmerkung: Die im Merkmal „potenzielle_grundwasserschutzzone“ benutzten Werte wurden uns von den Kantonen geliefert).

Merkmal	Wert	Beschreibung
OBJECTID	1 bis n	Eindeutige Kennung
PROFIL_ID	1 bis n	Eindeutige Kennung
FROM_M	1 bis n	Für Linienereignisse spezifisches Feld
TO_M	1 bis n	Für Linienereignisse spezifisches Feld
code_geometrie	CH1_BC1 BC4 CH1_BC3 CH2_BC?? CH2_BC1 null	Perfekte abfallende Böschung in Bezug auf die Geometrie (Aufgeschüttete NS) Ansteigende Böschung: (Abgesenkte NS) Böschung zuerst schwach ansteigend, dann OK Zu überprüfende CH2 Böschung, weist bezüglich Präzision der Geometrie eine Unbestimmtheit auf Perfekte abfallende Böschung (aufgeschüttete NS), Unbestimmtheit bezüglich Präzision der Geometrie Nicht erfasste Böschung
beschreibung_geometrie	Perfekte Böschung Ansteigende Böschung Böschung zuerst schwach ansteigend, dann OK	Perfekte abfallende Böschung in Bezug auf die Geometrie: (aufgeschüttete NS) Ansteigende Böschung : (abgesenkte NS) Böschung zuerst schwach ansteigend, dann OK

	Zu überprüfende CH2 Böschung, weist bezüglich Präzision der Geometrie eine Unbestimmtheit auf	Zu überprüfende CH2 Böschung, weist bezüglich Präzision der Geometrie eine Unbestimmtheit auf
	Perfekte Böschung, Unbestimmtheit bezüglich Präzision der Geometrie	Perfekte Böschung (Abfallend), Unbestimmtheit bezüglich Präzision der Geometrie
potenzial_aufgrund_der_geometrie		Versickerungspotenzial aufgrund der Geometrie
	Günstig	Günstiges Versickerungspotenzial aufgrund der Geometrie
	Ungünstig	Ungünstiges Versickerungspotenzial aufgrund der Geometrie
	Unbestimmt	Unbestimmtes Versickerungspotenzial aufgrund der Geometrie
code_oberflaechezustand		
	1	Günstiges Versickerungspotenzial aufgrund des Oberflächenzustandes
	2	Ungünstiges Versickerungspotenzial aufgrund des Oberflächenzustandes
beschreibung_oberflaechezustand		
	Begrünt	Auf mindestens 1 m begrünt
	Nicht begrünt	Auf mindestens 1 m nicht begrünt
potenzial_aufgrund_der_oberflaeche		
	Günstig	Günstiges Versickerungspotenzial aufgrund des Oberflächenzustandes
	Ungünstig	Ungünstiges Versickerungspotenzial aufgrund des Oberflächenzustandes
code_tongehalt		
	1	Günstiges Versickerungspotenzial aufgrund des Tongehalts
	2	Ungünstiges Versickerungspotenzial aufgrund des Tongehalts
beschreibung_tongehalt		
	< oder = 25	Tongehalt 25 % oder tiefer
	> 25	Tongehalt höher als 25 %
potenzial_aufgrund_des_tongehalts		
	Günstig	Tongehalt 25 % oder tiefer
	Ungünstig	Tongehalt höher als 25 %
potenzial_aufgrund_der_3_kriterien		
	Günstig	Günstiges Versickerungspotenzial aufgrund der 3 Kriterien (Geometrie / Oberflächenzustand / Tongehalt)
	Ungünstig	Ungünstiges Versickerungspotenzial aufgrund der die 3 Kriterien (Geometrie / Oberflächenzustand / Tongehalt)
	Unbestimmt	Unbestimmtes Versickerungspotenzial aufgrund der die 3 Kriterien (Geometrie / Oberflächenzustand / Tongehalt)
	null	Durch die Methode nicht erfasstes Versickerungspotenzial (nicht erfasste Böschung)
POINT_X		X Koordinaten
POINT_Y		Y Koordinaten
Shape_Area		Oberfläche der Einheit
Shape_Length		Länge der Einheit

