

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 99 (2001)

Heft: 10

Artikel: Kiessande für Güter- und Waldstrassen

Autor: Hirt, Richard

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-235819>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.04.2025

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

Kiessande für Güter- und Waldstrassen

Kies ist der wichtigste Baustoff für den Strassenbau. In den meisten Ländern ist die Qualität von Kiessand für Fundations- und Tragschichten normiert. Die schweizerische SN Norm 670 120d Kiessand für Fundationsschichten der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute wurde kürzlich neu herausgegeben. Die Qualitätsanforderungen bezüglich des zulässigen Gehalts an Feinanteilen und des Kornverteilungsbereichs wurden ohne besonderen Anlass verschärft. Diese strengen Spezifikationen sind, wie die bisherigen Untersuchungen und Erfahrungen zeigen, vom bodenmechanischen Standpunkt aus weder notwendig noch wirtschaftlich tragbar. Für schwach beanspruchte Strassen, insbesondere für die Wald- und Güterstrassen, wird vorgeschlagen, den zulässigen Kornverteilungsbereich von Kiessand II anzuwenden (Ausnahme: gebrochener Fels) und den zulässige Feinanteilgehalt deutlich höher anzusetzen.

Le gravier est le matériau de construction le plus important dans la construction routière. Dans la plupart des pays, la qualité de la grave pour les couches de fondation et de support est normalisée. La norme suisse SN 670 120 d «Graves pour couches de fondation» de l'union des professionnels suisses de la route vient d'être révisée. Les exigences de qualité concernant la teneur admissible en fines et le fuseau granulométrique de la grave ont été relevées sans raison particulière. Comme le démontrent les résultats de la recherche et les expériences faites jusqu'ici, ces spécifications sévères ne sont pas nécessaires du point de vue de la mécanique des sols et ne causent que des coûts supplémentaires. Pour ces raisons, il est proposé dans le cas des routes forestières et rurales de prendre uniquement en considération le fuseau granulométrique admissible de la grave II et de fixer la teneur admissible en fines à un niveau nettement supérieur.

La ghiaia è il materiale più importante per la costruzione di strade. Nella maggior parte dei paesi, la qualità del misto granulare per strati portanti e di fondazione è standardizzata. Di recente, si è rivista la norma svizzera SN 670 120d «Misto granulare per strati di fondazione» dell'Associazione dei professionisti svizzeri della strada, in cui si sono inaspriti – senza nessun motivo specifico – i requisiti qualitativi della granulazione e del tenore in particelle fini. Queste rigorose specifiche non sono, come risulta dalle ricerche e dalle esperienze fatte finora, né necessarie né economicamente sopportabili. Per le strade poco sollecitate, in particolare per le strade forestali e rurali, si propone di applicare lo spettro granulometrico autorizzato per il misto granulare II (eccezione: roccia frantumata) e di aumentare in modo significativo il tenore ammesso di particelle fini.

R. Hirt

Ausgangslage

Kies ist der wichtigste Rohstoff der Schweiz. Er ist der Grundstoff für Beton, für bituminöse Beläge und für Fundations- und Tragschichten von Strassen und Wegen. Die Erschöpfung der hochwertigen Alluvialkiese ist heute absehbar. Un-

tersuchungen, die einen haushälterischen Umgang mit Kies und die Verwendung von Alternativmaterialien fordern (Jäckli, Schindler 1986), wurden auf der Ebene der Normen kaum zur Kenntnis genommen. Allerdings wurden vor allem bei den Güter- und Waldstrassen seit den Siebzigerjahren alternative Baustoffe als Tragschichtmaterialien aufbereitet und verwendet, so z.B. grobkörnige Moränen, Bergsturzmaterial, Gehänge- und Bach-

schutt, Nagelfluh und zahlreiche Felsmaterialien. Der Strassenbau ist mit ca. 30% am gesamten Kiesverbrauch beteiligt. Ein grosser Teil wird als ungebundener Kiessand in der Fundations- und Tragschicht verwendet. Hier stellt sich die Frage, welche Qualitätsanforderungen diese Kiese zu erfüllen haben.

