

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 111 (1960)
Heft: 1

Artikel: Versuch einer Stabilisierung im Waldstrassenbau im Wägital, Kt. Schwyz
Autor: Kuonen, Viktor
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-765609>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Versuch einer Stabilisierung im Waldstraßenbau im Wägital, Kt. Schwyz

Von *Viktor Kuonen*, Mitarbeiter von Herrn Prof. *B. Bagdasarjanz*, ETH Zürich

1. Einleitung

Das Kantonsforstamt Schwyz hat die Professur für forstliches Bau- und Transportwesen ersucht, bei Waldstraßenbauten auf schlechtem Baugrund (Flysch) mitzuarbeiten, um eine wirtschaftlichere und rationellere Baumethode zu entwickeln.

Der Verfasser ist als Mitarbeiter von Herrn Prof. Bagdasarjanz an der Versuchsanstalt für Wasser- und Erdbau tätig. Die «Eidg. Stiftung zur Förderung schweizerischer Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung» hat die Finanzierung dieser Arbeiten übernommen. Für den zur Verfügung gestellten Kredit sei an dieser Stelle bestens gedankt.

Mit dem zuständigen Kreisoberförster, Herrn Abt, ist vereinbart worden, eine Versuchsstrecke von etwa 100 m nach unseren Angaben zu bauen. Es wurden absichtlich die schlechtesten Baugrundverhältnisse des ganzen Projektes ausgesucht und die Strecke so gewählt, daß sie zum Teil auf Damm und zum Teil im Einschnitt liegt.

2. Problemstellung

Der natürlich gewachsene Boden ist wegen des hohen Wassergehaltes und wegen der ungünstigen Kornzusammensetzung nicht verdichtbar. Eine Schicht Kies-Sand in üblicher Stärke von 40–50 cm kann nicht verdichtet werden, weil — bei dieser Mächtigkeit des Kieskoffers — die Beanspruchung des Untergrundes durch das Verdichtungsgerät zu groß ist und der Untergrund ausgequetscht wird. Die normale Mächtigkeit des Kieskoffers hält auch dem Baustellenverkehr nicht Stand und fordert schon während des Bauens große Unterhaltsarbeiten. Eine mächtigere Schicht könnte verdichtet werden, kann aber aus finanziellen Gründen nicht ausgeführt werden, da brauchbares Kieskoffermaterial weit entfernt ist und der Kubikmeterpreis sehr hoch zu stehen kommt.

Um eine tragfähigere und wirtschaftlichere Straße zu bauen, untersuchten wir folgende Möglichkeiten:

a) entweder den Untergrund selbst so zu behandeln, daß er tragfähiger wird (durch Trocknung, Stabilisierung usw.) oder

b) den Kieskoffer vor Ausquetschung und Durchmischung mit dem Untergrund bei der Verdichtung und bei der Verkehrsbeanspruchung zu schützen.

Die Möglichkeiten für den Fall der Untergrundbehandlung sind folgende:

1. Trocknung des anstehenden Bodens, um eine bessere Verdichtung hervorzubringen.
2. Mechanische Stabilisierung.
3. Stabilisierung mit Zement.
4. Stabilisierung mit Kalk.

Um die Ausquetschung des Untergrundes ohne direkte Behandlung desselben zu verhindern, bestehen die Möglichkeiten:

1. Stabilisierung der Foundation.
2. Ausführung der Decke aus Beton.

Diese unter 2. genannte Lösung fällt aus wirtschaftlichen Gründen zum vornherein weg.

In den folgenden Darlegungen wird gezeigt, warum wir zur Lösung der Stabilisierung der Foundation gelangt sind.

3. Untersuchungen im Feld und im Laboratorium

a) *Probenentnahme*: Auf der Versuchsstrecke wurden mehrere ungestörte und gestörte Bodenproben entnommen.

