

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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 114 (1963)

Heft: 3

Artikel: Ausbau und Unterhalt von Waldstrassen

Autor: Kuonen, V.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-765331>

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>

Ausbau und Unterhalt von Waldstraßen

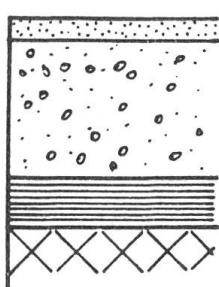
Von V. Kuonen, ETH / VAWE, Zürich¹

Oxf.: 383

I. Bezeichnung und Funktion der einzelnen Schichten eines Waldstraßenaufbaus

Der Aufbau einer Waldstraße spielt für die Beurteilung von Schäden und deren Behebung eine sehr wichtige Rolle, so daß ich mir gestatte, einleitend kurz auf die Funktion der einzelnen Schichten einer Waldstraße einzugehen.

In der Darstellung I sehen wir einen schematischen Vertikalverlauf einer Waldstraße.



Decke : Belag - Verschleisschicht

Koffer: Tragschicht - Fundationsschicht

Filter : Uebergangsschicht, ev. stab. Schicht

Untergrund: gewachsener Boden

Darstellung I

Jede dieser Schichten hat eine bestimmte Funktion zu erfüllen.

Der *Untergrund* oder der anstehende Mineralboden wird im Waldstraßenbau praktisch in jedem Fall als Baustoff für Dämme und Schüttungen verwendet. Dieser «gewachsene» oder geschüttete Boden hat schlußendlich jede Last oder jede Beanspruchung des Verkehrs aufzunehmen. Deshalb spielt der Kornaufbau des Untergrundmaterials, seine plastischen Eigenschaften, sein Wassergehalt und damit seine Setzungsempfindlichkeit und seine Tragfähigkeit eine entscheidende Rolle für den jeweiligen Straßenaufbau. Die Beschaffenheit des Untergrundes ist entscheidend für die vorzusehenden Entwässerungen, für die Wahl und die Dimension der Übergangs- und der Tragschichten und neuerdings speziell für die Anwendbarkeit irgend eines Verfahrens der Bodenstabilisierung.

Die *Übergangsschicht* – oder an ihrer Stelle heute vielfach eine stabilisierte Schicht – hat zu verhindern, daß bindiger Baugrund und Trag-

¹ Referat, gehalten als «Montagvortrag» am 4. Februar 1963 an der ETH in Zürich.

schichtenmaterial sich miteinander vermischen, weil dadurch das Material der Tragschicht in bezug auf Frostsicherheit und Tragfähigkeit verschlechtert würde. Zudem ist es von Vorteil, wenn diese Schicht bereits eine lastverteilende Wirkung hat.

Der *Koffer* (die *Trag- oder Fundationsschicht*) hat die Aufgabe, die Verkehrslasten so auf den Untergrund zu verteilen, daß dessen Tragfähigkeit nicht überbeansprucht wird und abschert, denn dadurch würden Verformungen in der Tragschicht und an der Oberfläche der Straße entstehen. Die Stärke des Koffers ist im Waldstraßenbau primär abhängig von der Tragfähigkeit des Untergrundes und von der zu erwartenden Verkehrsbeanspruchung, sekundär von der Qualität und dem einwandfreien Einbau des Tragschichtenmaterials.

Während früher für Pferdefuhrwerke gebaute Straßen richtigerweise ein Steinbett als Übertragungsschicht erhielten, eignen sich heute für pneubereifte Fahrzeuge besser Tragschichten aus einem gut abgestuften Kies-Sand-Material.

Ein Steinbett nämlich überträgt durch seine Verspannung und Verkeilung die Verkehrslasten auf den Untergrund. Erleidet es aber Verformungen oder wird es nur ein einziges Mal überbeansprucht, dann ist die lastverteilende Wirkung verloren und die Lasten werden durch die einzelnen Steine praktisch senkrecht auf den Untergrund übertragen.

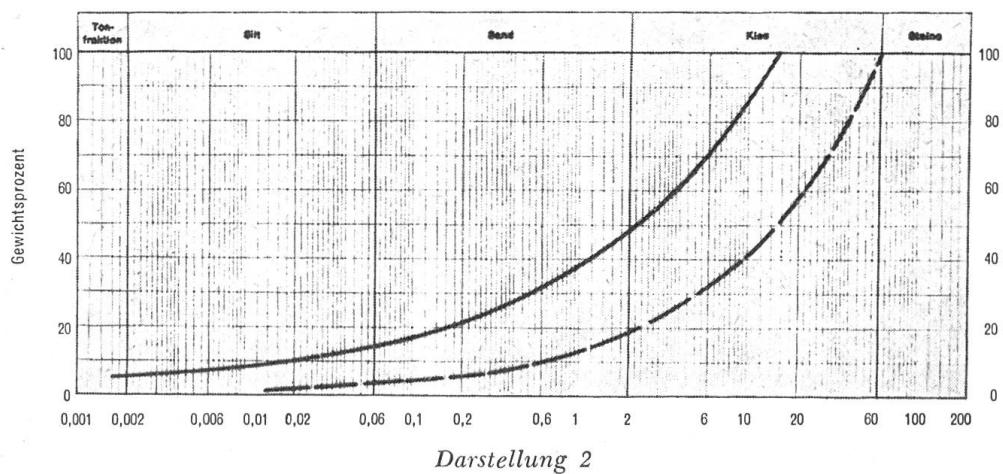
Beim Kies-Sand entsteht eine lastverteilende Wirkung, weil eine hohlräumarme Schicht gebildet wird und dadurch große innere Reibungsflächen zwischen den einzelnen Körnern entstehen, welche durch die Beanspruchung des Verkehrs aktiviert werden.