Ziel des Bemessungskonzepts für einen Strassenoberbau ist die Erhaltung der Dauerhaftigkeit, Stabilität und Nutzungssicherheit während der vorgesehenen Nutzungsdauer. Die Erreichung dieses Ziels lässt sich nicht unmittelbar nachweisen. Es wird aber angenommen, dass durch die Sicherung der Qualität der Baustoffe (Einzelkorn und Korngemisch) und des Einbaus sowie durch richtige Dimensionierung des Schichtsystems die gute Qualität des Endprodukts Strasse gewährleistet wird (Abb. 1).

Die im Schichtsystem des Strassenoberbaus auftretenden Beanspruchungen durch Verdichtung, Verkehr und klimatische Einwirkungen sind massgebend für die Anforderungen an das Kiesmaterial. Die Qualitätsvorschriften für Kiessande sind aber Produktnormen, welche die Materialqualität mehr oder weniger unabhängig vom Verwendungszweck «am Werkort» festlegen. Die Normen sind auf ein ganzes Spektrum möglicher Anwendungen und nicht auf die zu erwartende örtliche Beanspruchung ausgerichtet. Dies führt tendenziell zu hohen Qualitätsanforderungen, die häufig nicht nötig sind und in den Dimensionierungsnormen auch nicht berücksichtigt werden.

Bodenmechanische Grundlagen

Forschungsarbeiten über die bodenmechanischen Eigenschaften von Kiessandmaterialien sind recht spärlich. Die meisten der heutigen Qualitätsvorschriften für Kiesmaterialien basieren auf über fünfzigjährigen Erkenntnissen und Versuchs-techniken. Dazu gehören:

- das Prinzip der parabelförmigen Kornverteilungskurven für hohlraumarme Korngemische (Fuller et al. 1907)

- die Beurteilung der Plastizität der Feinanteile (Atterberg 1911),
- das Kriterium zur Beurteilung der Frosteigenschaften (Casagrande 1931),
- die CBR-Versuchstechnik zur Messung der Tragfähigkeit (Porter 1938).

Diese empirischen Grundlagen stammen aus einer Zeit, in der die leistungsfähigen, mechanisierten Verfahren im Erdbau, bei der Verdichtung und bei der Herstellung des Oberbaus noch unbekannt waren und der Strassenbau noch weitgehend ein Handwerk war. Interessanterweise hat in der Schweiz vor allem das Frostkriterium von Casagrande die Kiesnormen geprägt, obwohl der Autor nur vereinzelte und wenig aufschlussreiche Resultate publiziert hat (Jessberger 1976).

Schweizer Norm Kiessand für Foundationsschichten (670 120d)

Wie die meisten Spezifikationen basieren auch die schweizerischen Qualitätsvorschriften für Kiessande für Foundationsschichten (SN 670 120d) im wesentlichen auf dem Prinzip der parabelförmigen Kornverteilungskurve (Betonprinzip) und auf dem Frostkriterium von Casagrande. Die zulässigen Korngrössenverteilungsbereiche für Kies I und Kies II gemäss heute geltender Norm sind in Abbildung 2 dargestellt. Bei der letzten Revision der Kiessandnorm (1999) wurden die Qualitätsanforderungen deutlich verschärft. Der zulässige Feinanteilgehalt zur Beurteilung der Wasser- und Froststabilität wird nicht mehr beim Korndurchmesser von 0.02 mm festgelegt, sondern neu