Die wichtigsten Resultate der Laboruntersuchungen sind folgende:

| | |
|--|-------------------------|
| Natürlicher Wassergehalt in 1,0–1,7 m Tiefe | = 26 % |
| Feuchtraumgewicht in 1,0–1,7 m Tiefe | = 2,0 t/m ³ |
| Entsprechendes Trockenraumgewicht in 1,0–1,7 m Tiefe | = 1,59 t/m ³ |
| Spez. Gewicht in 1,0–1,7 m Tiefe | = 2,65 t/m ³ |
| Porosität | = 39 % |
| Fließgrenze f | = 35 % |
| Ausrollgrenze a | = 15 % |
| Plastizitätszahl $p = f - a$ | = 20 |
| Liquiditätsindex | = 0,55 |

Kornverteilung:

| | | |
|------------|-------|---------|
| < 20 mm | 100 % | (100 %) |
| < 2 mm | 97 % | (32 %) |
| < 0,2 mm | 84 % | (10 %) |
| < 0,02 mm | 55 % | (3 %) |
| < 0,002 mm | 24 % | (1 %) |

Die in Klammern stehenden Zahlen geben die Kornverteilung eines gut abgestuften Bodens mit Größtkorn 20 mm an.

b) *Mechanische Stabilisierung*: Der Verdichtungsversuch zeigt, daß der optimale Wassergehalt für das Verdichtungsoptimum dieses Materials um 11% tiefer liegt als der natürliche Wassergehalt des Bodens (Opt. Wassergehalt 15%; entsprechendes Trockenraumgewicht: 1,80 t/m³). Der Verdichtungsversuch zeigt aber auch, daß sich bei dem Wassergehalt, der dem natürlichen des Bodens entspricht, ein Trockenraumgewicht von 1,55 bis 1,60 t/m³ ergibt. Das Trockenraumgewicht des gewachsenen Bodens, bestimmt an mehreren ungestörten Bodenproben, beträgt auch 1,55 bis 1,60 t/m³. Dieser Boden hat also die dichteste mögliche Lagerung bei dem hohen natürlichen Wassergehalt, und ein Einsatz von Verdichtungsgeräten auf diesem Baugrund bei einem solchen Wassergehalt kann somit keine Erfolge erzielen. Eine mechanische Stabilisierung, Verbesserung des Kornaufbaues und Verdichtung, kommt also wegen des allzu hohen Wassergehaltes und wegen der allzu ungünstigen Kornverteilung des anstehenden Bodens nicht in Frage (vgl. Zahlen der Kornverteilung eines gut abgestuften Bodens).

c) *Zementstabilisierung*: Auf Grund von Erfahrungen mit ähnlichen Böden zeigt es sich, daß es sehr unwirtschaftlich, teilweise sogar unmöglich ist, diesen Boden mit Zement zu stabilisieren. Dies einmal daher, weil der natürliche Wassergehalt des Bodens sehr hoch ist und die Festigkeit des zementverfestigten Bodens bei zu viel Wasser sehr stark herabfällt, und andererseits wegen des hohen Tonanteils des Bodens (über 20%), was unwirtschaftlich hohe Mengen an Zement verlangen würde.

d) *Kalkstabilisierung*: Versuche mit Kalk ergeben wohl eine Verschiebung des optimalen Verdichtungsgrades in Richtung eines höheren Wassergehaltes, aber dabei wird das Trockenraumgewicht dermaßen kleiner, daß von einem Großversuch im Felde vorderhand abgeraten wird (vgl. Tab. 1). Systematische Untersuchungen über den Baustoff Kalk werden weiterhin durchgeführt.

Tabelle 1 Abhängigkeit des Trockenraumgewichtes von der Kalkzugabe

| Versuch Nr. | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|
| Kalkgehalt in % | 0 | 1 | 2 | 4 |
| Günstiger Einbauwassergehalt % | 14,6 | 18,9 | 22,9 | 27,2 |
| Entsprechendes Trockenraumgewicht | 1,81 | 1,59 | 1,43 | 1,39 |
| Entsprechendes Naßraumgewicht | 2,07 | 1,89 | 1,76 | 1,77 |
| Spez. Gewicht | 2,65 | 2,65 | 2,65 | 2,65 |
| Sättigungsgrad | 83 | 75 | 71 | 79 |

4. Belastungsversuche auf der Rohplanie und ok-Kieskoffer

Belastungsversuche auf dem geplanten Untergrund ergeben sehr schlechte Resultate. Ebenso sind die Resultate der Belastungsversuche ok-

Kieskoffer (also auf fertiger Straße ohne Verschleißschicht), welcher mit einer Bomag-Vibrationswalze¹ verdichtet worden ist, ungenügend. Wie früher ausgeführt, kommt das daher, weil der Kies-Sand auf diesem schlechten Untergrund nicht richtig verdichtet werden kann.

