



Zementstabilisierung mit Oberflächenbehandlung, Haldenstein

Erhöhung der Tragfähigkeit und Lebensdauer einer Wald- und Güterstrasse

- Erhöhung der Tragfähigkeit von 18 to auf 32 to mittels Zementstabilisierung.
- Erhöhung der Frost- und Wasserbeständigkeit
- Behandlung eines Wegabschnittes, 5'000 m²



Zementstabilisierte Naturstrasse mit dreifacher Schottertränke als Oberflächenbehandlung (Bild: fobatec).

Ausführungsort Bsp. / Planer

Ausführungsort:	Calandaweg, Haldenstein (GR)	Projektanfang:	2'758'835 / 1'194'250
		Projektende:	2'758'350 / 1'193'920
Bauherrschaft:	Gemeinde Haldenstein, S. Becker.		
Projektierung:	Nemos Anstalt, 9490, Vaduz, P. Thöny		
Oberbauleitung:	Amt für Wald und Naturgefahren Graubünden, Region Rheintal / Schanfigg, M. Arpagaus.		
Örtliche Bauleitung:	Abenis AG, 7000 Chur, R. Costa		
Ausführung:	Zementstabilisierung: Käppeli AG, Sargans; Oberflächenbehandlung: Euphalt AG, Basel.		
Baujahr:	2017		

Funktion / Anwendungsgrenzen

Das vorliegende Projekt betrifft einen Teilabschnitt Wald- und Güterstrasse Calandaweg und hatte neben der Instandstellung die Erhöhung der Witterungsbeständigkeit und Tragfähigkeit von 18 to auf 32 to zum Ziel, wofür man eine Zementstabilisierung mit dreifacher Oberflächenbehandlung (oder auch Schottertränke) angewendet hat.

Unter Zementstabilisierung eines Bodens versteht man die Verfestigung einer Bodenschicht von 10-30 cm Stärke mit Hilfe eines hydraulischen Bindemittels und Wasser. Sie hat in erster Linie die Stabilität gegen Wasser- und Frosteinwirkungen zum Zweck, hat aber auch eine wesentlich höhere Festigkeit und Tragfähigkeit zur Folge und führt dadurch zu einer sehr guten Lastenverteilung. Die zementstabilisierte Schicht kann als untere, obere, oder als gesamte Tragschicht fungieren. Die Tragfähigkeit kann mit diesem Stabilisierungsverfahren gegenüber gut abgestuftem Kies gut um das Doppelte erhöht werden (a – Werte 0.2-0.3). Erfahrungsgemäss steigt mit der Zunahme des Feinanteils der notwendige Zementgehalt, sodass sehr feinkörnige Böden einer Dosierung von über 10 % bedürfen, wodurch die Wirtschaftlichkeit fraglich wird. Reine Silte oder siltige Sande werden vorzugsweise mit einer Kombination von Zement und Weisskalk stabilisiert („Stabilit“). Beträgt der Tonanteil eines Bodens über 10 %, empfiehlt es sich, die Stabilisierung ausschliesslich mit Weisskalk vorzunehmen. Man spricht dann von Kalkstabilisation.

Im forstlichen Strassenbau wird in der Regel das Ortsmischverfahren angewendet (a – Werte gegen 0.2), wobei Zement und Wasser nach vorgängigem Brechen des Strassenkörpers mit mobilen Maschinen vor Ort in das Bodenmaterial eingearbeitet und anschliessend verdichtet werden. Wie im vorliegenden Projekt besteht sehr oft die Möglichkeit, den alten Strassenkörper zu stabilisieren.



Bildet die zementstabilisierte Schicht die obere oder die gesamte Tragschicht, muss sie wegen ihrer geringen Abriebfestigkeit mit einer bituminösen Deckschicht geschützt werden (SN 640 491). Mit doppelten Oberflächenbehandlungen oder einem dünnen bituminös gebundenen Belag hat man wegen des Abplatzens und gelegentlichen Schlaglöchern nicht immer befriedigende Erfahrungen gemacht. Wesentlich widerstandsfähiger sind da Oberflächenbehandlungen mit Dreifachtränkung und mehreren Splitt-Schichten. Ihr Vorteil liegt in der hohen Materialflexibilität. Kleine Schäden wie Durchdringungen schliessen sich auf Grund der Plastizität des Bitumens bei hohen Temperaturen von selbst. Durch die geringe Schichtmächtigkeit und hohe Viskosität bei mittleren Temperaturen sind mechanisch spitze Einwirkungen aber zu vermeiden (Holzrücken, Kettenfahrzeuge, u.ä.).