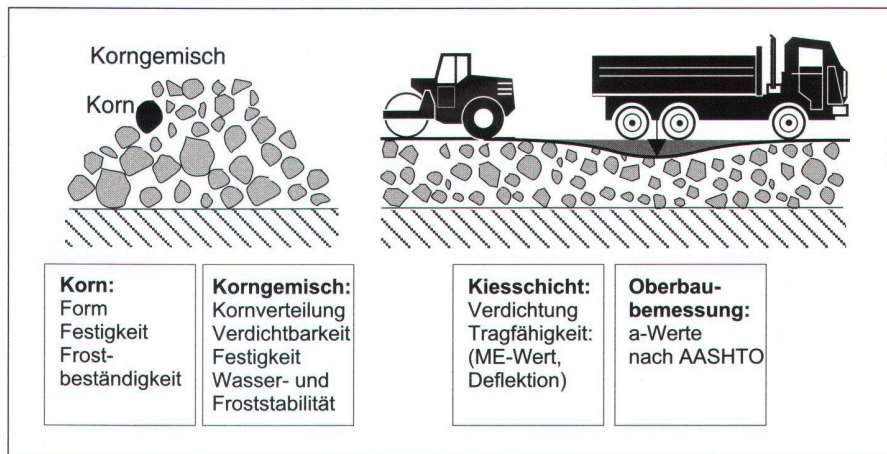


Abb. 1: Strassenoberbau, Qualitätssicherung und Dimensionierung.

beim Durchmesser von 0.063 mm. Für diese neue Siebgrösse erhöht sich deshalb der zulässige Gehalt an Feinanteilen gegenüber der alten Norm (SN 670 120b) von 3% auf 5% für das Casagrande-Frostkriterium, von 5% auf 7% für das Frostkriterium für Güter- und Waldstrassen und von 10% auf 12% für die obere Grenze des leicht frostempfindlichen Kiessandes II. Die Grenzkurven für Kiessand I und der Feinanteilgehalt lassen sich eindrücklich darstellen, wenn entgegen der üblichen Darstellung beide Achsen (Korndurchmesser, Siebdurchgang) im logarithmischen Masstab aufgetragen werden. Die parabelförmigen Grenzkurven werden dann zu Geraden mit den Parabelexponenten e als Neigungsmass. Das Beispiel der Kiesnorm (Abb. 3) zeigt, dass die «idealen» Kornverteilungen für Kiessand I und II um die Fullerkurve mit dem Parabelexponent $e = 0.5$ angeordnet sind ($e: 0.38$ bis 0.68). In der Darstellung sind auch die erwähnten Veränderungen des

Feinanteilgehalts angegeben, welche sich durch den Wechsel auf den neuen massgeblichen Durchmesser von 0.02 auf 0.06 ergeben. Ebenfalls dargestellt sind die Kiese, welche im AASHTO-Test verwendet wurden. Diese Materialien mit hoher Stabilität und Tragfähigkeit (z.B. gebrochener Kalk, a-Wert: 0.14) würden gemäss VSS-Normen nur der Qualitätsklasse II entsprechen.

Beim *Kiessand I* mit dem Grösstkorn von 63 mm (Abbildungen 2 und 3) wird neu angenommen, dass Wasser- und Froststabilität vorhanden ist, wenn der Feinanteilgehalt beim Durchmesser 0.063 mm unter 3% liegt. In der alten Norm wurde nach dem Casagrande-Kriterium angenommen, dass ein Kiessand wasser- und froststabil ist, wenn der Feinanteilgehalt beim Durchmesser 0.02 mm unter 3% liegt. Dies entspricht dem 5%-Anteil beim Durchmesser 0.063 mm der neuen Norm. Bei einem Feinanteilgehalt zwischen 3% und 5% sind neu auch beim Kiessand I

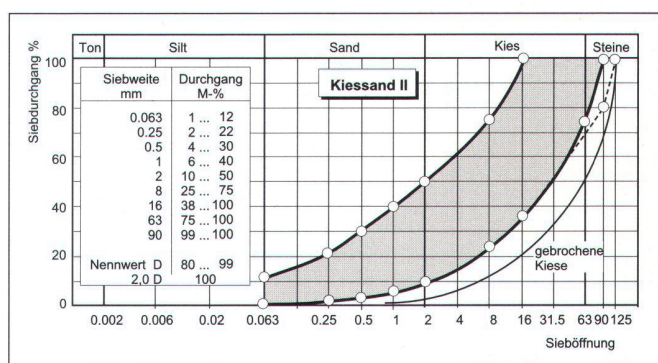
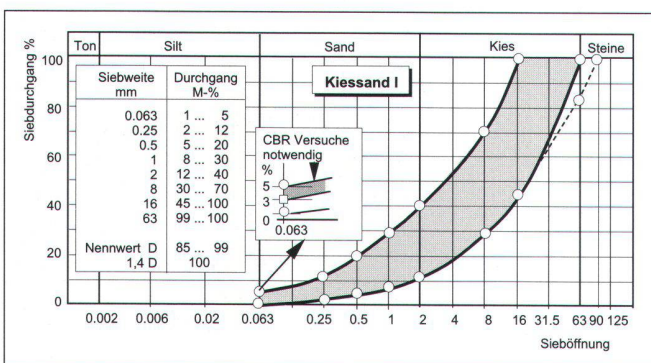


Abb. 2: Korngrössenverteilungsbereich für Kies I und II gemäss SN Norm 670 120d.