Ein ideales Kies-Sand-Gemisch entspricht in seiner Zusammensetzung einer Fullerparabel (Parabelexponent 0,5). Ein derart zusammengesetztes Material ergibt einerseits die höchstmöglichen Verdichtungswerte – es werden Trockenraumgewichte bis zu $2,30 \text{ t/m}^3$ erreicht – und anderseits erleidet dieses Material infolge Frosteinwirkung keinerlei Volumenveränderung und Tragfähigkeitsverluste, weil der dazu notwendige Feinkornanteil zu gering ist (Kriterium für Frostsicherheit nach Casagrande: weniger als drei Gewichtsprozent müssen kleiner sein als 0,02 mm).

Die *Decke – Verschleißschicht, Belag* – hat einerseits die Aufgabe, den Verkehr direkt zu übernehmen, das heißt ihr Material muß eine gute Scherfestigkeit besitzen. Anderseits bildet aber die Decke auch das Dach der Straße, welches verhindern soll, daß das Oberflächenwasser in den Straßenkörper eindringt, das heißt sie muß möglichst wasserundurchlässig sein. Ein Material, das diese beiden Forderungen weitgehend erfüllt, ist wiederum ein gut abgestuftes Kies-Sand-Material, welches aber einen natürlichen Tonbinder enthält. Auch dieses Material muß eine parabelförmige Siebkurve aufweisen, welche aber flacher verläuft als die Kurve des Tragschichtenmaterials. Der Parabelexponent muß in diesem Fall zwischen 0,3–0,4 liegen.

Ideale parabelförmige Siebkurven für:

- a) ————— Verschleißschicht: Größtkorn 15 mm Parabelexponent 0,35
 b) - - - Tragschicht: Größtkorn 60 mm Parabelexponent 0,5



Darstellung 2

Ein solches Material läßt sich wegen seiner parabelförmigen Kornzusammensetzung sehr gut verdichten und hat, weil es aus einem eindeutigen körnigen Gerüst besteht, eine hohe Scherfestigkeit. Diese ist um so höher, je mehr gebrochenes Material beigemischt ist. Anderseits bewirken die feinkörnigen – insbesondere die bindigen – Anteile eine starke Verminderung der Durchlässigkeit. Der natürliche Tonbinderanteil darf dabei etwa fünf bis zehn Gewichtsprozent betragen, welche ungefähr eine Plastizität der feinkörnigen Anteile von 8 bis 15 bewirken.

Hat das Größtkorn dieser Verschleißschicht einen Durchmesser von 10 bis 20 mm und ist die Schichtdicke mindestens dreimal so dick wie das Größtkorn – also 4 bis 7 cm – dann kann dieses Material auch sehr gut eingebaut und planiert werden. Die gute Ebenflächigkeit ist ein Faktor, der der Schlaglochbildung entgegenwirkt, und anderseits besitzt eine solche Schicht die Voraussetzungen für einen maschinellen Unterhalt, was bei dem stets größer werdenden Arbeitermangel stark ins Gewicht fällt.

Ich bin überzeugt, daß eine solche Verschleißschicht für weite Gebiete der Schweiz die wirtschaftlichste Decke für Waldstraßen bildet, weil sie den an sie gestellten Anforderungen weitgehend entspricht und weil sie maschinell und mit geringen Kosten unterhalten werden kann. Anderseits ist mir bewußt, daß die Decke in einzelnen Fällen auch noch ein anderes Kriterium erfüllen muß. In steilen Straßen – vor allem in niederschlagsreichen Gebieten – muß die Decke nämlich auch noch der Erosion durch das Oberflächenwasser standhalten. Bei welchen Niederschlagsmengen und bei welchen Steigungen eine tonwassergebundene Verschleißschicht nicht mehr genügt, kann heute noch nicht mit genauen Zahlen angegeben werden, doch ich darf Ihnen verraten, daß diesbezügliche Untersuchungen und Versuche laufen. Eine Spezialität hinsichtlich der Ausbildung der Verschleiß-

schicht bilden überdies weite Gebiete der Kantone Tessin und Wallis, weil dort in einzelnen Gegenden kein Ton im Boden vorhanden ist, so daß eine tonwassergebundene Schicht nicht ausgebildet werden kann und daher andere Maßnahmen getroffen werden müssen. Auch für diese Gebiete haben die ersten Versuche begonnen.

In stark beanspruchten Teilstücken, zum Beispiel in sehr engen Kurven (Wendeplatten), macht man gelegentlich die Feststellung, daß diese stark ausgefahren werden, wenn sie «nur» mit einer tonwassergebundenen Verschleißschicht versehen sind. Auch für solche Strecken kann es wirtschaftlich sein, eine andere Befestigungsart der Fahrbahn zu wählen.

II. Art und Ursache von Schäden und notwendige Reparaturen

Mit der einleitenden Übersicht über die Funktionen der einzelnen Schichten einer Waldstraße und ihrer Zusammensetzung habe ich versucht, das Fundament für die Beurteilung der Reparaturen im Aufbau einer Waldstraße zu schaffen.

Diese Art Schäden und ihre richtige Behebung haben größte Bedeutung. Es gibt aber nicht nur diesen Typ von Schäden, sondern wir haben uns in größeren Zeitabständen auch mit Schäden an Kunstdauten, wie Brücken, Stütz- und Futtermauern, Durchlässen und dergleichen mehr, zu befassen, welche von Zeit zu Zeit einen Total- oder Teilersatz dieser Elemente verlangen. Anderseits haben wir laufend für eine gute, ebene Fahrbahn zu sorgen, wir haben Durchlässe und Entwässerungssysteme auf ihre Funktion zu kontrollieren und wenn nötig zu reinigen, wir haben Graswuchs auf Fahrbahn und Banketten zu beseitigen und anderes mehr.

