Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 124 (1973)

Heft: 5

Artikel: Waldstrassenbau im Flyschgebiet

Autor: Abt, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-767434

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: 06.08.2025

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

Waldstrassenbau im Flyschgebiet

Von *E. Abt*, Lachen

Oxf.: 686.3

Vorbemerkung

Professor *Bagdasarjanz* feiert am 19. Mai 1973 seinen 80. Geburtstag. Der Jubilar hat sich viele Jahre mit dem Waldstrassenbau in schlecht tragfähigen Böden befasst und durch seinen Rat die Einführung und Weiterentwicklung von Stabilisierungsverfahren entscheidend beeinflusst. Der Waldstrassenbau im Flyschgebiet wurde bereits in mehreren Veröffentlichungen behandelt (1 bis 6). Der folgende Versuch, dem Jubilaren einen bescheidenen Dank abzustatten, enthält Wiederholungen, dürfte aber trotzdem dazu beitragen, die für den Flyschstrassenbau entwickelten Bauverfahren noch besser zu erläutern und die für die Weiterentwicklung nötigen Zielsetzungen festzulegen.

1. Boden und Klima

Die Verwitterungsböden der Flyschzone gehören in der Mehrzahl zu den Gruppen der mittel- bis hochplastischen Tone (CL, CH, OL, OH) der USCS-Klassifikation. Charakteristisch für diese Böden im natürlichen Zustand sind der hohe Wassergehalt, die plastische bis fliessbare Konsistenz, die geringe Lagerungsdichte und in vielen Fällen die Beimengung von organischem Material. Daraus resultieren die folgenden massgebenden Baugrundeigenschaften:

— ungenügende Tragfähigkeit
— ungenügende Stabilität gegen Wasser und Frost
— geringe bis sehr geringe Scherfestigkeit
— schlechte Bearbeitbarkeit
— schlechte Verdichtbarkeit
— schlechte Befahrbarkeit
— schlechte Setzungseigenschaften

Im natürlichen Zustand sind daher die Flyschböden in den meisten Fällen als Baustoff für den Unterbau nicht geeignet.

In der Flyschzone der nördlichen Voralpen spielen die Niederschläge eine entscheidende Rolle. Die mittleren Jahresniederschläge betragen über

1500 mm. Nach *Zeller* (7) findet man in diesen Gebieten «grösste» Starkregen, «grösste» Gewitterhäufigkeit und «grösste» Höchsthochwasserabflüsse. Diese Konzentration ungünstigster meteorologischer Faktoren und das Vorkommen von undurchlässigen Tonböden mit geringer Scherfestigkeit führen zu Wildbachschäden und Rutschungen mit sehr grosser bis grosser Schadendichte. Die in den letzten zwei Jahrzehnten angelaufene Besiedlungsexpansion in den flachen Haupttälern der Flyschgebiete, die grösstenteils in der Gefahrenzone liegen, wird in Zukunft vermehrte Aufwendungen für den Wildbachverbau und die Sanierung von Rutschungen erforderlich machen.

2. Erschliessungskonzeption

In den Flyschgebieten spielt die Erhaltung und die Pflege der Waldungen und des offenen Kulturlandes sowie die Erstellung und der Unterhalt von Bachverbauungen und Entwässerungen eine entscheidende Rolle. Die Voraussetzung dafür bildet ein rationeller Zugang zu allen Gebieten für das Forst- und Alppersonal, für Maschinen, Baumaterialien, Pflanzen usw. Nach *Kuonen* (8) kann ein rationeller Zugang nur durch den motorisierten Antransport auf Strassen gewährleistet werden. Somit hat auch in den Flyschgebieten die Groberschliessung durch ein Wegnetz, das mit Lastwagen befahrbar ist, zu erfolgen. Die mittlere Wegdichte muss den hohen Baukosten, die durch die schlechten Baugrundeigenschaften bedingt sind, angepasst werden. Ein mittlerer Wegabstand von etwa 300 Meter dürfte für diese Verhältnisse sinnvoll und finanziell vertretbar sein.