Qualität Kiessand	Feinanteil Ø 0,063 mm	Stabilität Wasser/Frost	a-Werte AASHTO	
			rund	gebrochen
Kiessand I frostsicher	≤ 5%	stabil	0.11	0.14
Kiessand II frostsicher	≤ 7%	stabil	0.11	0.14
Kiessand II leicht frostempfindlich	7–12%	leicht instabil	0.07	0.11
Kiessand III* leicht frostempfindlich	≤ 7%	stabil	–	0.14

* felsgebrochener Kiessand unterhalb Kornverteilungsbereich.

Tab. 1: Kiesqualitäten für Wald- und Güterstrassen.

aufwändige CBR-Versuche durchzuführen, mit denen nachzuweisen ist, dass die geforderten minimalen CBR-Werte (40% für Rundkies und 80% für gebrochene Materialien) nach Wasser- und Frosteinwirkung erreicht werden. Beim Kiessand I wird zusätzlich vorgeschrieben, dass sich die Kornverteilungskurve innerhalb einem Drittel der Breite des normierten Korngrößenverteilungsbereiches bewegen muss. Die Norm für Kiessand I, die annähernd die Qualität von Betonkies vorschreibt, ist nun derart verschärft worden, dass sie mit den zur Verfügung stehenden Rohmaterialien nicht mehr eingehalten werden kann und eine Aufbereitung durch Sieben und/oder Brechen zwingend geworden ist. Kiessand I ist dadurch endgültig zu einem nicht mehr vertretbaren Luxus geworden und sollte deshalb aus ökonomischen und ökologischen Gründen im Strassenbau nicht mehr verwendet werden.

Kiessand II mit dem wesentlich breiteren Korngrößenverteilungsbereich ist die klassische Kiesqualität, die in Fundations- und Tragschichten von Strassen und Wegen eingebaut werden sollte. Das Grösstkorn liegt neu bei 90 mm (grösste Sieböffnung der ISO-Normsiebreihe) und nicht mehr bei 100 mm. Allerdings ist ein Überkornanteil von maximal 20% bis zum Korndurchmesser von 125 mm zulässig. Bei Kiessand II wäre gemäss Norm in jedem Fall durch Versuche nachzuweisen, dass die Qualitätsanforderungen erfüllt werden, besonders auch, dass die gefor-

dernten minimalen CBR-Werte sicher erreicht werden.

Qualität von Kiessand für sekundäre Strassen

Die Erfahrung hat gezeigt und zahlreiche Untersuchungen (Shook und Fang 1961, Giudicetti 1973, Winkler 1988) haben bestätigt, dass die vorgeschriebenen CBR-Werte mit den Kiessanden der Qualitätsklasse II, vor allem mit den gebrochenen Materialien, problemlos erreicht werden. Für die Festigkeit und Stabilität dieser Kiese fällt die Grösse der Verdichtung weit stärker ins Gewicht als der Feinanteilgehalt. Bei den meisten ausländischen Vorschriften sind deshalb deutlich höhere Feinanteilgehalte zulässig. So sind dies z.B. nach amerikanischer ASTM-Spezifikation (D 2940-98) 8% für Tragschichten und 12% für Fundationschichten bei einem etwas höheren massgebenden Korndurchmesser (Sieb Nr. 200: 0.075 mm). Solche Kiessande, welche bezüglich Feinanteilgehalt und Kornverteilung an der oberen Grenze des zulässigen Bereichs von Kiessand II gemäss Schweizer Norm liegen (Abb. 3), kamen im AASHTO Road Test zur Anwendung und lieferten die Grundlagen für die Tragfähigkeitswerte (a-Werte) zur Dimensionierung des Strassenoberbaus. Die ermittelten Tragfähigkeitswerte für diese Kiese sind in Funktion der CBR-Werte in Abbildung 4 dargestellt. Für die in den Normen geforderten minimalen CBR-Werte von 40%