potenzielle_grundwasserschutzzone		Grundwasserschutzzonen der verschiedenen Kantone
	S1	S1 Grundwasserschutzzone
	S2	S2 Grundwasserschutzzone
	S3	S3 Grundwasserschutzzone
	S?	Nicht definierte Grundwasserschutzzone
foto_nr		Name und Nummer des vor Ort aufgenommenen Bildes
gelaendegeometrie		Geometrie vor Ort
oberflaechenzustand		Oberflächenzustand vor Ort
tongehalt		Tongehalt vor Ort
	1	Günstiges Versickerungspotenzial in Bezug auf den Tongehalt
	2	Ungünstiges Versickerungspotenzial in Bezug auf den Tongehalt
	no soil	Kein Boden
punkt_nr		Link zum vor Ort aufgenommenen Bild
	1 bis n	
resultat_korngroesse		Tongehalt gemäss Korngrössenanalyse im Labor (%)

Glossar

Bezeichnung	Bedeutung
Beschaffenheitsklassen	Werden anhand des für jedes Land spezifischen Texturdreiecks definiert
Bodenkarten	Karte, die die verschiedenen Bodenarten einer Region aufzeigt
DGM	Digitales Geländemodell
DTV	Durchschnittlicher Tagesverkehr
Fahrbahn	Strassenbereich, der für den Verkehr bestimmt ist = befahrbarer Bereich (Fahrbahn + Pannestreifen + zusätzliche Breite)
FCIR	Falschfarbeninfrarot
Korngrössenverteilung	Verteilung der Feinpartikel (<2mm) im Boden
Hepia	Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève
Infiltrationsgraben	Wird mit Bodensubstanz hergestellt. Er beinhaltet einen Oberboden von gleicher Qualität wie für Böschungen empfohlen. Der Graben ist, wie auch die Böschung, begrünt und ermöglicht ein Versickern des Wassers, das an den Böschungsfuss gelangen würde (siehe Dokument [1])
LIDAR	Fluggestützte Lasertelemetrie
NS	Nationalstrasse
Ton	In diesem Bericht bedeutet Ton „granulometrischer Tonanteil“, was Bodenpartikeln mit einem Durchmesser von weniger als 2 µm entspricht.
Schwundriss	Riss im Boden, der als präferenzielle Infiltrationsstelle dienen kann
VSA	Association suisse des professionnels de la protection des eaux Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute
VSS	Recherche et normalisation en matière de route et de transport Forschung und Normierung im Strassen- und Verkehrswesen
ZHAW	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Bibliographie

Bundesgesetz

- [1] Schweizerische Eidgenossenschaft (1998), „**Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV)**“, SR 814.201, www.admin.ch.
-

Verordnungen

- [2] Schweizerische Eidgenossenschaft (1998), „**Verordnung über Belastungen des Bodens vom 1. Juli 1998 (VBBo)**“, SR 814.12, www.admin.ch.
-

Richtlinie des ASTRA

- [3] Bundesamt für Strassen ASTRA (2013) „**Strassenabwasserbehandlung an Nationalstrassen**“, Richtlinie ASTRA 18005, V1.20, www.astra.admin.ch.
-

