

## Studie **Naturstrassen Bau und Unterhalt**



### **Natur und Landschaft erschliessen**

Im ländlichen Raum leben und arbeiten viele Menschen. Er ist Kulturlandschaft und bietet Erholung sowie vielfältige Freizeitmöglichkeiten. Im Mittelland und Jura ist die Landschaft nahezu vollständig mit den dazu notwendigen Strassen und Wegen erschlossen. Von den rund 70'000 km Strassen entfallen etwa 30'000 km auf Waldstrassen und etwa 40'000 km auf Güter und Alpwege.

Bei den Waldstrassen tragen durchschnittlich 80 %, bei den Güterstrassen etwa 60 % als Naturstrassen einen natürlich gebundenen Belag. Bei den Hartbelägen überwiegen die bituminös gebundenen Deckschichten.

### **Naturbeläge aus Schweizer Gestein**

Zur Herstellung von Naturbelägen eignen sich Locker- und Felsgesteine mit genügend zementierenden Feinanteilen, wie Kalkmehl oder Tonminerale. Je nach Ausgangsmaterial und Feinanteil wird zwischen kalkwassergebundenen und tonwassergebundenen Deckschichten unterschieden.

Für kalkwassergebundene Schichten eignen sich die meisten Kalkgesteine des Juras und der Alpen. Als Ausgangsmaterialien für tonwassergebundene Materialien werden tonhaltige Moränekiese und Nagelfluhgesteine verwendet.

### **Optimal verarbeitet und aufbereitet**

Die Kornverteilung wassergebundener Deckschichten sollte nach dem Prinzip mechanisch stabilisierter Korngemische zusammengesetzt sein. Diese Korngemische sind so aufgebaut, dass die kleineren Körner die Hohlräume der jeweils grösseren Körner optimal ausfüllen. Dadurch können gut verdichtbare, hohlraumarme und erosionsfeste Schichten hergestellt werden.

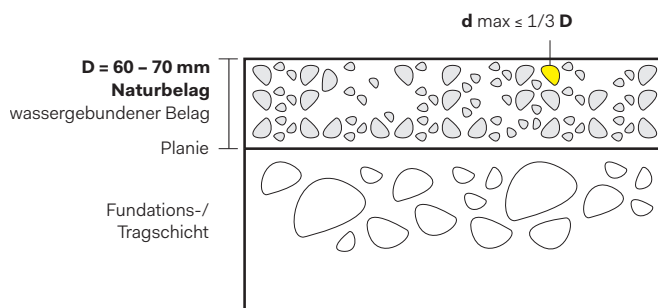
### **Gut verdichtbare, hohlraumarme und erosionsfeste Schichten**

Bei den kalkwassergebundenen Schichten sollte der Anteil an Kalksteinmehl ( $\varnothing < 0,06 \text{ mm}$ ) bei etwa 10 % liegen, damit das Korngerüst durch die Karbonatbindung gut verkittet wird. Bei den tonwassergebundenen Schichten sollte der Tonanteil ( $\varnothing < 0,002 \text{ mm}$ ) 5 – 10 % betragen, damit genügend kohäsive Bindungskräfte vorhanden sind. Zur Gewährleistung eines guten Schichtverbundes sollte das Grösstkorn  $1/3$  der fertig verdichteten Schichtdicke nicht überschreiten, die Schichtdicke sollte 60 mm nicht unterschreiten.

Bei den Schichtdicken von 60 – 70 mm ist somit ein Grösstkorn von 20 – 25 mm zweckmässig. Korngemische mit kleinerem Grösstkorn (0/15 mm; 0/16 mm) stellen auch bei einer Schichtdicke von 60 mm sicher, dass bei der zulässigen Abweichung von der Sollschichtdicke von 20 % das erwähnte bodenmechanische Kriterium und somit der optimale Schichtverbund an jeder Stelle gewährleistet ist.

### Kalksteinschotter mit hoher Stabilität

Da Kiesgemische für wassergebundene Deckschichtmaterialien in der Natur nicht in idealer Form vorkommen, muss das Gestein mit Brechern aufbereitet werden. Beim Lockergestein, wie Moräne oder Nagelfluh, wird nur das Überkorn aus der Vorabsiebung gebrochen, sodass mehr als die Hälfte des Gemisches aus Rundkorn besteht. Beim felsgebrochenen Kalk sind alle Körner gebrochen. Es kommt im Schichtverbund zu einer starken Verzahnung, die der Schicht eine hohe Stabilität verleiht.