Ich glaube daher, daß die an unseren Waldstraßen notwendigen Reparaturen auf drei Hauptgründe zurückzuführen sind:

1. Viele unserer Straßen sind vor Jahren für Pferdefuhrwerke gebaut worden. Die totalen Verkehrslasten waren dazumal viel leichter als heute und die Geschwindigkeiten viel kleiner, so daß die Straßen praktisch nur statisch beansprucht wurden. Die schmalen Eisenräder hatten zur Folge, daß die auf die Oberfläche einer Straße ausgeübten Spannungen in einer sehr dünnen Schicht stark abgebaut wurden, so daß eine Konstruktion bestehend aus Steinbett und Verkeilung durch Schotter oder Kies sicher die richtige Bauweise war.

Der jetzige Verkehr aber mit seinen schweren Totallasten und mit den viel größeren Geschwindigkeiten übt auch dynamische Beanspruchungen auf eine Straße aus. Unter den breiten Pneurädern wird ein Druck weniger rasch abgebaut als unter einem schmalen Rad. Der Abbau der Spannungen erfolgt in einer viel größeren Tiefe.

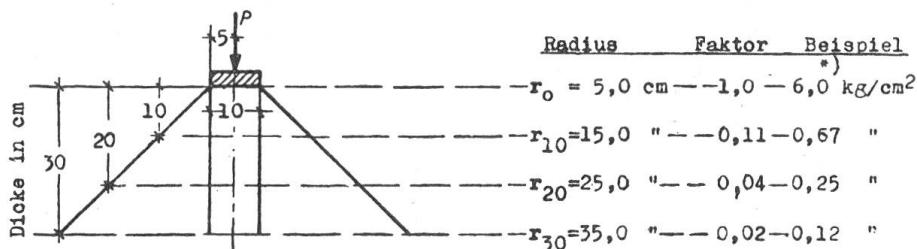
In Darstellung 3 sehen wir ein diesbezügliches Schema, wobei für beide Radbreiten die gleichen Voraussetzungen angenommen worden sind.

Abnahme der Spannungen in der Tiefe, Vergleich zweier verschiedener Radbreiten

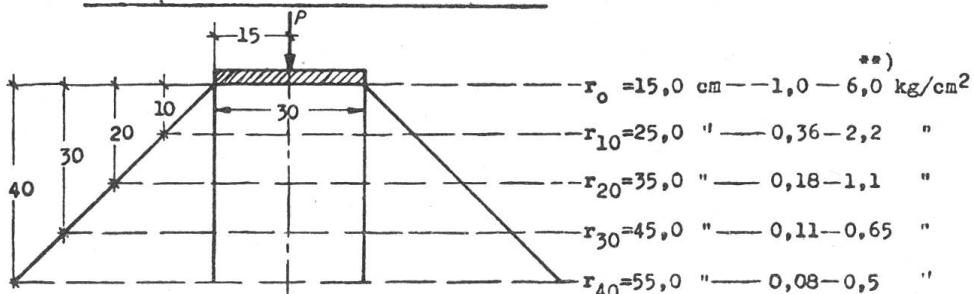
Annahme : - Auflast = Kreisfläche
 - Verteilung der Last unter 45°
 - gleich grosse spez. Belastung (z.B. $6,0 \text{ kg/cm}^2$)

$$\text{Fläche} = r^2 \pi \quad \text{Abnahmefaktor} = r_0^2 \pi : r_x^2 \pi$$

a) Eisenrad : Breite = 10 cm



b) Pneu - Doppelrad : Breite = 30 cm



*) entspricht ca 1 to Achslast
 **) entspricht ca 8 to Achslast

Darstellung 3

Den dynamischen Beanspruchungen unter dem schweren und schnellen Verkehr sowie der größeren Tiefenwirkung durch die breiteren Räder ist Rechnung zu tragen.

Straßen, die in ihrem Aufbau den heutigen Anforderungen nicht entsprechen, sind den neuen Beanspruchungen anzupassen und so zu verstärken, daß sie ohne größere Schäden den zu erwartenden Verkehr aufnehmen können; sie sind auszubauen. Man spricht von *Ausbau* der Straßen.

2. Mit den Problemen des Waldstraßenunterhaltes im engeren Sinne haben wir uns aber vielmehr darum abzugeben, weil wir unsere Straßen bewußt oder unbewußt so bauen, daß das Kriterium: *Baukosten + kapitali-*

sierte Unterhaltskosten = ein Minimum mehr oder weniger angestrebt wird. Wir könnten sie nämlich auch so bauen, daß die Baukosten ein Minimum betragen würden oder so, daß der Unterhalt ein Minimum betragen würde. Mit der von uns angestrebten Ausbauqualität nehmen wir also zum vornherein Unterhaltsarbeiten in Kauf.

a) Das geht einmal daraus hervor, weil wir praktisch immer Massenausgleich anstreben, also jeden Mineralboden, wenn sein natürlicher Wasser gehalt auch noch so hoch über dem für die Verdichtung optimalen Wasser gehalt liegt, für Schüttungen von Dämmen und Böschungen benützen und keinen Materialersatz machen. Daraus ergibt sich eine oft sehr langsame Konsolidation dieses geschütteten Materials, mit langandauernden und starken Setzungen. Dadurch entstehen aber Verformungen an der Straße selbst, welche durch Unterhaltsarbeiten behoben werden müssen.