Die Feinerschliessung erfolgt am rationellsten mit Klein- und Mittelstreckenseilkranen. Durch den Einsatz von schweren Traktoren und Knickschleppern muss bei den vorhandenen Bodenverhältnissen mit grösseren Schäden gerechnet werden, die durch den Raddruck infolge Gefügezerstörung und Bodenverdichtung entstehen.

3. Unterbau

Die Aufgabe des Unterbaues besteht in der Herstellung eines genügend tragfähigen Planums und von soliden Böschungen. Dabei müssen folgende Arbeitsgänge ausgeführt werden: Abtrag, Transport, Schüttung, Planie und Verdichtung. Wie bereits festgestellt wurde, sind Flyschböden im natürlichen Zustand als Baustoff für den Unterbau nicht geeignet. Es können keine stabilen Dämme erstellt werden, und die vorhandene Untergrundtragfähigkeit von 0 bis 2 CBR-% liegt weit unter dem geforderten Minimalwert von 5 CBR-%. In Flyschgebieten können daher tragfähige Strassen nur erstellt werden, wenn entweder das anstehende Material durch grobkörnige Böden ersetzt oder durch geeignete Stabilisierungsverfahren verbessert wird. Da im Flysch nur selten brauchbare Kiesvorkommen vorhanden sind, müssen beim Materialersatz die grobkörnigen Böden auf weite Distanzen zugeführt werden. Diese

enormen Transporte sind aber im höchsten Mass umweltfeindlich (Luftverschmutzung, Lärm usw.) und belasten das bestehende Strassennetz auf untragbare Weise (Unterhaltskosten). Nach Kuonen (9) liegen seit mehr als zehn Jahren Resultate vor, die beweisen, dass instabile Böden, also Böden, die durch Wasser und Frost ihr Volumen und ihre Tragfähigkeit verändern, mit geeigneten Stabilisierungsverfahren stabil gemacht werden können. Aus diesen Gründen muss der Materialersatz im Flysch als unverantwortliche «Primitivbauweise» abgelehnt werden. Der Strassenbauer hat sich daher mit dem anstehenden Untergrund auseinanderzusetzen und Stabilisierungsmittel auszuwählen, mit denen die feinkörnigen Flyschböden zu stabilen Baustoffen des Unterbaues verarbeitet werden können.

3.1 Planung des Unterbaues

Die sehr schlechten Baugrundeigenschaften erfordern eine sorgfältige Planung. Sie hat frühzeitig zu erfolgen und umfasst folgende, speziell für Flyschgebiete wichtige Planungsarbeiten.

3.1.1 Generelle Projektierung

Die wichtigste Planungsarbeit bei der Erstellung eines generellen Erschliessungsnetzes ist die Abklärung der Baugrundeigenschaften durch Felduntersuchungen. Als negative Fixpunkte haben zu gelten:

— aktive Rutschgebiete;
— sehr schlecht tragfähiger Baugrund;
— stark organische Böden, Torfe, Hochmoore.

Bei der Wahl der Linienführung müssen diese negativen Fixpunkte wenn immer möglich vermieden werden. Dabei haben sich andere erschliessungstechnische Gesichtspunkte (Wegabstände, Steigungen usw.) dieser Forderung unterzuordnen.

3.1.2 Detailprojektierung

Der Projektverfasser hat durch entsprechende Absteckung den vorhandenen Baugrundverhältnissen Rechnung zu tragen. Dabei sind besonders die folgenden Punkte zu beachten:

— Durchführung von Bodenuntersuchungen im Labor und Abklärung der Stabilisierungsmöglichkeiten (Eignungsprüfung);
— Vermeidung grosser Einschnitte und hoher Dämme;
— Materialausgleich auf kurze Distanz im Schwenk- oder Wirkungsbereich der Baumaschinen;
— Materialüberschuss von mindestens 30 Prozent auf die ganze Projektlänge gleichmässig verteilt.