Tabelle 2 Zusammenstellung der Resultate der Belastungsversuche mit einer Kreisplatte von 700 cm²

| | Laststufen in kg/cm ² | | | | | |
|--------------------------------|----------------------------------|--------------------|-----------|-------|---------|---------|
| | 0—0,2 | 0,2—0,5 | 0,5—1,0 | 0—1,0 | 1,0—2,0 | 2,0—5,0 |
| <i>Auf Untergrund</i> | | | | | | |
| Versuch Nr. 1 | 43 | 8 | gebrochen | | | |
| Versuch Nr. 2 | 66 | 6,5 | gebrochen | | | |
| Versuch Nr. 3 | 199 | 58 | 32 | | | |
| Versuch Nr. 4 | 495 | 37 | 23 | | | |
| Versuch Nr. 5 | 16 | Boden gebrochen | | | | |
| <i>ok-Kieskoffer</i> | | | | | | |
| Versuch Nr. 6 | | | | 330 | 97 | 79 |
| Versuch Nr. 7 | | | | 123 | 173 | 229 |
| <i>Auf stab. Unterlage</i> | | | | | | |
| Versuch Nr. 8 | | | | 610 | 450 | 338 |
| Versuch Nr. 9 | | | | 338 | 342 | 326 |
| Versuch Nr. 10 | | | | 635 | 205 | 127 |

Versuche 1, 2 und 5 sind auf schlechtestem Untergrund gemacht worden. Versuche 3 und 4 dagegen auf bestem angetroffenem Untergrund. Versuch 10 ist auf einer Arbeitsfuge durchgeführt worden. Zum Vergleich: ein Untergrund, der nicht einen M_E -Wert von 150 kg/cm² hat, muß nach der VSS-Norm entweder entfernt oder aber verbessert werden, bis er soviel erreicht. Der Belastungsversuch selber dient dazu, um die Zusammendrückbarkeit und die Tragfähigkeit des Untergrundes oder der Tragschicht zu ermitteln.

Berechnung nach der Formel:

$$M_E = \frac{\Delta p}{\Delta y} \cdot D$$

M_E = Zusammendrückungsmodul
 Δp = kg/cm² (Laststufe)
 Δy = Eindringung der Platte²
 D = Durchmesser der Platte

¹ Daten der Bomag-Walze: Betriebsgewicht: ca. 700 kg. Antrieb: 7 PS-Dieselmotor, Bandagenbreite: 750 mm, Bandagendurchmesser: 500 mm.

² Bei einer Erhöhung der Belastung um Δp .

5. Ausführung der zementvermörtelten Kies-Sand-Schicht von 15 cm Mächtigkeit

Die schlechte Verdichtbarkeit des Untergrundes und daher auch des aufgeschütteten Kieskoffers führte zur Überlegung, eine zementverfestigte Kies-Sand-Schicht einzubringen, welche als Verdichtungshilfe für den Kieskoffer und als lastverteilende Platte gedacht ist und welche verhindern soll, daß der anstehende Boden zwischen den Radspuren ausgequetscht wird.

Es ist folgendermaßen vorgegangen worden: Der Untergrund, Schüttung wie gewachsener Boden, wurden wie bisher planiert und verdichtet. Auf diesem Planum sind Belastungsversuche durchgeführt worden (Tab. 2).

Weil der Untergrund mit Lastwagen unbefahrbar war, wurde der Kies-Sand mit einem D4-Trax vorgestoßen und in einer Mächtigkeit von etwa 15 cm aufgebracht. Bei einer Breite der Straße von 4,0 m ergibt das pro Laufmeter etwa 0,6 m³ Kies-Sand. Vorgesehen war eine zementverfestigte Schicht, die ungefähr einem PC 100 entspricht, prozentual sind das etwa 6 Gewichtsanteile Zement. Hier also pro Laufmeter 60 kg Zement oder ein Sack à 50 kg auf 0,83 m Straße. Der Zement wurde sackweise in eine Karrette gegeben und gleichmäßig auf den Kies-Sand verteilt. Mit einer landwirtschaftlichen Bodenfräse¹ wurde sodann der Zement mit dem Kies-Sand gemischt, und dabei hat man gleich festgestellt, daß das Gemisch zu trocken war. Mit einer Gießkanne wurde gleichmäßig Wasser verteilt und wieder gemischt. Dieser Vorgang wiederholte sich 2–3mal, bis das Gemisch die optimale Feuchtigkeit erreicht hatte. Darauf wurde die Schicht mit der Bomag-Vibrationswalze mit etwa 10 Übergängen verdichtet. Die ganze Versuchsstrecke von etwa 80–90 m wurde in 3 Teilstücken bearbeitet.