b) Aus wirtschaftlichen Gründen kommt eine Befestigung einer Waldstraße mit frostsicherem Material auf Frosteindringtiefe praktisch nie in Frage. Die Frosteindringtiefe in einer Kiesschicht beträgt schon im Mittel land zwischen 80 bis 120 cm, so daß Schäden durch Frosthebungen oder im Frühjahr beim Auftauen (Wasseransammlung in oberster Schicht des Untergrundes und dadurch Kohäsions-, das heißt Tragfähigkeitsverluste) entstehen können. Auch diese gelegentlichen Schäden nehmen wir in Kauf, müssen sie aber durch Unterhaltsarbeiten beheben.

c) Die Abnützung der Fahrbahn durch den Verkehr und eventuell durch das Oberflächenwasser, die Beanspruchung der Waldstraße durch das Rücken von Holz, die Waldstraße als Arbeitsplatz, der Graseinwuchs in Gräben und in die Fahrbahn, die Verschmutzung der Durchlässe und anderes mehr sind Faktoren, die laufende Kontrollen und kleinere Unterhaltsarbeiten immer wieder verlangen.

Die Schäden, die auf die Arbeit der Bauausführung zurückzuführen sind, verlangen also mehr oder weniger ständige kleinere Unterhaltsarbeiten, und sie können daher vielleicht am besten unter dem Begriff «*laufender Unterhalt*» zusammengefaßt werden.

3. Der dritte Grund, der uns zu Unterhaltsarbeiten zwingt, ist die Zeit. Der Zahn der Zeit nagt an den Kunstdauten: Brücken, Mauern, Durchlässen usw. Periodisch ist eine Reparatur oder ein Ersatz an diesen Bauten notwendig. Diese Arbeiten lassen sich vielleicht unter dem Begriff «*periodische Großreparaturen*» oder «*periodischer Unterhalt*» zusammenfassen. Von diesen sei hier aber nur Vollständigkeitshalber die Rede.

Diese Ausführungen befassen sich also einerseits mit dem *Ausbau* und anderseits mit dem «*laufenden Unterhalt*» von Waldstraßen.

Unter dem Begriff des Straßenausbau wären alle jene Maßnahmen zu verstehen, welche notwendig sind, um Schäden zu beheben, welche auf eine stärkere Beanspruchung zurückzuführen sind, als sie zur Zeit des Bauens vorauszusehen war.

Der Begriff «laufender Unterhalt» würde alle restlichen Arbeiten umfassen, wie Ergänzungen der abgenutzten Verschleißschicht, Erhalten der Ebenflächigkeit der Fahrbahn (Ausgleich von Setzungen, Beheben der Schlaglöcher), Reinigen der Bankette, Gräben und Durchlässe und anderes mehr.

Bevor wir uns an das «Wie» dieser verschiedenen Arbeiten heranmachen, müssen wir genau im klaren sein über die Ursache des Schadens. Es ist zuerst einmal abzuklären, welche Schicht im Aufbau der Straße ihre Funktion nicht oder nur ungenügend erfüllt. Liegt zum Beispiel die Ursache in einem verätzten Untergrund, weil keine Entwässerung vorhanden ist oder weil sie nicht mehr wirkt und dadurch die Tragfähigkeit stark vermindert wird? Oder stellen wir fest, daß Untergrund und Tragschicht sich stark mit einander vermischt haben und dadurch die Tragfähigkeit der Tragschicht abgenommen hat. Oder ist vielleicht der Koffer aus allen Fugen geraten, weil seine Stärke in keinem Verhältnis steht zu der Tragfähigkeit des Untergrundes und der Beanspruchung durch den Verkehr? Oder reiht sich vielleicht Schlagloch an Schlagloch, weil keine Verschleißschicht vorhanden ist oder weil sie nicht die geeignete Zusammensetzung hat. Oder stellen wir starke Erosionsschäden durch das Oberflächenwasser fest, weil das Wasser vielleicht in den Fahrspuren konzentriert herunterläuft, weil die Straßenschale höher liegt als die Fahrbahn? Dient der Straßengraben nicht zur Entwässerung, sondern zur Bewässerung?

Zur Lokalisierung des Schadenherdes stehen uns verschiedene Hilfsmittel zur Verfügung, wie:

- Visuelle Beurteilung
- Ausheben von Schächten
- Aufnahme von Querprofilen an der Oberfläche der Straße und u. K. Koffer.
- Prüfung der Zusammensetzung, der Plastizität, der Liquidität, des Wassergehaltes und der Tragfähigkeit des Untergrundes.
- Untersuchung des Koffermaterials auf Kornzusammensetzung, Verdichtung (Raumgewichtbestimmung) und auf Tragfähigkeit.

Die Bestimmung der Tragfähigkeit geschieht am besten mit Hilfe des Plattenversuches.

In Gebieten mit wenig tragfähigem Baugrund kann man heute vielfach feststellen, daß Straßen, welche 30 und mehr Jahre dem Verkehr durch den Holztransport standhielten, auf einmal sehr starke Schäden aufweisen. Diese Schäden sind meistens auf Baustellentransporte zurückzuführen, welche notwendig wurden für die weitere Erschließung eines Gebietes. Untersuchungen auf solchen Straßen ergeben meistens, daß das Steinbett überbeansprucht worden ist. Durch die Überbeanspruchung des Steinbettes geht aber seine

Verspannung und damit seine Tragfähigkeit verloren, so daß eine Last praktisch nur noch senkrecht auf den Untergrund übertragen wird. Dadurch wird aber der Untergrund überbeansprucht, er schert ab und steigt einerseits in das hohlraumreiche Gefüge des ehemaligen Steinbettes auf oder er wird auch in das Entwässerungssystem der Straße gequetscht.