Dokumentation

- [4] Bundesamt für Strassen ASTRA (2014) „**Versickerung des Strassenabwassers der Nationalstrassen über den Strassenrand**“ (auf Französisch), Dokumentation ASTRA 88006, V1.00, www.astra.admin.ch.
- [5] Bundesamt für Umwelt BAFU (2001), „**Bodenschutz beim Bauen**“, Wegleitung BAFU, www.bafu.admin.ch.
- [6] Bundesamt für Umwelt BAFU (2002), „**Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen**“, Wegleitung BAFU, www.bafu.admin.ch.
- [7] J. Amsler (2004), „**Bewertung von Kulturland und naturnahen Flächen bei Landumlegungen**“, Bundesamt für Bauten und Logistik BBL, Verkauf von Bundespublikationen.
- [8] Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute VSA (2002), „**Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten**“, VSA Richtlinie über die Versickerung, www.vsa.ch.
- [9] Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute VSA (2008), „**Regenwasserentsorgung, Update 2008**“, VSA Richtlinie, www.vsa.ch.
- [10] P. Boivin, M. Saadé, H. R. Pfeiffer, C. Hammecker, et Y. Degoumois (juin 2008), „**Depuration of highway runoff water into grass-covered embankments**“, *Environ. Technol.*, Band 29, Nr. 6, S. 709-720.
- [11] A. R. Dexter, G. Richard, D. Arrouays, E. A. Czyż, C. Jolivet, et O. Duval (2008), „**Complexed organic matter controls soil physical properties**“, *Geoderma*, Band 144, Nr. 3, S. 620-627.
- [12] Gerhard Hasinger, Jakob Nievergelt, Milan Petrusek, et Peter Weisskopf (2004), „**Observer et évaluer la structure du sol**“, *Reckenholz: Agroscope*.
- [13] Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL/SRVA (2001), „**Bodenbeurteilung im Feld**“, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, www.fibl.org.
- [14] A. Musy und M. Soutter (1991), „**Physique du sol**“, *Presses polytechniques et universitaires romandes PPUR*.
- [15] Agroscope (2015), „**Referenzmethoden und Laboranerkennung für Boden- und Düngeranalysen (Méthodes de référence en Suisse pour l'analyse des sols)**“.
-

Danksagung

Die Autoren danken allen ganz herzlich, die zum reibungslosen Ablauf dieser Arbeit beigetragen haben.

Ein grosses Dankeschön geht

- an die ZHAW und insbesondere an Simon Amrein, der den Kontrollteil der Methode vor Ort für die Territorialeinheiten V, VI, VII, VIII, X und XI durchgeführt hat;
- an alle BAFU Mitarbeiter, die in den Filialen und Territorialeinheiten arbeiten;
- an alle Personen, die im Rahmen der Suche nach pedologischen Angaben zur Evaluation des Tongehaltes von Böden entlang der Nationalstrassen konsultiert wurden;
- an alle Bodenfachleute des Berner Bodenschutzfachbereichs und insbesondere an Peter Trachsel:
 - an Phillippe Dougoud (pensionierter Pedologe der landwirtschaftlichen Schule in Grangeneuve, Kanton Freiburg);
 - an Michel Gratier und Claude Kündig (Pedologen des CEVA, Kanton Waadt);
 - an Jean Fernex (Bodenspezialist des Office de l'environnement des Kantons Jura);
 - an Judith Besze-Deak (Pedologin des Service Cantonal d'Archéologie Neuchâtel);
 - an Yves Degoumois (Pedologe, der sich mit den Walliser Böden auskennt);
 - an Fabian Züst, Dominik Mösch und Thomas Muntwyler für den Kanton Aargau;
 - an Roland Bono für den Kanton Baselland;
 - an Esther Bräm, Peter Staub und Petra Vögeli für den Kanton Glarus;
 - an Esther Bräm, Nicolin Ragaz und Marco Lanfranchi für den Kanton Graubünden;
 - an Simon Egger und Brigitte Suter für den Kanton Luzern;
 - an Rolf Boller, Georg Zumbühl und Angela Zumbühl für den Kanton Nidwalden;
 - an Rolf Boller, Franz Blättler, Sabine Betschart, Nathalie Jent und Hans-Ulrich Witschi für den Kanton Obwalden;
 - an Daniela Marugg und Guido Schmid für den Kanton St. Gallen;
 - an Adalbert Pazeller und Jürg Sturzenegger für den Kanton Schaffhausen;
 - an Stefan Rüegg für den Kanton Schwyz;
 - an Christine Hauer für den Kanton Solothurn;
 - an Marco Rossi und Ulrich Joss für den Kanton Tessin;
 - an Achim Kayser für den Kanton Thurgau;
 - an Harry Ilg für den Kanton Uri;
 - an Sibille Jenni, Reto Jörimann und Christoph Troxler für den Kanton Zug;
 - an Ubald Gasser für den Kanton Zürich.

Auflistung der Änderungen

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen
2015	1.20	30.05.2016	Fehlende Referenz.
2015	1.10	05.01.2016	Publikation der Ausgabe 2015.