Für die Verfestigung mit Zement ist der gleiche Kies-Sand verwendet worden wie für den normalen Kieskoffer (Kornverteilung in Tab. 3).

Zur Nachbehandlung wurde eine 5–6 cm dicke Kies-Sand-Schicht aufgebracht, um die zementverfestigte Schicht vor Austrocknen zu schützen. Diese wurde bis zum Aufbringen des 20 cm mächtigen Kieskoffers ständig feucht gehalten. Der Kieskoffer wurde nach 8 Tagen aufgebracht und mit der Bomag-Walze verdichtet, allerdings ohne Vibrator, um wegen der großen Tiefenwirkung der Vibration, nicht etwa die zementverfestigte Schicht zu zerstören.

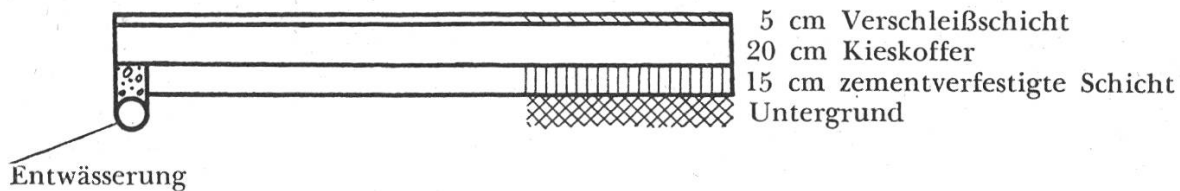
Während zwei Tagen sind anschließend 14 schwere Lastwagen mit 4–5 m³ Kies ständig darüber gerollt. Außer an einer Arbeitsfuge zwischen zwei Teilstücken haben sich auf der ganzen Versuchsstrecke keine Schäden gezeigt. Zum Vergleich sei angeführt, daß die Normalausführung, welche anschließend an die Versuchsstrecke zur Anwendung kam, der Verkehrs-

¹ Daten der Fräse: Simar, Landwirtschaftliche Bodenfräse. Antrieb: 6 PS 2-Taktmotor, Fräsbreite: 70 cm.

belastung in keiner Weise genügte und der anstehende Boden in der Mitte der Straße ausgequetscht wurde.

Zehn Tage nach Einbringen der Schicht sind ok-Kieskoffer-Belastungsversuche durchgeführt worden, deren Resultate in Tab. 2 zusammengestellt sind. Gegenüber der normalen Ausführung sind die Werte erheblich höher.

Normalprofil der Versuchsstrecke:



6. Die Verschleißschicht

Als Verschleißschicht wird für die ganze Straße eine wassergebundene, etwa 5 cm dicke Kies-Sand-Schicht verwendet. Es sind zwei Gemische der Kiesgrube Kibag in Sieben untersucht worden, welche beide als gut abgestuft betrachtet und zur Verwendung empfohlen werden können. Das Größtkorn des Kieses beträgt im ersten Fall 10 mm, im zweiten Fall 20 mm (Kornverteilung in Tab. 3).