Die Anpassung einer solchen Straße an die jetzigen Ansprüche verlangt daher allerhand Arbeiten. Die erste und wichtigste ist in einem solchen Fall sicher das richtige Verlegen von Sickerleitungen. Die Sickerröhren sind dabei aber so tief zu verlegen, daß das Wasser einmal aus dem Bereich des Planums und anderseits aus der Frostzone herauskommt, um so dem eindringenden Frost die Eislinsenbildung zu erschweren und dadurch die Tragfähigkeit des Untergrundes das ganze Jahr hindurch in gleicher Qualität zu erhalten und um die entwässernde Wirkung auch während der Frostperiode zu haben. Mit anderen Worten: die Sickerröhren sind tiefer als auf Frosteindringtiefe zu verlegen.

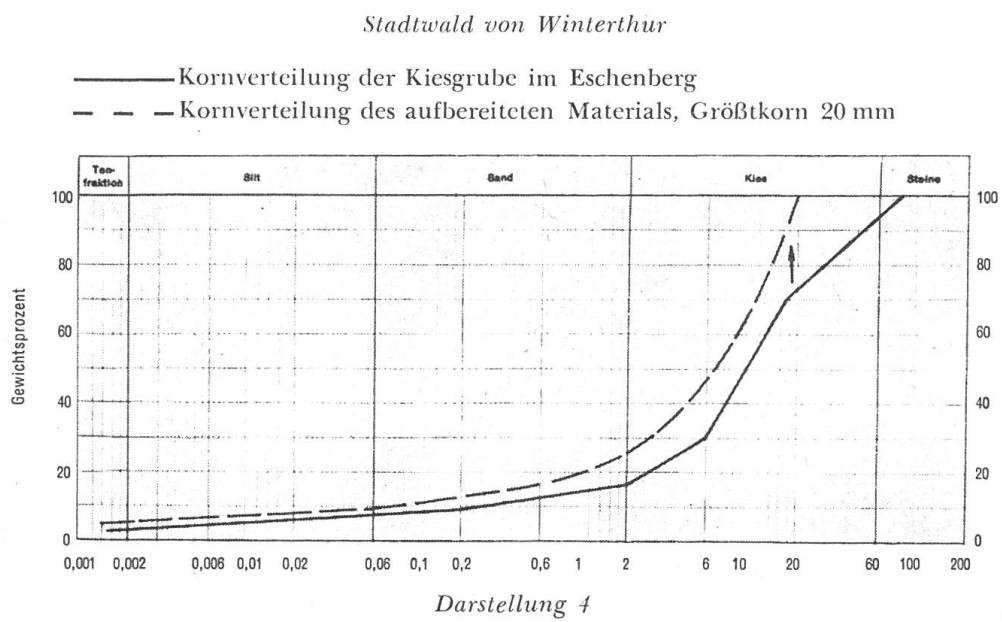
Zudem wird eine Verstärkung, wenn nicht gar ein Totalersatz der Tragschicht notwendig werden, wobei die Möglichkeiten der Stabilisierung sowohl des Untergrundes als auch des Tragschichtenmaterials in Betracht zu ziehen sind. Auch die Decke wird neu auszuführen sein. Die Kosten eines solchen Ausbaues können pro Laufmeter ohne weiteres auf 50 bis 60 Franken zu stehen kommen.

In Gebieten aber mit gut tragfähigen Böden, wie zum Beispiel in vielen Gebieten des Mittellandes, wo durch Gletscher vorbelastete und konsolidierte Böden den Baugrund bilden, genügt meistens die Tragfähigkeit der Steinbettstraßen auch der heutigen Beanspruchung, nur kann man feststellen, daß sie vielenorts stark unter Schlaglochbildung leiden. Das kommt daher, weil keine oder nur eine ungeeignete Verschleißschicht die Oberfläche der Straße bildet. Ein mehr oder weniger guter Kies mit Größtkorn von 40 bis 50 mm, wie man ihn hier vielfach als Straßenabschluß findet, neigt sehr stark zu Schlaglochbildung. Die groben Kieskörner an der Oberfläche werden nämlich durch fahrende Pneus hin und her bewegt und schlußendlich herausgerissen, womit der Anfang zu einem Schlagloch gemacht ist. Zudem sind diese Art Verschleißschichten meistens stark durchlässig, so daß das Niederschlagswasser durch den Straßenkörper sehr leicht eindringen kann und dadurch gelegentlich Tragfähigkeitsverluste im Untergrund verursacht. Ein Ausbessern dieser Schlaglöcher von Hand ist meist unzweckmäßig, weil eine Verzahnung des Materials nicht erfolgt und der Vorteil eines Schichtverbandes fehlt. Auch eine maschinelle Ausbesserung ist meistens von keiner guten Qualität, weil das zu große Größtkorn und die ungeeignete Zusammensetzung des Materials nicht die notwendigen Voraussetzungen besitzt. Bevor wir daher an einen maschinellen Unterhalt unserer Waldstraßen gehen können, müssen wir die Straßen mit einem geeigneten Verschleißschichtmaterial versehen, einem Material, das den am Anfang dieser Ausführungen gestellten Anforderungen entspricht.

Vor drei Jahren haben wir für die Stadtforstverwaltung von Winterthur über die rationelle Gestaltung des Ausbaues und des Unterhaltes des 130 km langen Waldwegnetzes Untersuchungen angestellt und dabei mit Hilfe von Plattenversuchen an einem Versuchsstück festgestellt, daß die Tragfähigkeit der Straßen im allgemeinen genügt (M_E -Werte 600 bis 1000 kg/cm²), daß aber die Befahrbarkeit gelegentlich durch viele Schlaglöcher stark beeinträchtigt wird. Die Untersuchung des Materials der obersten Schicht zeigte, daß die Zusammensetzung einmal sehr ungleichmäßig war und anderseits in keinem Fall nur annähernd einer idealen Siebkurve entsprach.