3.1.3 Maschineneinsatz

Die Wahl der Baumaschinen hat unter Berücksichtigung der Bearbeitbarkeit und Befahrbarkeit des Baugrundes zu erfolgen. Grundsätzlich eignen sich

im Flysch nur selbstfahrende Maschinen auf Raupen. Gut bewährt hat sich in der Praxis der Einsatz der Moorraupe und des Gradalls. Mit diesen beiden Maschinen können auch bei sehr schlechten Baugrundverhältnissen die Unterbauarbeiten rationell ausgeführt werden.

3.2 Austrocknung und Verbesserung der Verdichtbarkeit von nassem Dammschüttmaterial

In den meist tonreichen und vernässten Flyschböden kommt von den heute bekannten Bindemitteln nur Branntkalk (CaO) als Stabilisierungsmittel in Frage. Die geforderte Verdichtbarkeit wird durch die Wassergehaltsreduktion und die Veränderung der Plastizitätseigenschaften erreicht. An die Mischqualität müssen daher folgende Ansprüche gestellt werden:

— Gleichmässige Verteilung des Kalkes im Boden;

— keine unbehandelten Krümel grösser als 5 cm.

Der anstehende Boden wird mit Vorteil schon an der Abbaustelle mit 1 bis 3 Gewichtsprozent Branntkalk gemischt. Die genaue Dosierung ist durch Laborversuche festzulegen. Die gewünschte Mischqualität wird durch den Einsatz von Scheibeneggen oder Bodenfräsen erreicht. Das Mischgut wird nach erfolgter Austrocknung schichtweise in den Dammkörper eingebracht und verdichtet.

3.3 Bodenstabilisierung mit Kalk

Bei diesem Verfahren geht es um die Herstellung tragfähiger und stabiler Schichten des Unterbaues, die bei der Dimensionierung des Oberbaues als Fundationsschicht bewertet werden können. Dabei soll einerseits die Reduktion des Wassergehaltes, die Verbesserung der Plastizitäts- und Verdichtungseigenschaften (Soforteffekt) und anderseits die langfristige Festigkeits- und Stabilitätsentwicklung (Langzeitreaktion) erreicht werden. Umfangreiche Nachuntersuchungen (9) haben eindeutig bewiesen, dass durch die Bodenstabilisierung mit Kalk auch im Flysch die geforderte Erhöhung der Tragfähigkeit und die Stabilität gegen Wasser und Frost erzielt werden. Die Arbeitsausführung dieses Verfahrens ist bereits in mehreren Veröffentlichungen eingehend behandelt worden (1 bis 6). An dieser Stelle soll daher nur auf einige Punkte eingetreten werden, die besonders in Flyschböden beachtet werden müssen.

3.3.1 Bodenuntersuchungen

Vor jeder Durchführung einer Bodenstabilisierung mit Kalk sind für die im Projekt vorkommenden Bodentypen rechtzeitig Bodenuntersuchungen und Eignungsprüfungen durchzuführen. Dabei wird festgestellt, ob zwischen Boden und Kalk die gewünschte Wirkung erzielt wird. Im Untersuchungsbericht sind alle Angaben (Kalkdosierung, optimaler Verdichtungswassergehalt usw.) enthalten, die auf der Baustelle unbedingt benötigt werden, um in jeder Situation die richtigen Massnahmen ergreifen zu können.

3.3.2 Herstellen des Planums

In der Flyschzone kommen immer wieder Böden vor, die sich nur schlecht stabilisieren lassen. Daher ist schon beim Abtrag und Auftrag strikte darauf zu achten, dass unbrauchbare Materialien (extrem vernässte oder stark organische Böden, grobe Steine usw.) aus der obersten Schicht des Unterbaues auf eine Tiefe von 20 bis 30 cm entfernt und durch geeignetere Materialien ersetzt werden.