Voraussetzungen Baugrund

Aus technischer Sicht kann grundsätzlich jeder mineralische Boden mit Zement stabilisiert werden. Mit hydraulischen Bindemitteln (Zement) erreicht man eine Erhöhung der Tragfähigkeit und Festigkeit des vorhandenen Materials und eine erhöhte Froststabilität der behandelten Schichten.

Humushaltige Böden wie ML-, MH- und O-Böden sind für eine Stabilisation nicht geeignet. Wie erwähnt stabilisiert man mit Zement bei eher geringem Tonanteil im vorhandenen Material. Tone und Silte werden besser Kalkstabilisiert. Die Wirkung von Kalk zeigt sich aber vorwiegend in einer Plastizitätserhöhung, Wassergehaltssenkung und Durchlässigkeitsreduktion und gehört eher zur Bodenverbesserung.

So werden Unterbau-Arbeiten wie Baugrundverbesserungen, Dammschüttungen und Planumsvorbereitungen vorteilhaft mit Kalk gemacht. Oberbauverbesserungen sollten mit hydraulischen Bindemitteln gemacht werden.

In Gewässerschutzzonen sind jegliche Stabilisationen untersagt. Beim Vorhandensein bestehender Leitungen ist deren Lage vorerst abzuklären um Schäden durch Stabilisationsarbeiten zu vermeiden.

Oberflächenbehandlungen müssen auf gleichmässig tragfähigem, sauberem Untergrund aufgetragen werden.

Gesetze / Normen

Gesetze

- Gewässerschutzgesetz GSchG

Normen

- SIA 262 Betonbau
- SN 640 324 Dimensionierung des Strassenaufbaus. Oberbau und Unterbau.
- SN 640 415d-NA Oberflächenbehandlungen. Anforderungen.
- SN 640 490 Gebundene Gemische und stabilisierte Böden. Grundnorm.
- SN 640 491 Hydraulisch gebundene Schichten
- SN 640 496-NA Hydraulisch gebundene Gemische (Neu: EN-14227-1)
- SN 640 501 Stabilisierte Böden mit Kalk und/oder hydraulischen Bindemitteln
- SN 640 506-NA Hydraulisch gebundene Gemische: Teil 13 Bodenverbesserung mit hydr. Tragschichtbinder

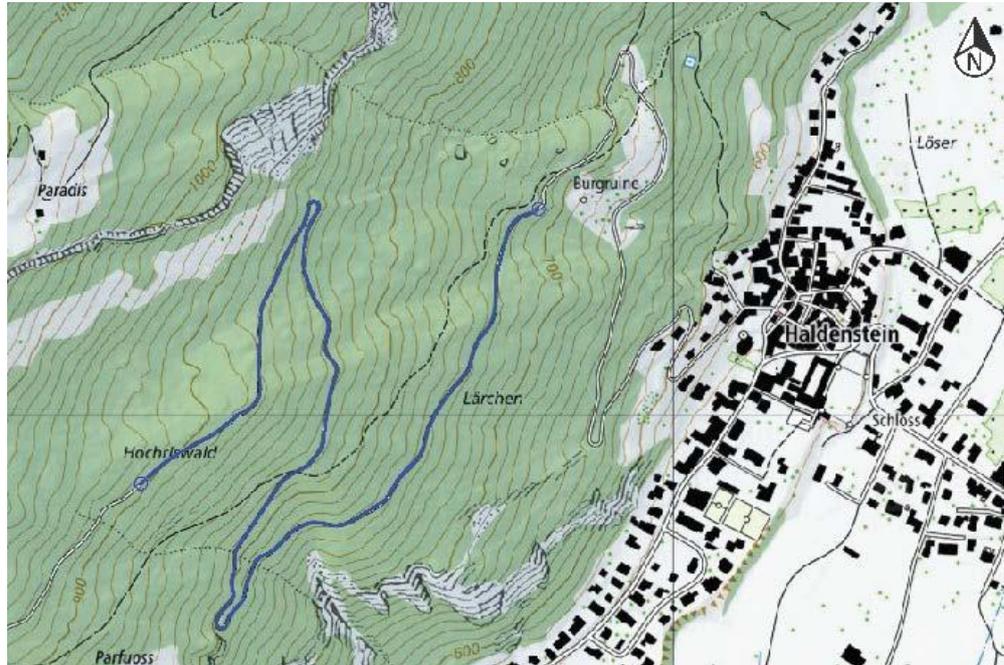
Richtlinien

- BAFU, 2006. Richtlinie für die Verwertung mineralischer Baustoffe. Umwelt-Vollzug Nr. 0631. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Ittigen, 34 S.



