

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 112 (1994)
Heft: 38

Artikel: Baustoff-Recycling: antiquierte Normen behindern Einsatz im Strassenbau
Autor: Hirt, Richard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-78513>

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: 20.01.2026

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

Baustoff-Recycling

Antiquierte Normen behindern Einsatz im Strassenbau

Eine umfangreiche Literatur und viele Versuche mit Recycling-Materialien zeigen, dass diese in bodenmechanischer Hinsicht den konventionellen Kiessandmaterialien als Strassenbaustoffe ebenbürtig oder überlegen sind. Ihr Tragfähigkeitspotential liegt im Bereich hochverdichteter gebrochener Materialien mit Werten, die bis zu 40% über denjenigen von hochwertigem Rundkies liegen. Die heute angewandten Produktenormen orientieren sich jedoch weitgehend an den Kiesnormen, liefern aber keine schlüssigen Hinweise auf das Verhalten der Materialien. Die Tragfähigkeitseigenschaften werden damit nur ungenügend beschrieben und deshalb bei der Bemessung des Strassenoberbaus kaum berücksichtigt.

Kies und Sand, Steine und Erden gehören weltweit zu den wichtigsten mineralischen Rohstoffen mit immensen Fördermengen. Das Postulat der nachhaltigen Entwicklung fordert jedoch den sparsamen Umgang mit diesen natürlichen Ressourcen. Das Baugewerbe hat diesem Umstand schon seit

geräumer Zeit Rechnung getragen und die Voraussetzungen für eine zweckmässige Kreislaufwirtschaft geschaffen. Hoch- und Strassenbau sind dabei auf der einen Seite die Verursacher der Bauabfälle, andererseits aber auch die potentiellen Abnehmer der daraus aufbereiteten Sekundärbaustoffe.

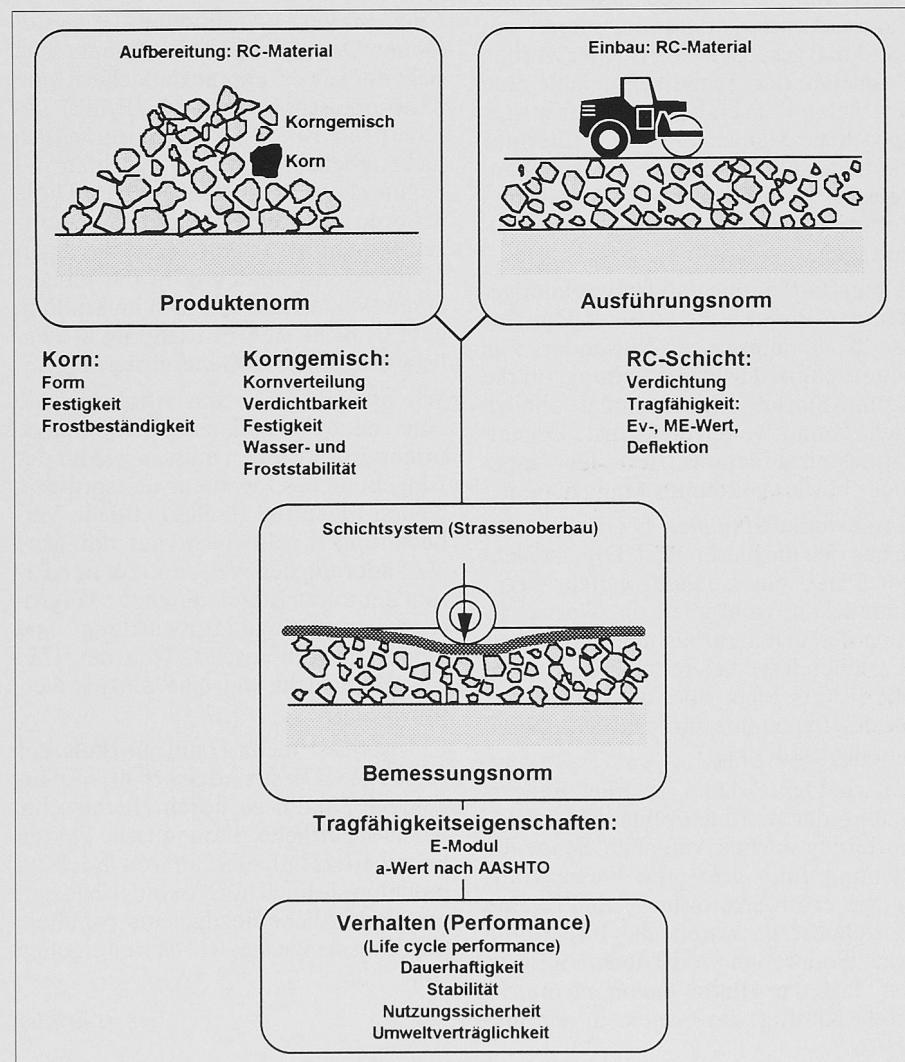


Bild 1. Qualitätssicherung und Verhalten (Performance-Konzept)