Unmittelbar nach den Erdbewegungsarbeiten, spätestens aber vor Niederschlägen, muss ein verdichtetes und wasserabweisendes Planum erstellt werden. Dadurch wird das Eindringen von Wasser in tiefere Bodenschichten weitgehend verhindert. In der Praxis wird leider dieser Massnahme zu wenig Beachtung geschenkt. Die Folge davon sind vollständige Durchnässung des Erdplanums und Böschungsrutschungen. Der Baustellenfortschritt kann dadurch um Tage, ja sogar um Wochen verzögert werden. Aus dem gleichen Grunde darf bei Regen das ungeschützte Planum weder befahren noch begangen werden. Im Vortrieb benötigte Baumaterialien sind vor dem Wetterumschlag nach vorne zu transportieren.

3.4 Baustellenorganisation

Grundsätzlich können in Flyschböden die Unterbau- und Stabilisierungsarbeiten nur bei niederschlagsfreier Witterung durchgeführt werden. Bei den hohen Niederschlägen kommt daher der Baustellenorganisation entscheidende Bedeutung zu. Die Baustelle muss durch folgende Massnahmen vorbereitet werden, damit bei schönem Wetter die Erdbau- und Stabilisierungsmaschinen voll eingesetzt werden können:

— Sprengen von Stöcken;
— ausreichende Profilierung;
— Erstellen von Vorentwässerungen;
— Verlegen von Durchlässen;
— Erstellen von Holzkästen;
— Bereitstellen von frischem Branntkalk.

Wetterunempfindliche Arbeiten sind nach Möglichkeit für Schlechtwettertage zu reservieren. Es handelt sich daher um die bereits erwähnten Vorbereitungsarbeiten sowie um die Erstellung von offenen Entwässerungsgräben, Sickerleitungen, Einlaufobjekte und um die Versetzung von Schächten. Nur durch geschickte Einteilung und Planung des Arbeitsablaufes kann auch im Flysch ein ausreichender und kontinuierlicher Baufortschritt erzielt werden.

4. Oberbau

In schlecht tragfähigem Baugrund ist die Dimensionierung des Oberbaues besonders wichtig. *Hirt* (10) hat, gestützt auf den AASHO-Strassentest, eine Dimensionierungsmethode für schwach beanspruchte Strassen erarbeitet, die

jedem Praktiker geläufig sein sollte. An dieser Stelle wird daher nur auf einige Punkte eingegangen, die für Flyschverhältnisse besonders wichtig sind. Im AASHO-Strassentest konnten die Tragfähigkeitswirkung verschiedener Oberbaumaterialien gewertet und ihre Tragfähigkeitskoeffizienten ermittelt werden. Sie betragen:

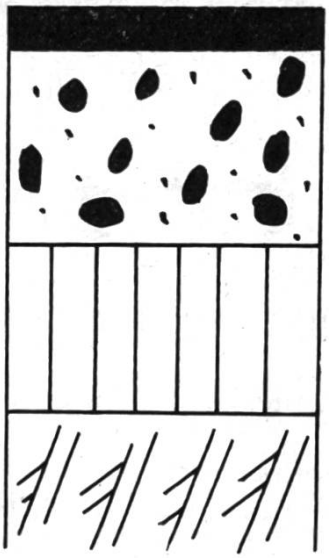
Oberbaumaterialien:	*Tragfähigkeitskoeffizient:*
Bituminöse Stabilisierung	0,23
Stabilisierung mit Zement	0,15—0,23
Kies-Sand I	0,11
Kies-Sand II	0,07
Stabilisierung mit Kalk	0,1—0,2