Da die Stadt Winterthur in ihren Wäldern verschiedene betriebseigene Kiesgruben besitzt, lag es nahe, in diesen Gruben nach einem geeigneten Verschleißschichtmaterial zu suchen. Die Untersuchung der Kiesgrube im Eschenberg zeigte einen recht gut zusammengesetzten Kies, der einerseits zwei bis drei Gewichtsprozent bindige Anteile, anderseits aber ein Größtkorn von 70 bis 100 mm aufweist. Der Anteil der Körner über 20 mm beträgt rund 30 Prozent. Es gibt nun zwei Möglichkeiten, einen solchen Kies für ein Verschleißschichtmaterial aufzubereiten, nämlich die Aussiebung aller Körner, die größer als 20 mm sind oder aber das Brechen der Körnungen über 20 mm. Daß durch einen Anteil Brechkorn die Scherfestigkeit des Materials erhöht wird, habe ich bereits erwähnt. Es ist der Forstverwaltung der Stadt Winterthur hoch anzurechnen, daß sie sich für die zweite Variante entschieden hat. Mit der Aufbereitung des Materials wurde die Unternehmung Affolter, Langenthal, beauftragt, welche mit einer fahrbaren Brechanlage für Fr. 8.50/m³ das in der Grube anfallende Material aufbereitet hat.

Die Zusammensetzung des aufbereiteten Materials sehen wir in Darstellung 4.



Mit der Ausführung der Arbeiten hat die Forstverwaltung Winterthur die Unternehmung Morf, Effretikon, beauftragt. Der Arbeitsablauf spielt sich folgendermaßen ab: Die Straßen werden – wenn nötig – von Laub und Holzresten gesäubert, die Bankette mit einem Unimog und den dazugehörigen Geräten zurückgeschnitten und der Graseinwuchs beseitigt. Darauf wird die Oberfläche der Straße bis auf die Tiefe der Schlaglöcher oder Fahrrinnen aufgerissen und grob planiert. Auf diese verbreiterte Planie wird das Verschleißschichtenmaterial aufgefahren, bestmöglich planiert und in das gewünschte Profil gebracht (Bombierung, einseitige Neigung usw.) und mit einer Gummiradwalze verdichtet.

Die Qualität der Arbeit würde durch einen Grader – besonders in bezug auf die Ebenflächigkeit und die Ausbildung des gewünschten Profils – bedeutend verbessert, denn der Unimog ist kein Planiergerät. Doch dürfen die Grader, die für unsere Straßentypen in Frage kommen, nicht die Riesenabmessungen haben, wie diejenigen, welche im großen Straßenbau Verwendung finden. Die Idealmaschine für unsere Zwecke sollte etwa 50 bis 70 PS besitzen, sie sollte nur zweiachsrig, dafür aber auf beiden Achsen angetrieben sein. Mit dem Grader kann das durch das Abkippen entmischt Material gleichzeitig wieder gemischt werden.

Die Gummiradwalze ist sicher das leistungsfähigste und wirtschaftlichste Verdichtungsgerät, das wir für die Verdichtung dieser dünnen Schichten (5 bis 7 cm fertig verdichtet) einsetzen können.

Eine solche Schicht besitzt nun die Eigenschaften, welche für einen maschinellen Straßenunterhalt vorausgesetzt sein müssen. Wenn die Oberfläche nun irgendwelche Verformungen oder Abnützungen durch Verkehr, Wasser, durch Holzrücken oder sonstwie erleidet, dann kann diese Schicht mit dem Aufreißer des Graders aufgerissen, mit dem Planierschild planiert und mit der Gummiwalze verdichtet werden. Tagesleistungen von drei Kilometern dürften dabei die untere Grenze bilden.

Verschleißschichten, die wir seit 1958 auf einigen Straßen des Lehrwaldes eingebaut haben, sind im letzten Herbst jedenfalls noch absolut intakt gewesen und haben noch nach keiner Reparatur verlangt, obwohl eine Straße bis zu zwölf Prozent Steigung aufweist. Eine maschinelle Überholung einer Straße mit einer derartigen Verschleißschicht dürfte etwa alle fünf bis acht Jahre notwendig sein, vielleicht im Anschluß an durchgeführte Holzschläge.

Da die Frage nach den Kosten immer an erster Stelle kommt, bin ich Herrn Siegerist für die genaue Zusammenstellung der Kosten, welche aufgeteilt sind in Materialkosten und Arbeitskosten sehr dankbar (Tabelle 1). Die Position «Brechsand», die in der Zusammenstellung erscheint, geht à Konto Spaziergänger, welchen man auch bei Regenwetter ihre Erholungsmärsche im Wald nicht durch schmutzige Schuhe vergällen möchte. Im Normalfall erübrigt sich aber das Absanden, so daß die Kosten um einen Franken pro Laufmeter gesenkt werden. Anstelle des Absandens würde auf Steil-

Zusammenstellung über Kosten und Materialverbrauch der im Jahre 1960 und 1962 mit einer Verschleißschicht versehenen Waldstraßen