So wird im Strassenbau neuem bituminösem Belagsgut nach Möglichkeit aufbereitetes Asphaltgranulat beigemischt. Auf schwach belasteten Strassen wird Asphaltgranulat ohne weitere Bindemittelzugabe mit Erfolg auch als Deckschicht kalt eingebaut. Die einfachste und verbreitetste Anwendung

VON RICHARD HIRT,
ZÜRICH

ist jedoch der Einsatz der verschiedenen rezyklierten Granulate in nicht gebundenen und zementgebundenen Fundations- und Tragschichten von Strassen, Wegen und Plätzen. In vielen Ländern besteht dazu ein auf den Kiesnormen basierendes Instrumentarium für die Qualitätsprüfung und die Gütesicherung. Eine zunehmende Zahl von Forschungsarbeiten befasst sich mit den Eigenschaften und dem Verhalten der Sekundärbaustoffe. Die Resultate werden aber nur zögernd bei der Normierung und in der Baupraxis berücksichtigt.

Überholte Produkte- und Ausführungsnormen

Ein Strassenoberbau hat seine Qualität in bezug auf Dauerhaftigkeit, Stabilität, Nutzungssicherheit und Umweltverträglichkeit unter Beweis zu stellen. Da das Erreichen dieser Ziele sich nicht unmittelbar nachweisen lässt, wird die Qualität des Produktes «Strasse» durch geeignete Massnahmen im Bereich der Baustoffe, des Einbaus sowie der materialgerechten Bemessung des gesamten Strassenaufbaus gesichert (Bild 1).

Für die Herstellung von Fundations- oder Tragschichten aus Kies und gebrochenen Felsmaterialien bestehen daher Normenwerke, welche die Eigenschaften der Einzelkörper und Korngemische in der **Produktenorm** und den Einbau dieser Materialien in der **Ausführungsnorm** regeln. Diese Spezifikationen basieren in allen Ländern auf ähnlichen Grundlagen. Es war naheliegend, die Prüf- und Einbauvorschriften für Kiesmaterialien und die entsprechenden Bemessungsnormen auch auf die Recycling-Materialien anzuwenden.

Die Versuchstechnik und die Normen für Kiesmaterialien basieren allerdings auf Erkenntnissen, die über 50jährig sind und weder dem Baustoff Kies noch den granulierten Recycling-Baustoffen