Ein Blick auf diese Zusammenstellung zeigt, dass die stabilisierten Materialien eine weit höhere Tragfähigkeitswirkung ausüben als die Kies-Sande. Besonders wichtig ist die Feststellung, die durch Messungen und Beobachtungen in der Praxis durchaus bestätigt wird, dass die mit Kalk stabilisierten, feinkörnigen Flyschböden einen grösseren Tragfähigkeitskoeffizienten aufweisen als die zugeführten Kies-Sande. Mit den heute verfügbaren Mischgeräten können Kalkstabilisierungen mit einer Schichtstärke von etwa 15 cm (verdichtet) erstellt werden. Mit der Erhöhung dieser Schichtstärke auf 20 bis 25 cm könnten dank dem hohen Tragfähigkeitskoeffizienten noch mehr Kiestransporte eingespart und der Flyschstrassenbau umweltfreundlicher und wirtschaftlicher gemacht werden. Die zukünftige Standarddimensionierung würde demnach im Flysch für Waldstrassen mit geringem Verkehr folgendermassen aussehen:

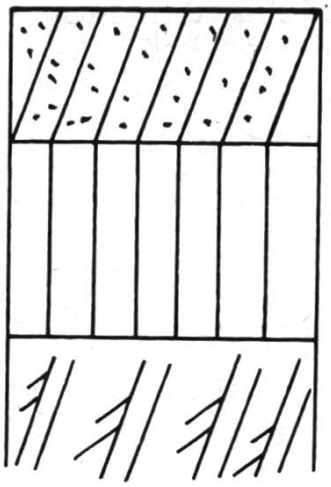
Dimensionierungsverkehr:	10 000 Normalachslasten
Untergrundtragfähigkeit:	CBR = 1 %
Regionalfaktor:	1,5
Stärkeindex nach AASHO:	SN = 6,2

Gleichwertige Aufbauten:

	Schichtstärke		a-Wert		Stärkeindex SN
Flexbelag	5 cm	·	—	=	—
Kies I	30 cm	·	0,11	=	3,3
Kalkstabilisierung	20 cm	·	0,15	=	3,0
	55 cm				6,3



Porenschluss					
bit. Stabilisierung	15 cm	·	0,23	=	3,4
Kalkstabilisierung	20 cm	·	0,15	=	3,0
	35 cm				6,4



Die zweite Variante gilt vor allem für Strassen ohne Schneeräumung. Um diese Standarddimensionierungen überhaupt verwirklichen zu können, müssen leistungsfähigere Mischgeräte entwickelt werden, die die Herstellung von Kalkstabilisierungen mit einer Schichtstärke von 20 bis 25 cm erlauben.

Literatur

(1) *Kuonen, V.:* Grundlagen und Anwendung der Bodenstabilisierung mit Kalk im schweizerischen Waldstrassenbau, SZF, Heft 8/9, 1962

(2) *Abt, E.:* Die Kalkstabilisierung im Forststrassenbau, Strasse und Verkehr Nr. 6, 1963

(3) *Kuonen, V.:* Arbeitsverfahren und Baumaschinen für die Bodenstabilisierung, SZF, Heft 8, 1967

(4) *Hirt, R.:* Experimentelle Untersuchungen zur Bodenstabilisierung mit Kalk, insbesondere für deren Anwendung im Wald- und Güterstrassenbau, Diss. Nr. 4312, ETH-Zürich, 1969

(5) *Abt, E.:* Erdbau in schlecht tragfähigen Böden, Kurs über Wald- und Güterstrassenbau an der ETH-Zürich, 1969

(6) *Abt, E.:* Praxis der Bodenstabilisierung mit Kalk, Kurs über Wald- und Güterstrassenbau an der ETH-Zürich, 1969

(7) *Zeller, J.:* Beitrag zur Wildbachgeographie der Schweiz, SZF, Heft 11, 1972

(8) *Kuonen, V.:* Die Walderschliessung, VSS-Lehrmittel für den Strassenbau

(9) *Kuonen* und *Hirt:* CBR- und Plattenversuche auf kalkstabilisierten Schichten, Untersuchungsbericht vom 21. Dezember 1969

(10) *Hirt, R.:* Dimensionierung und Verstärkung von schwach beanspruchten Strassen, SZF, Heft 3, 1972