Tabelle 3 Kornverteilung des Kieskoffermaterials und der Verschleißschicht

| | | | Kieskoffer-Material | Verschleißschicht | |
|-----------------|-------|---|---------------------|-------------------|------------|
| | | | | Mischung 1 | Mischung 2 |
| Max. Korn in mm | | | 60 mm | 20 mm | 10 mm |
| < 60 | mm in | ‰ | 100 ‰ | — | — |
| < 20 | » » | » | 60 ‰ | 100 ‰ | — |
| < 10 | » » | » | 48 ‰ | 70 ‰ | 100 ‰ |
| < 2 | » » | » | 28 ‰ | 38 ‰ | 45 ‰ |
| < 0,2 | » » | » | 7 ‰ | 10 ‰ | 12 ‰ |
| < 0,02 | » » | » | 4 ‰ | 5 ‰ | 6 ‰ |
| < 0,002 | » » | » | 2 ‰ | 2 ‰ | 3 ‰ |

7. Sickerpackungen

Auf der ganzen Strecke waren Sickerleitungen notwendig. Vielfach sind als Sickerpackungen anfallende Steine verwendet worden, welche sich aber nicht gut bewährten, da der anstehende Boden zwischen die Steine gedrückt und die Sickerröhren verstopft wurden. Bei dem sehr feinkörnigen Boden wird es somit notwendig, ein Filtermaterial als Sickerpackung zu verwenden, das genügend durchlässig ist, um den relativ kleinen Wasseranfall durchzulassen, aber gleichzeitig verhindert, daß die feinkörnigen Bodenteilchen vom Wasser mitgerissen werden. Dabei stellte

es sich heraus, daß der gut graduierte Kies, wie er für den Kieskoffer benutzt wird, sich als Filtermaterial bestens eignet. Dazu kann es im gleichen Arbeitsgang mit dem Kieskoffermaterial eingebracht werden.

8. Trocknungsversuche des Untergrundes durch Fräsen mit einer Rotoregge

Es ist auch die Möglichkeit in Betracht gezogen worden, den anstehenden Boden mit einer starken Fräse aufzureißen und durchzufräsen, damit er rascher austrockne und sich besser verdichten lasse. Die landwirtschaftliche Maschinenfabrik Bucher-Guyer in Niederweningen war so freundlich, eine Vorführung zu machen. Mit einem 40-PS-Traktor, welcher trotz seiner Größe sehr wendig ist, wurde der Untergrund mit einer Rotoregge (Spatenegge) gut aufgerissen und bei mehrmaligem Durchfahren auch ziemlich gut verkleinert. Um den Untergrund rascher auszutrocknen, wird diese Egge sich sicher gut eignen. Voraussetzung für gutes Austrocknen des aufgefästen Untergrundes sind natürlich 2—3 schöne, sonnige Tage. Um dem anstehenden Boden jedoch irgendeinen Zusatzstoff (Zement, Kalk usw.) beizumischen, dürfte sie weniger geeignet sein, da sie den Boden zu wenig fein zerkleinert. Die erwähnte Fabrik prüft gegenwärtig, ob sich eine andere Egge oder eine Rotoregge mit mehr Messern oder Zähnen für die bessere Zerkleinerung und Mischarbeit besser eignen wird.

9. Schlußbemerkungen

Die ungünstige Kornverteilung des anstehenden Bodens und der allzuhohe Wassergehalt sowie der hohe Anteil an organischen Bestandteilen verunmöglichen eine gute Verdichtung sowohl des Unterbaues als auch des normal eingebrachten Kieskoffers. Die aus Fremdmaterial zementverfestigte Schicht ist somit als Verdichtungshilfe für den Kieskoffer gedacht, während sie zugleich verhindern soll, daß der anstehende Boden ausgequetscht wird.

Mit diesem Versuch ist also eine Möglichkeit aufgezeigt, um die schwierigsten Stellen dieser Gebiete zu «überbrücken» und dennoch im Rahmen des Wirtschaftlichen zu bleiben. Bei dieser Methode ist das Arbeitsprogramm so zu gestalten, daß wenigstens 7 Tage kein Verkehr über die frisch vermörtelte Schicht rollt. Die Länge der zu vermörtelnden Strecken ist von Fall zu Fall, nach Baufortschritt und Untergrund, entsprechend zu wählen.

Résumé

L'article décrit les conditions difficiles rencontrées lors de la construction d'une route forestière sur un sous-sol très mauvais. L'auteur indique la solution adoptée, qui consiste à stabiliser au ciment sur le sous-sol une couche de matériel d'apport (graviers). Le matériel a été mélangé avec le liant à l'aide d'une fraiseuse agricole et compacté par un cylindre vibrant. Cette couche de fondation rigide a permis de compacter convenablement la couche portante en graviers et en même temps empêche la remontée des matériaux fins du sous-sol.