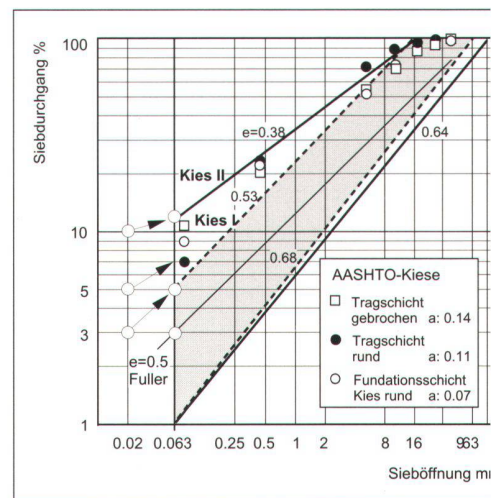


Abb. 3: Korngrößenverteilungsbereiche und AASHTO-Kiese in doppelt-logarithmischer Darstellung.

kann somit mit Tragfähigkeitswerten von 0.1 bis 0.14 gerechnet werden.

Eine Besonderheit stellen sehr oft die felsgebrochenen Materialien dar, bei denen nur wenig Sand vorhanden ist. Die Kornverteilungskurve verläuft dann unterhalb der unteren Grenzkurve (Abb. 2), so dass diese Kiese auch die Anforderungen für Kiessand II nicht erfüllen. Diese gebrochenen Kiessande sind wohl schwieriger zu verdichten, sie ergeben aber hoch tragfähige und stabile Schichten mit Tragfähigkeitswerten von 0.14.

Die revidierten Kiessandnormen sind wegen der übertriebenen Qualitätsanforderungen keine zweckmässige Basis für Güter- und Waldstrassen. Die Forderung

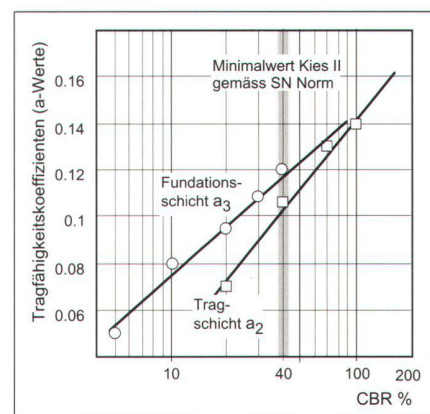


Abb. 4: Tragfähigkeitswerte in Funktion des CBR-Wertes nach AASHTO.

nach möglichst grosser Wirtschaftlichkeit und die Berücksichtigung örtlicher Gegebenheiten führt deshalb dazu, dass die bestehenden SN Normen für diese Strassenkategorie neu interpretiert, ergänzt und an die bisherigen Erfahrungen und Versuchsergebnisse angepasst werden müssen.

Die für sekundäre Strassen zweckmässigen Kiesqualitäten, welche insbesondere im Feinanteilgehalt von den SN Normen abweichen, sind mit den dazugehörigen Tragfähigkeitswerten in Tabelle 1 dargestellt.

Kiessand I ist, wie schon erwähnt, eine Kiesqualität, die nur schwer hergestellt werden kann und zudem gegenüber Kiessand II keine markant besseren Tragfähigkeitswerte aufweist. Wegen des geringen Feinanteilgehalts (< 5%) kann sie auch nicht gut verdichtet werden. Die klassische Qualität für den Strassenbau ist «Kiessand II-froststabil» mit einem Feinanteilgehalt bis 7%. Er kann bei allen Strassentypen eingesetzt werden. «Kiessand II-leicht frostempfindlich» sollte nur bei Strassen mit Naturbelägen oder unter bituminösen Deckbelägen mit hoher Flexibilität eingesetzt werden. Kleinere Wasser- und Frosteinwirkungen führen bei diesen Belägen kaum zu Schäden. Die Stabilität und Tragfähigkeit dieser leicht frostempfindlichen Kiese kann durch die Stabilisierung mit Zement um den Faktor zwei vergrössert werden. Für diese Stabilisierungsart sind heute leistungsfähige Maschinen für das Ortsmischverfahren verfügbar. Eine in den SN Normen nicht erwähnte Kiesqualität sind die felsgebrochenen Kiessande. Sie werden in der Tabelle 1 als «Kiessand III-froststabil» bezeichnet. Ihre Kornverteilungskurven liegen wegen des kleinen Sandanteils oft unterhalb des normierten Bereichs. Bei kleinem Gehalt an Feinanteilen (< 7%) sind diese Kiese wasser- und froststabil und weisen im Schichtverbund eine sehr hohe Tragfähigkeit auf, weshalb sie auch