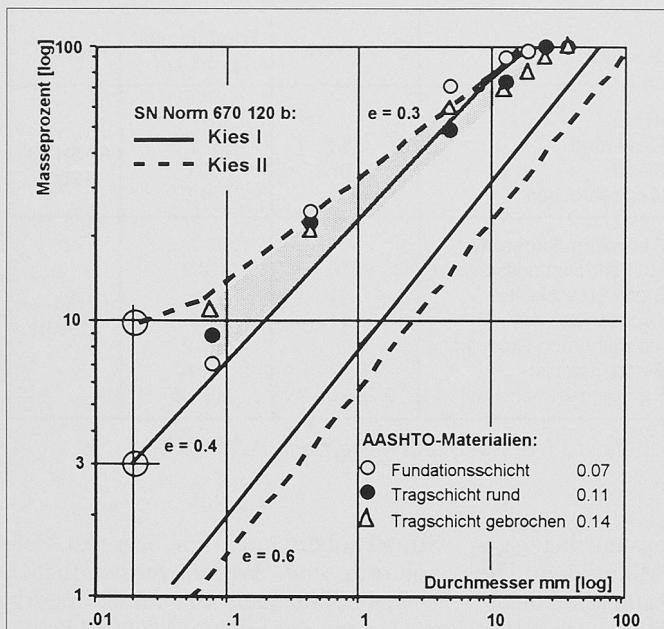


Bild 2. Kornverteilungsbereich Kies und AASHTO-Test-Materialien

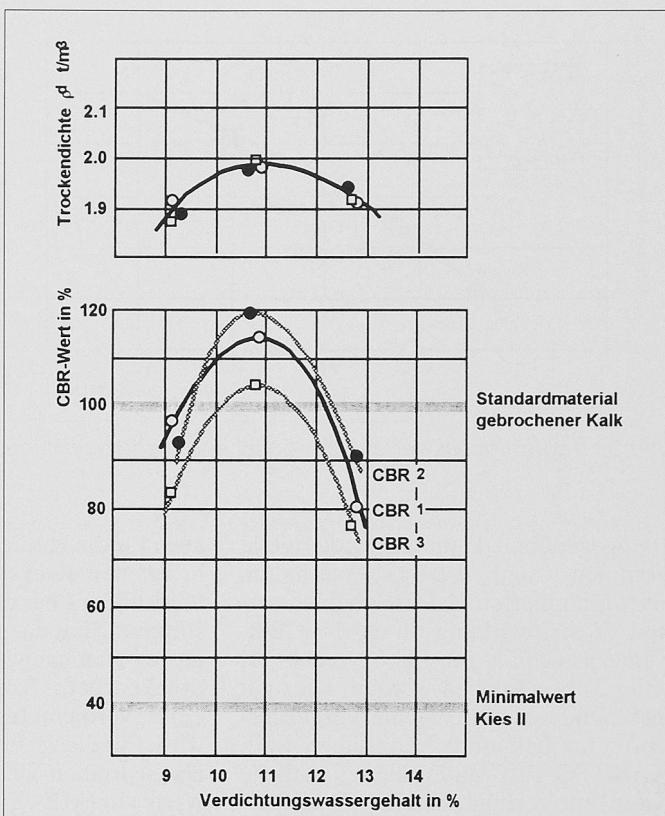


Bild 3. CBR-Versuch Mischabbruch

gerecht werden. Bei neueren Bemessungskonzepten liegt die Zielsetzung in der Erreichung einer *hinreichenden Gebrauchsfähigkeit* des Bauwerks. Darunter versteht man das qualitativ einwandfreie Verhalten während der vorgesehenen Nutzungsdauer (*Performance-Konzept*). Wegen vermeintlicher Unerschöpflichkeit und relativ niedriger Kosten der mineralischen Rohstoffe bestand jedoch keine ökonomische Notwendigkeit die entsprechenden Normen zu überprüfen.

Fehlender Praxisbezug der Produktenormen

Die im Schichtsystem des Strassenoberbaus auftretenden mechanischen Beanspruchungen durch die Verdichtung, den Verkehr und die klimatischen Einwirkungen sind grundsätzlich massgebend für die geforderten Eigenschaften granulierter Materialien. Bei den Kiesnormen und den daraus abgeleiteten Vorschriften für die Recycling-Materialien handelt es sich aber um Produktenormen, welche die Materialqualität mehr oder weniger unabhängig vom Verwendungszweck «am Werktor» festlegen. Sie sind daher auf ein ganzes Spektrum möglicher Anwendungen und nicht auf die zu erwartende Beanspruchung im Strassenoberbau ausgerichtet. Dies führt tendenziell zu hohen Qualitätsansprüchen, die vielfach nicht

notwendig sind und in den Bemessungsnormen nicht oder nur ungenügend berücksichtigt werden.

Luxusmaterialien für den Straßenbau?

Die Normen der meisten Länder sind bezüglich des Kornverteilungsbereichs und des Gehalts an Feinanteilen der granulierten Strassenbaumaterialien sehr ähnlich und restriktiv, so dass nur relativ luxuriöse Materialien die Anforderungen für Tragschichtmaterialien erfüllen. Technisch stellen sich keine Probleme, die Recycling-Materialien derart aufzubereiten, dass sie in den vorgeschriebenen Bereich zu liegen kommen.

Die Kenndaten der normierten Test-Materialien der American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) zeigen allerdings, dass die Kornverteilung allein kein aussagekräftiges Mass für die Tragfähigkeitseigenschaften der Materialien darstellt. Obwohl sich die AASHTO-Test-Materialien bezüglich Kornverteilung und Feinanteilgehalt nur wenig unterscheiden, weisen sie ein signifikant unterschiedliches Tragfähigkeitsverhalten auf. Der Vorteil der Kornverteilungskurve liegt darin, dass sie leicht bestimmt und überprüft werden kann. Es stellt sich allerdings die Frage, ob damit auch die wesentlichen Aussagen gewonnen werden können.