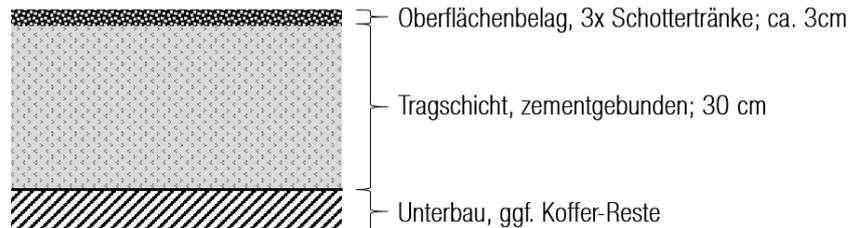
Projektierung

Normalie / Plan



Übersichtsplan der Instandstellungsstrecke (blau) in der Gemeinde Haldenstein (Nicht massstäblich, Quelle: SwissTopo 2017, verändert).

Da in vorliegender Dokumentation nicht auf die Nebenmassnahmen eingegangen wird (Abtrag von Felsvorsprüngen, neue Querschläge etc.), nachfolgend nur die Normalie des Strassenaufbaus (nimmt Angaben aus dem Abschnitt „Bemessung“ vorweg).



Tragwerksanalyse

Die Tragwerksanalyse beschränkt sich hier auf die Charakterisierung des Ausgangsmaterials und des Baugrundes. Vertiefere Untersuchungen wurden keine durchgeführt.

Das Projektgebiet besteht aus flachgründigen Böden mit verschiedenen Kalkgesteinen als Muttergestein, die nicht zuletzt wegen ihrer meist südost-exponierten Lage schnell austrocknen. Ein ganzjährig wasserführendes Fliessgewässer gibt es im Baustellenbereich nicht. Bautechnisch herrschen daher relativ günstige Bedingungen vor, weshalb auf eine vertiefte Analyse der Tragfähigkeit des Unterbaus verzichtet wurde.

Die Weganlage wurde in den 1940-er bis 1960-er Jahren mit einer Breite von 2.50 m) erstellt. Vor der Instandstellung bestand der Oberbau überwiegend aus nur ungenügend verdichteten Schüttungen. Das dabei verwendete Koffermaterial war mässig abgestuft, beinhaltete einen relativ hohen Feinanteil und war nicht frostbeständig.

Bemessung

Die Nutzungsanforderungen für die Bemessung kann wie folgt umschrieben werden:

- Erhöhung der Tragfähigkeit von 18 to auf 32 to
- Im Durchschnitt mehrere Fahrten pro Tag (Verkehrslast wurde nicht abgeschätzt)
- Keine Schneeräumung und Befahrung im Winter



- verbesserte Frost- und Wasserbeständigkeit

Daraus ergab sich für den Strassenkörper folgende Bemessung:

- Breite (2.5 m) wurde beibehalten, da bereits die Breite der Zufahrt auf diese Breite eingeschränkt ist. Lokal geringfügige Verbreiterungen
- Horizontale und vertikale Linienführung werden beibehalten
- Tragschicht-Stärke: 0.3m zementstabilisiert plus lokal bestehende, mächtigere Kofferschichten im Untergrund, Oberflächentoleranz +/- 20 mm; Entspricht SN-Index von 6-6.9
- 40cm Tragschicht bei Abschnitten entlang von Kunstbauten und über Leitungen (keine Stabilisation!)
- Die Querneigung beträgt 2-3%, i.d.R. talwärts (Entwässerung).

Ø Kosten pro Einheit

Nachfolgend die Kostenzusammenstellung gemäss Schlussabrechnung.