häufig als örtliche Materialien aufbereitet und verwendet werden.

Schlussbemerkungen

Die Normen für Kiese für Fundations- und Tragschichten von Strassen wurden in der Schweiz in den vergangenen Jahren ohne äusseren Anlass häufig geändert. Die Qualitätsanforderungen an diese Kiese wurden zunehmend verschärft. Die Anwendung der SN Norm für die Güter- und Waldstrassen, teilweise auch für klassierte Strassen, ist in der heutigen Form nicht mehr zweckmässig. Normen sind aber gemäss GATT-Übereinkommen unter anderem die Kodifizierung der Erfahrung im Sinne einer bewährten Praxis und beschreiben den sogenannten «Normalfall». Ihre Einhaltung ist grundsätzlich freiwillig, kann aber vertraglich festgelegt werden. Die dargelegten Empfehlungen (Tabelle 1) sind Ergänzungen bzw. Erweiterungen der SN Norm 670 120d. Sie werden in dieser Form zweckmässigerweise für die schwach beanspruchten Strassen, insbesondere für die Güter- und Waldstrassen, angewandt. Die vorgeschlagenen Erweiterungen des zulässigen Qualitätsbereiches bezüglich des Feinanteils und des Kornverteilungsbereichs sind auf Grund eigener Untersuchungen und Erfahrungen sowie ausländischer Richtlinien und der Literatur gut erhärtet. Die restriktive Anwendung der SN Norm ist vom ökonomischen Standpunkt aus nicht vertretbar und bautechnisch weder notwendig noch zweckmässig.

Literaturverzeichnis:

- Atterberg, A. (1911): Die Plastizität der Tone, Int. Mitt. für Bodenkunde, 50, 57–61.
 Casagrande, A. (1932): Discussion on Frost Heaving, Proceedings, Highway Research Board, Vol. 11. Washington D. C.; 168–172.
 Fuller, W. B., Thomson, S.E. (1907): The laws

of proportioning concrete, Trans. Amer. Soc. Civ. Engrs., 59, 67–143.

Giudicetti, F. (1973): Die Tragfähigkeit eines Bodens nach Gefrieren und Auftauen im Laboratorium mit der CBR-Methode, Diss. Nr. 5187, ETH Zürich.

Jessberger, H. L. (1976): Vergleichende Beurteilung der gebräuchlichen Frostkriterien für Frostschutz-Kies-Sande anhand der Originalveröffentlichungen, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 208.

Porter, O. J. (1938): The preparation of subgrades, Proceedings 18, Highway Research Board, Washington D. C.

Shook, J. F., Fang, H.Y. (1961): Cooperative Materials Testing Program at the AASHTO Test, Special Report 66, Highway Research Board, Washington D. C.

Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (1999): Kiessand für Fundationsschichten, Qualitätsanforderungen, SN Norm 670 120d.

Winkler, M.A. (1988): Aufbereitung von Kiessand für Wald- und Güterstrassen in den Schweizer Voralpen, Diss. Nr. 8469, ETH Zürich.

Abkürzungen:

- AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials
 ASTM: American Society for Testing and Materials
 ISO: International Organization for Standardization, Geneva
 SN: Schweizer Norm, Normen der Schweizerischen Normenvereinigung
 VSS: Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute

Prof. Dr. Richard Hirt
 Forstliches Ingenieurwesen
 Departement Forstwissenschaften
 ETH Zürich
 CH-8092 Zürich
 hirt@fowi.ethz.ch