Name der Straße	Rosental-Einschluß-Straße	Föhrenbach-Straße	Revier Eschenberg	Revier Lindberg	Revier Brühlberg	Revier Wülfingen	Total
Ausführungsjahr	1960	1960	1962	1962	1962	1962	1962
Länge m ¹	1150	330	4840	4330	3050	1550	13 770
<i>Kosten (total)</i>							
Straßenkies	Fr. 8 343.05	1 564.70	24 113.20	43 214.20	22 429.70	11 657.95	101 415.05
Brechsand	Fr. 4 881.60	1 218.—	9 914.30	24 497.75	13 615.90	7 048.85	55 076.80
Geräte, Arbeiter	Fr. —.—	—.—	5 481.40	4 810.—	1 902.10	1 532.50	13 726.—
	Fr. 3 461.45	346.70	8 717.50	13 906.45	6 911.70	3 076.60	32 612.25
<i>Kosten pro Laufmeter</i>							
Straßenkies	Fr. 7.25	4.74	4.98	9.98	7.36	7.52	7.36
Brechsand	Fr. 4.24	3.69	2.05	5.65	4.47	4.55	4.—
Geräte, Arbeiter	Fr. —.—	—.—	1.13	1.11	—.62	—.99	1.—
	Fr. 3.01	1.05	1.80	3.22	2.27	1.98	2.36
<i>Verbrauch (total)</i>							
Straßenkies	m ³ 332	84	690	2 007	1 217	475	4 390
Brechsand	m ³ —	—	246	200	77	66	589
<i>Verbrauch pro Laufmeter</i>							
Straßenkies	m ³ 0,29	0,25	0,14	0,46	0,40	0,31	0,32
Brechsand	m ³ —	—	0,05	0,05	0,03	0,04	0,04

Zusammengestellt von H. Siegerist

Tabelle I

stückchen besser Splitt 6/10 mm gestreut, um dadurch der Erosionswirkung des Oberflächenwassers entgegenzuwirken.

Es liegt auf der Hand, daß nicht ein ganzes Netz auf einmal mit einer solchen Verschleißschicht versehen werden kann, sondern diese Arbeiten müssen auf Jahre hinaus verteilt werden, um Arbeitskräfte und Budget gleichmäßig auslasten zu können.

Es ist daher ein Dringlichkeitsplan für diese Arbeiten aufzustellen, der einerseits dem Budget entspricht und der andererseits auf die Notwendigkeit der Reparatur und die Größe der Schäden Rücksicht nimmt (Beispiel: Tabelle 2).

Die Dringlichkeit kann dabei durch verschiedene Gründe gegeben sein, wie zum Beispiel die Befahrbarkeit, die Stadtnähe, Konzentration der Holzschläge und anderes mehr.

Ebenso wird für die künftige maschinelle Überholung ein «*Überholungsplan*» notwendig sein, aus welchem der Rhythmus dieser Arbeiten ersichtlich ist.

Für größere Wegnetze wird daher mit Vorteil eine Straßen- oder Wege-Kartotheke erstellt, in welcher kurz die einzelnen Charakteristiken einer Straße, wie Länge, Normalprofil, Steigungsverhältnisse usw., enthalten sind und auf der vermerkt wird, wann und was an einer Straße gemacht wurde und zu welchen Kosten. So dürfte es auch möglich sein, mit der Zeit über die Kosten des Unterhaltes unserer Waldstraßen Anhaltspunkte zu bekommen, welche wiederum für die Ausbildung der Oberfläche und die Dimensionen unserer Straßen richtungweisend sein können.

Ob auf steilen Straßen in niederschlagsreichen Gebieten die tonwassergebundene Verschleißschicht auch die wirtschaftlichste Lösung darstellt, bleibt zu untersuchen. Es scheint, daß sie das nicht ist auf Straßen, die wohl als Forststraßen gebaut werden, die vor allem aber durch Freiland führen. Diese Straßen dienen nicht nur dem mit dem Wald in Zusammenhang stehenden Verkehr, sondern sie haben vielleicht auch Durchgangs- und Touristenverkehr, welcher der größeren Geschwindigkeit wegen die Oberfläche viel rascher der Feinanteile beraubt.

Werden in diesen Fällen die klassischen Betonplatten oder die Heißbeläge und Teppiche das «Nonplusultra» sein oder dürfen wir größere Erwartungen in die neueren Verfahren der Oberflächenstabilisierungen mit Teer und Bitumen setzen? Oder lassen sich mit verschiedensten Ölen (Road-Oil, Teeröl usw.) Oberflächen ausbilden, die unseren Anforderungen entsprechen? Bilden vielleicht die kationischen Kalmischbeläge, die eine sehr große Flexibilität besitzen sollen und daher ohne Schaden größere Deflexionen und Verformungen mitmachen können, die geeignete Oberfläche von Straßen, auf welchen bisher starke Erosionsschäden auftraten? All das sind Fragen, die abgeklärt werden müssen, Fragen, die auch besondere Wichtigkeit für unsere Kollegen im Güterstraßenbau haben.

Beispiel eines Dringlichkeitsplanes

(Auszug aus dem Plan der Stadtforstverwaltung Winterthur)

Durchschnittspreis: Fr. 7.50/m ²	Länge m	Kosten etwa Fr.	1962/63 Fr.	1963/64 Fr.	1964/65 Fr.	Später Fr.
<i>Revier III</i>						
Brühlwaldstraße	1 050	7 900		7 900		
Weidstraße	300	2 300		2 300		
Untere Brühlbergstraße	500	3 800		3 800		
Total	1 850	14 000		14 000		
<i>Revier V</i>						
Hellstraße	1 550	11 600				11 600
Karrerholzstraße	300	2 300				2 300
Maisholzstraße	1 200	9 000			9 000	
Total	3 050	22 900			9 000	13 900
<i>Revier VII</i>						
Buchstraße	1 000	7 500	7 500			
Kesselbrunnenstraße	750	5 600	5 600			
Obere Rotholzstraße	400	3 000	3 000			
Obere Grafenholzstraße	350	2 600		2 600		
Mittlere Grafenholzstraße	270	2 000		2 000		
Untere Grafenholzstraße	300	2 300		2 300		
Vordere Gemeindeholzstraße	700	5 300		5 300		
Hintere Gemeindeholzstraße	1 200	9 000		9 000		
Scheibenstandstraße	700	5 300		5 300		
Gsangstraße	430	3 200		3 200		
Großwiesstraße	500	3 800		3 800		
Mittelwiesstraße	570	4 300				4 300
Untere Kirchenholzstraße	350	2 600				2 600
Total	7 520	56 500	16 100	33 500		6900