Position	Gesamtkosten [CHF]	Kosten [CHF] / m ²
Projekt und Bauleitung	40'607.-	8.-
Baumeisterarbeiten Zementstabilisierung	162'789.-	33.-
Eignungsprüfung Labor	In Baumeisterarbeiten inbegriffen	
Oberflächenbehandlung (3x Tränken, 4x splitten)	130'117.-	26.-
Total Projektkosten	333'513.-	67.-

Tun und Vermeiden

Bei der Planung, Baustelleninstallation, sowie bei der Realisierung ist in den jeweiligen Zonen dem Gewässerschutz Rechnung zu tragen, was in erster Linie den Umgang mit Betriebsstoffen untersagt (Lagerung, Umschlag, Parken).

Bei Bauvorhaben, bei denen ein Rückbau von Ausbauasphalt von mehr als 30 m notwendig ist, ist der Gehalt an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) zu ermitteln, um teerhaltige Materialien zu erfassen und diese separat entsorgen zu können (BAFU 2006).

Zum Schutz der Infrastruktur soll das mobile Brechen oberhalb von Stützmauern, Leitungen und Durchlässen vermieden werden. An solchen Stellen soll das Lockermaterial nötigenfalls mit tragfähigerem und gut verdichtbarem Lockermaterial ersetzt werden. Die Schottertränke wird in diesen Fällen auf den verdichteten Kies aufgetragen.

Materialien

Namen

Zementstabilisierung

- Maximale Korngrösse des Fräsgutes: 100 mm
- Hydraulischer Tragschichtbinder: Zementsorte Doroport TBN (nach SN EN 197-1)
- Wasser

Oberflächenbehandlung mit Schottertränkung

- Bitumenemulsion ER 60, giftklassen- und lösungsmittelfrei (nach SN 670 205a-NA)
- Splitt: Korngruppe: 11/16 mm (Vorlage und 1. Abstreuen)
- Splitt: Korngruppe: 8/11 mm (2. Abstreuen)
- Splitt: Korngruppe: 4/8 mm (3. Abstreuen)

NPK Kapitel / Position

Zementstabilisierung

Prüfungen an bitumenhaltigen Materialien und Schichten	NPK 112.32X.XXX
Bodenstabilisierung im Ortsmischverfahren	NPK 173.1XX.XXX
Vorarbeiten	NPK 173.12X.XXX
Stabilisierungsarbeiten	NPK 173.13X.XXX



31.08.18, 111201

Nachbehandlung	NPK 173.139.XXX
Rohrleitungen, Rinnen, Schächte und Drainagen	NPK 237.XXX.XXX
Mauern, Treppen und Wände	NPK 181.5XX.XXX
Kulturerdarbeiten	NPK 211.2XX.XXX
Aushubarbeiten	NPK 211.3XX.XXX

Oberflächenbehandlung mit Schottertränkung

Oberflächenbehandlung durchführen, inkl. Streumaterial	NPK 223.312.XXX
--	-----------------

Mindestanforderungen Das Mischgut muss den für die Zementstabilisierung muss den Anforderungen der SN 640 506-NA genügen. Für die Stabilität gegen Wasser- und Frosteinwirkung sind minimale Druckfestigkeiten von etwa 2 N/mm² erforderlich.

Verarbeitung Tipp -

Ø Menge pro Einheit Nachfolgend die durchschnittlichen Mengen benötigter Baustoffe. Die Rohdichte des Ausgangsmaterials betrug gemäss Beprobung ca. 2.6 to/m³.

Baumaterial		Menge	LE
Zement	(Minimum)		5.1 M.-%
Wasser	(Minimum)		10.3 M.-%
Bitumenemulsion	(1./2./3. Vorspritzen)	3 / 2.5 / 2	kg/m ²
Schotter	(pro Lage)		12 l/m ²

Mittel

Maschinen Zementstabilisierung
Kurzheckbagger (15 to), Zementverteiler, Mobiler Brecher, Walzenzug (14 to)
Oberflächenbehandlung
LKW mit Verteilblech für Splitt, LKW mit Bitumen-Spritzrampe, Kombiwalze (4 to)

Geräte Bitumen Sprüngerät

Installation

Abschrankungen, Baustellensignalisation, Lagerplatz für Baumaschinen / Temporäres Depot

Ausführung

Absteckung Keine (bezogen allein auf die Stabilisierung und solange keine Verbeiterung des Strassenkörpers oder Lichtraumprofils vorgesehen).

OB Bereich wird grob mit Spray markiert, damit die Breiten stimmen.

Erdarbeiten In Bezug auf den Stabilisierungsprozess fällt im Rahmen der Vorbereitungsmaßnahmen einzig das Abstossen der Humusränder unter notwendige Erdarbeiten. Die weiteren Arbeitsschritte betreffen, solange keine Verbreiterung oder Neuerschliessung vorgesehen ist, ausschliesslich die Trag- und Verschleiss-Schicht des Strassenkörpers.