Schichtdicken und Maximal Korn bei wassergebundenen Deckschichten

### Entscheidung Naturstrasse

Wichtige Entscheidungskriterien für Naturstrassen sind die Häufigkeit und Art des Verkehrs sowie der davon abhängige Winterdienst, die Längsneigung der Strassen, die Menge und Stärke der Niederschläge und die Besonnung bzw. die Austrocknung der Schicht (Flur,

Wald). Niederschläge und Wasser der Schneeschmelze gehören zu den Hauptursachen für Schäden an der Deckschicht von Naturstrassen. Viele Untersuchungen haben gezeigt, dass die Bombierung bzw. das Dachprofil das günstigste Profil darstellt.

### Fachgerechter Einbau

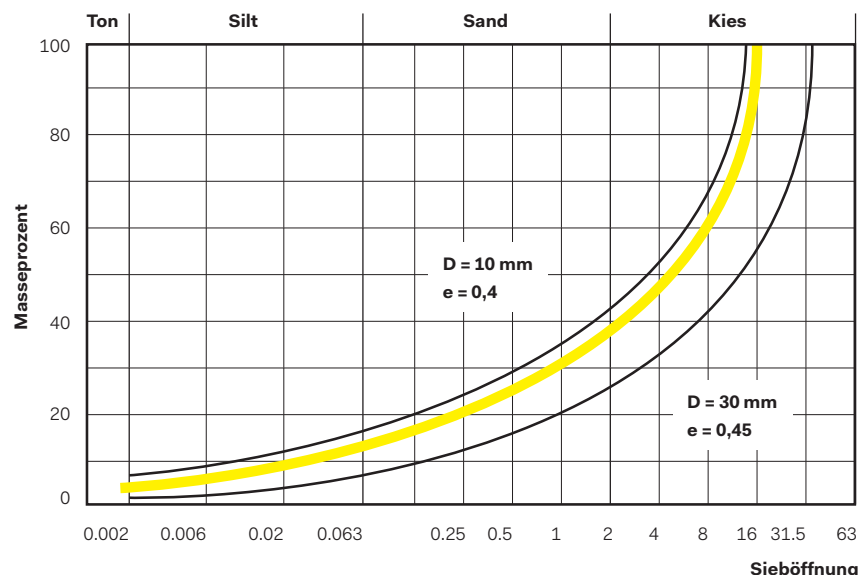
Auf einer bombierten Fahrbahnoberfläche wird das Wasser auf kürzestem Weg von der Fahrbahn abgeleitet. Bei 10 % Steigung liegt die maximale Abflussdistanz unter 3 m. Bei horizontaler Fahrbahn muss die Querentwässerung mit Querabschlägen (Stahl, Beton, Holz) erfolgen. Die Abflussdistanzen entsprechen in diesem Fall dem Abstand der Querabschläge (20 – 50 m), wodurch die Erosionsgefährdung massiv ansteigt. In Gebieten mit Starkregen kann die Wassermenge so gross werden, dass die Abflusskapazität der Querabschläge überschritten wird (Burllet 1986).

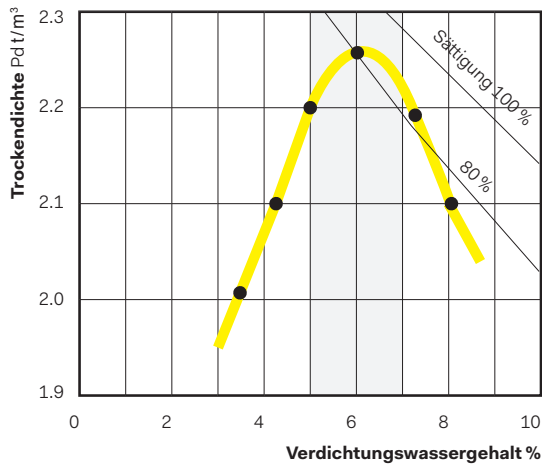
Eine einseitige Querneigung talwärts ist nur in flachem Gelände bei wenig Niederschlägen angezeigt, weil sonst starke Erosionsschäden an der Deckschicht und an den talseitigen Böschungen auftreten können.

Der Einbau der wassergebundenen Deckschichten erfolgt zweckmässigerweise maschinell mittels Grader oder Fertiger in der vorgeschriebenen Schichtdicke. Die Verdichtung sollte im Bereich des optimalen Wassergehalts (Proctor) erfolgen, wodurch hohe Raumgewichte (Trockendichte  $P_d > 2,0 \text{ t/m}^3$ , Porosität  $n < 20 \%$ ) mit guter Festigkeit und grosser Stabilität erreicht werden. Die kalk-wassergebundenen Materialien sollten erfahrungsgemäss leicht über dem optimalen Wassergehalt («nasser Ast» der Proctorkurve) verdichtet werden, da-