Tabelle 2

Ob dagegen die Grabenreinigung maschinell oder von Hand erfolgen soll, ob der gelegentliche Graseinwuchs auf der Straßenmitte und auf den Banketten mechanisch oder chemisch — mit Hilfe von Herbiziden — beseitigt werden soll, darüber dürfte die persönliche Einstellung jedes einzelnen entscheidend sein.

Schlußbemerkungen

Die Darlegungen über den Ausbau und den Unterhalt von Waldstraßen gestatten einige Folgerungen, die auch für den Neubau von Waldstraßen Beachtung finden sollten:

- Auf sehr vielen Waldstraßen — vor allem auf den Basis- oder Hauptwirtschaftsstraßen — bildet der Baustellentransport die größte zu erwartende Beanspruchung, und verlangt nicht selten sehr teure Ausbauarbeiten dieser Straßen. Aus diesem Grunde sind alle Möglichkeiten zu studieren, welche eine Verminderung dieser Transporte ermöglichen, zum Beispiel die Verbesserung der Tragfähigkeit des Baugrundes, die Aufbereitung von Tragschichten- und Verschleißschichtenmaterial im Projektgebiet selbst, indem mit Hilfe von geeigneten Brechanlagen Bachschutt, Moränenmaterial, Geröll usw. verwendbar gemacht wird und anderes mehr.
- Es ist nicht zulässig, daß für ganze Projekte das gleiche Normalprofil Anwendung findet. Der Aufbau der Straße ist vielmehr den Untergrund-eigenschaften, den zu erwartenden Verkehrsbeanspruchungen und den Steigungsverhältnissen anzupassen.
- Sind für längere Projekte größere Materialtransporte unumgänglich, dann sind die Zufahrtsstraßen im voraus auf ihren Zustand und ihre Tragfähigkeit zu untersuchen und — wenn nötig — auch im voraus den zu erwartenden Beanspruchungen anzupassen, das heißt sie sind so zu verstärken, daß die noch vorhandene Verspannung eines Steinbettes zum Beispiel in keinem Fall überbeansprucht wird. Ein vorgängiger Ausbau dürfte nämlich erheblich billiger zu stehen kommen als ein hinten nachhinkender.
- Wenn bei einem Neubau einer Straße eine Untergrundstabilisierung irgend einer Art durchgeführt wird, dann ist die stabilisierte Schicht bis unter die Bankette zu verbreitern, um damit die Spannungen, welche infolge der lastverteilenden Wirkung der Tragschicht unter den Banketten entstehen, besser auffangen zu können.
- Werden Sickerröhren verlegt, dann sind diese so tief zu verlegen, daß der Frost die entwässernde Wirkung nicht unterbindet.
- Es ist zu prüfen, ob nicht vermehrt Dämme und Böschungen mit wirtschaftlichen Mitteln verdichtet werden können.
- Eine Naturstraße muß einen solchen Oberflächenabschluß erhalten, daß ein maschineller Unterhalt möglich ist.

Abschließend möchte ich dem Kuratorium für Wald- und Holzforschung, welches zur Abklärung hängiger Fragen einen Kredit zur Verfügung gestellt hat, recht herzlich danken. Besten Dank auch Herrn Oberforstinspektor Jungs und den Herren Professoren Dr. Tromp und Bagdasarjan, welche in Diskussionen für die einheitliche Prägung einzelner Begriffe in rechtlicher, wirtschaftlicher und technischer Sicht mitgeholfen haben. Das ist auch der Grund, warum zwei im Referat gebrauchte, rein technische Begriffe in der Niederschrift nicht mehr erscheinen.

Résumé

Remise en état et entretien des routes forestières

Dans la première partie de son exposé l'auteur décrit la structure verticale d'une route forestière. Il définit les différentes couches d'une route et en indique leur fonction. Il donne les compositions granulométriques idéales pour la formation de la couche portante et du revêtement.

La seconde partie de l'exposé traite des dégâts qui apparaissent sur les routes forestières et de leurs causes. L'auteur en distingue trois types principaux qui sont :

1. Les dégâts provoqués par une sollicitation excessive due au trafic moderne. Les routes doivent être reconstruites et adaptées à la nouvelle circulation.
2. Les dégâts dus à des imperfections de construction telles que tassements, dégâts de gel, usures du revêtement. Ces dommages doivent être réparés au fur et à mesure qu'ils se présentent.
3. Les dégâts causés aux ponts, aux murs, etc.; ces ouvrages doivent être remplacés de temps à autre.

L'auteur indique ensuite quelques moyens qui permettent de déterminer la cause des différents dégâts.

Les travaux de remise en état et d'entretien du réseau de routes forestières entrepris par l'administration des forêts de la ville de Winterthour permettent à l'auteur de décrire le procédé de travail, la préparation des matériaux et les frais à l'aide d'un exemple concret.

Dans ses considérations finales, l'auteur expose les conclusions que son étude permet de tirer pour la construction de nouvelles routes forestières.

Trad. : Farron