Arbeitsschritte

1. Vorbereitende Massnahmen
 - A) Abranden und REinigung der Fahrbahn
 - B) Abtrag bituminöser Schichten (z.T. Asphalt), Abführen und Entsorgung
 - C) Abführen von Steinen mit > 150 mm Durchmesser

2. Zementstabilisierung im Ortsmischverfahren
 - A) Auflockern / Aufreissen der Tragschicht / Foundationsschicht auf Stabilisierungstiefe (Anbaubrecher)
 - B) Verdichten
 - C) Befeuchten der Oberfläche mit W_{opt} (Dosierung gemäss Laborbericht)
 - D) Auftragen und einarbeiten des Bindemittels (Zement, Dosierung gemäss Laborbericht, mit Anbaufräse)
 - E) Vorverdichten mit Walzenzug
 - F) Planieren mit Gefälle und wiederholtes Endverdichten (Grader)
 - G) Nachbehandlung: 2-fache Bewässerung

3. Oberflächenbehandlung, Ausführungsart D3 (3-fach Tränkung)
 - A) Vorlage: Schotterauftrag
 - B) 1. Vorspritzen mit Bitumenemulsion
 - C) 1. Abstreuen mit Schotter (11/16 mm), inkl. Walzen
 - D) 2. Vorspritzen mit Bitumenemulsion
 - E) 2. Abstreuen mit Splitt (8/11 mm), inkl. Walzen
 - F) 3. Vorspritzen mit Bitumenemulsion
 - G) 3. Abstreuen mit Splitt, (4/8 mm), inkl. Walzen

Tun und Vermeiden

Für die Baumaschinen ist zwingend zu beachten, dass diese auf die gegebenenfalls reduzierte Wegbreite und Tragfähigkeit abgestimmt sind. Im vorliegenden Projekt betrug die Breite der Zufahrtsstrasse zur Baustelle 2.50 m, für Transportfahrzeuge maximal 2.30 m. Das zulässige Höchstgewicht belief sich auf 18 to.

Bei der Zementstabilisierung ist folgendes zu beachten:

- Korrekturen von Längs- und Querneigungen werden zwingend vor dem Fräsvorgang vorgenommen, um eine konstante Stabilisierungsstärke zu gewährleisten.
- Um Schwundrisse zu vermeiden, wird in der Praxis etwas weniger Wasser als W_{opt} beigemengt.
- Beim Einsatz von einer Planiermaschine muss unmittelbar danach gewalzt werden, da sonst durch die Räder der Planiermaschine eine Vorverdichtung stattfindet und keine gleichmässige Verdichtung mehr möglich ist.
- Während den darauffolgenden 2 - 3 Tagen darf der zementstabilisierte Strassenkörper nicht mit schweren Lasten befahren werden.

Abschlussarbeiten

Gegebenenfalls nach erstem Befahren sich bildende Splittanhäufungen entfernen.



Sicherheit

Besonders zu beachtende Sicherheitsaspekte:

- immer
- **9 lebenswichtige Regeln** für den Verkehrsweg- und Tiefbau (SUVA Publikation 88820)
 - **Notfallplanung** (SUVA Publikation 67061)
 - **Arbeitsvorbereitung (AVOR)** (SUVA Publikation 67124)
- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Naturgefahren, Gebirge (SUVA Publikation 33019, 67154) | <input type="checkbox"/> Absturz am Arbeitsplatz inkl. Zugang (SUVA Publikation 33016, 44002) |
| <input checked="" type="checkbox"/> Maschineneinsatz (SUVA Publikation 67041, 67039, 67161, 1574) | <input checked="" type="checkbox"/> Graben und Baugruben (SUVA Publikation 67148) |
| <input type="checkbox"/> Strom auf der Baustelle (SUVA Publikation 67081, 67092) | <input checked="" type="checkbox"/> Zusammenarbeit mit Fremdfirmen (SUVA Publikation 66092/1) |
| <input checked="" type="checkbox"/> Verkehr und Infrastruktur (SN 640886) | <input type="checkbox"/> Waldarbeiten (SUVA Publikation 84034) |
| <input type="checkbox"/> 9 lebenswichtige Regeln für das Helikopter-Bodenpersonal (SUVA Publikation 88819) | <input type="checkbox"/> Arbeiten am, im oder über Wasser (SUVA Publikation 67153) |

Werterhalt

Betrieblich

Der betriebliche Werterhalt beschränkt sich auf das Offenhalten von Entwässerungsanlagen wo solche vorhanden sind (Querabschläge, bergseitige Wasserführungen).