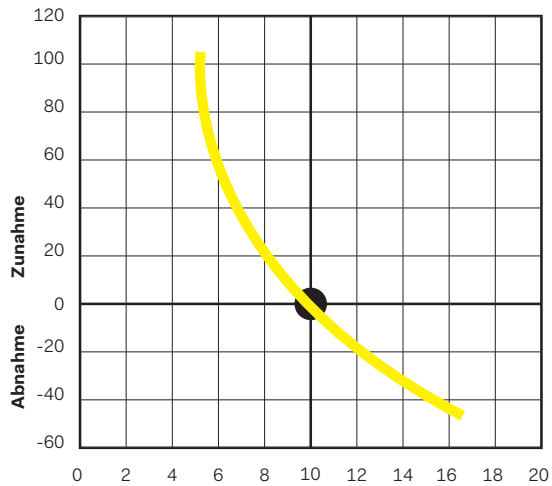
Für eine optimale Kornverteilung kalk-wassergebundener Materialien sind parabelförmige Kornverteilungskurven (Talbotkurven) mit Parabelexponenten zwischen 0,4–0,45 erforderlich.

Beispiel: KFN Netstaler® 0–15 mm, Kalksteinschotter geschlamm





**Bereich des Verdichtungswassergehalts und der Trockendichte (Proctor-Verdichtungsversuch).  
Beispiel: KFN Netstaler® 0-15 mm,  
Kalksteinschotter geschlammt**



geeignetes Material nur teilweise gebrochen weniger stark gebunden Moränekies	<b>Mittelwert</b>	hochwertiges Material 100 % gebrochen stark verkittet Kalkschotter
---	-------------------	---

**Veränderung der kapitalisierten Kosten für den periodischen Unterhalt von Naturbelägen**

mit sich eine gute Karbonatbindung einstellt. Nach dem Einbau der wassergebundenen Schichten empfiehlt sich eine Sperrung von mindestens einem Monat.

**Wirtschaftlich und umweltgerecht**

Im laufenden Unterhalt werden vereinzelte Schäden an der Deckschicht, etwa Schlaglöcher, kleinere Erosionsschäden sowie Schäden durch die Holzernte, beseitigt. Die Kontrolle des Strassenzustandes und die notwendigen Unterhaltsarbeiten erfolgen mindestens einmal jährlich, vorwiegend aber nach starker Beanspruchung der Strasse.

Der Zeitpunkt für den periodischen Unterhalt ist dann erreicht, wenn die Deckschicht erhebliche Schäden wie Erosionsrinnen, Spurrinnen und Abnützungen aufweist und das wasserabweisende Profil der Deckschicht (Bombierung) stark beschädigt ist. Der periodische Unterhalt besteht in der Reprofilierung der Deckschicht mit Hilfe eines Graders.

**Kostenfaktor Unterhalt**

Bei qualitativ hochwertigem Deckschichtmaterial (minimale Schichtdicke 60 mm, Grösstkorn ≤ 1/3 der Schichtdicke) ist das vorhandene Material für die Wiederinstandsetzung der Deckschicht in der Regel ausreichend. Bei weniger geeignetem Material und/oder un-

genügender Schichtdicke muss die Schicht meistens mit zusätzlichem Material ergänzt werden, was die jeweiligen Kosten eines periodischen Unterhalts annähernd verdoppeln kann (Lienert 1996).

**Längerer Unterhaltszyklus und 40 % Einsparungen**

Für die ton-wassergebundenen Deckschichtmaterialien mit nur teilweise gebrochenem Korn beträgt der Turnus des periodischen Unterhalts unter mässiger Beanspruchung etwa 10 Jahre. Bei stärkerer Beanspruchung verkürzt sich der Unterhaltsturnus, wodurch die kapitalisierten Kosten des periodischen Unterhalts deutlich ansteigen.

Mit hochwertigem felsgebrochenen Kalkschotter liegt dieser Unterhaltszyklus erfahrungsgemäss bei etwa 15 Jahren. Das bedeutet, dass sich die kapitalisierten Kosten für den periodischen Unterhalt bei einem Berechnungszeitraum von 40 – 60 Jahren um etwa 40 % reduzieren lassen.



### Literatur

Hirt, R.: Bau- und Unterhaltskosten von Wald und Güterstrassen, Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen Nr. 4, 1977

Burlet, E.: Fahrbahntwässerung und Wasserableitung im forstlichen Strassenbau, Bündnerwald, Nr. 7, 1986

Lienert, St.: Technik, Verfahren und Kosten des periodischen Unterhalts von Naturstrassen mit bombierter Oberfläche (Beispiel Kanton Schwyz), Bündnerwald, Nr. 2, 1996

### Nach einer Publikation von

Prof. Dr. Richard Hirt, Forstliches Ingenieurwesen, Eidg. Technische Hochschule ETH-Zentrum, 8092 Zürich



# KFN

**Kalkfabrik Netstal AG**  
Oberlanggüetli, 8754 Netstal  
Switzerland

T +41 55 646 91 11  
F +41 55 646 92 66  
info@kfn.ch, www.kfn.ch