Baulich

Allfällige Rissbildungen in der Tragschicht können durch die Viskosität des Oberflächenbelags ausgeglichen und Beschädigungen des Oberflächenbelags mit der Bitumenemulsion und Splitt ausgebessert werden.

Rückbau

Im seltenen Fall des Rückbaus oder Teilrückbaus der Erschliessung wird die Schwierigkeit der Kombination von «weissen» und «schwarzen» Baustoffen ersichtlich. Diese sind zu trennen. Die Schottertränke kann mit einer Asphaltfräse bei kühlen Temperaturen abgefräst werden. Der zementstabilisierte Strassenkörper kann aufgebrochen werden und zu Kiessand B aufgearbeitet werden.

Das Bitumen aus der Deckschicht kann nach dem Abtrennen von der Tragschicht unter Hitze wieder aufbereitet und dem gleichen oder einem neuen Verwendungszweck zugeführt werden.

Haftungsausschluss:

Die vorliegende Dokumentation ist ein Erfahrungsbericht eines konkret realisierten Bauobjektes. Sie soll Planern und Ausführenden Lösungsmöglichkeiten aufzeigen, zum Nachdenken über die eigenen Vorgehensweisen anregen und Anhaltspunkte zur ähnlichen Realisierung geben. Obwohl alle Sorgfalt bei der Erarbeitung der Dokumentation verwendet wurde, können Fehler enthalten sein und kann für die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Daten weder eine explizite noch implizite Zusicherung und Gewährleistung abgegeben werden. Für die inhaltliche Richtigkeit, Vollständigkeit und Auswahl lehnt die Fachstelle für forstliche Bautechnik jede Haftung ab. Bei Verwendung von Informationen zu eigenen Zwecken sind die übergeordneten Normen einzuhalten und sind die Angaben situativ an die eigenen Gegebenheiten anzupassen. Die Nutzung der Daten erfolgt somit auf eigene Gefahr. Insbesondere ist die Fachstelle für forstliche Bautechnik nicht verantwortlich, wenn der Nutzer im Vertrauen auf die Fehlerfreiheit und Vollständigkeit der Inhalte Handlungen vornimmt oder unterlässt und ihm im Folgenden daraus ein Schaden erwächst.



Bilder



Abb. 1: Vorbereiten: Aufreißen des Strassenkörpers (Foto: Fobatec).



Abb. 2: Vorbereiten: Brechen des Ausgangsmaterials (Foto: Fobatec).



Abb. 3: Vorbereiten: Abschnitt entlang von Kunstbauten werden normal gekoffert und nicht stabilisiert (Foto: Fobatec).



Abb. 4: Applikation von Zement nach dem Wässern, jeweils gemäss den Dosierungsvorgaben (Foto: Fobatec)



Abb. 5 (links): Bei Strassenabschnitten, die von Leitungen durchquert werden, oder die mit Stützmauern gesichert sind und entsprechend schmal sind, hat man zum Schutz der bestehenden Infrastruktur auf das Brechen verzichtet und stattdessen eine neue Kofferung / Tragschicht eingebaut und sachgemäss verdichtet (Foto: Fobatec).



Abb. 6: Mischen mit der Fräse (Foto: W Krättli).



Abb. 7: Vorverdichten mit Walzenzug zur Vermeidung von vorverdichteten Spuranlagen durch die Maschinen (Foto: Fobatec)



Abb. 8: Anlage und Planieren des künftigen Strassenprofils mit dem Grader (Planiermaschine; Foto: Fobatec).



Abb. 9: Fertig verdichteter und somit stabilisierter Strassenkörper nach der Profilierung (Foto: Fobatec).



Abb. 9: Gleichmässiges Auftragen des Bitumens mit einem Sprühbalken (Foto: Fobatec).



Abb. 10: Unten der zweite Bitumenauftrag mit aufliegender Splittabstreuung. Der gut sichtbare Bitumenstreifen ist der Dritte Bitumenauftrag. Darüber befindet sich die dritte Abstreuung mit der feinsten Kornabstufung (Foto: Fobatec).