Fragwürdige Übertragung von Laboranalysen

Hinlänglich bekannt sind die Schwierigkeiten, welche sich bei der Bestimmung der Verdichtungseigenschaften bieten. Es ist zwar möglich, die entsprechenden Eigenschaften (optimales Raumgewicht, Wassergehalt, Auswirkungen einer veränderten Verdichtungsenergie) im Labor zu bestimmen, deren Umrechnung auf die Gesamtfraktion ist hingegen problembehaftet. Es ist leicht einzusehen, dass dieses Verfahren angesichts der unterschiedlichen Rohdichte und Porosität der Körner bei Recycling-Materialien noch problematischer ausfällt als bei Kies. Ein im Labor ermitteltes Raumgewicht ist deshalb als Vorschrift für eine Ausführungsnorm ungeeignet.

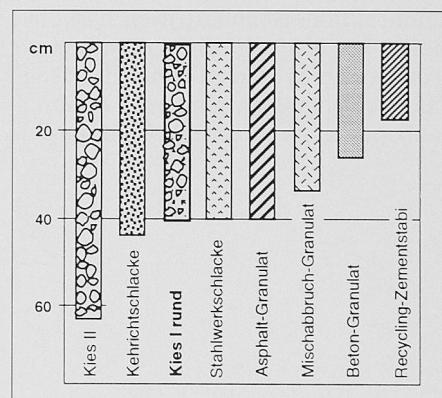


Bild 4. Schichtdicken gleicher Tragfähigkeit

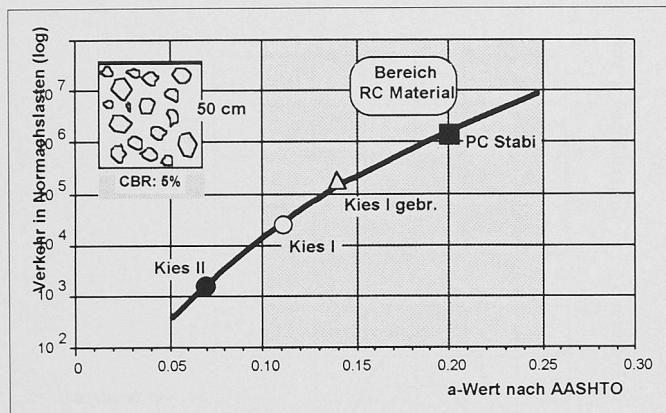


Bild 5. Tragfähigkeitswerte und mögliche Verkehrsbelastung

Demgegenüber kann das potentielle Volumen- und Festigkeitsverhalten eines granulierten Materials bei Wasser- und Frosteinwirkung durch die CBR-Versuchstechnik im Labor recht gut (Bild 3) beschrieben werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn Vergleichswerte für bekannte Materialien (z.B. AASHTO-Test-Materialien, örtliche Kiese) zur Verfügung stehen. Die CBR-Werte liefern auch Hinweise auf das Tragfähigkeitspotential (a -Werte) eines Materials. Mit der CBR-Versuchstechnik kann zudem nachgewiesen werden, dass die Festigkeits- und Stabilitätseigenschaften granulierter Materialien deutlich vom erreichten Verdichtungsgrad abhängen, was durch Feldversuche bestätigt wird. Hohe CBR-Werte – im Bereich von 100% und mehr – sind mit allen Recycling-Materialien auch nach Wasserlagerung und Befrostung meist problemlos zu erreichen.

Unterbewertete Recyclingmaterialien

In verschiedenen Ausführungsnormen wird der Verdichtungsgrad (Proctor, Proctor modified) vorgeschrieben. Trotz einiger Mängel in der Messtechnik (Raumgewichtsbestimmung, Umrechnung von Laborwerten auf die Gesamtfaktion) ist unbestritten, dass eine hohe Verdichtung die grundlegende Voraussetzung darstellt, um die Tragfähigkeitsqualität granulierter Materialien optimal zu nutzen. Dies gilt speziell

auch für die verdichtungsunwilligen gebrochenen Recycling-Materialien. Die Hilflosigkeit bei der Raumgewichtsbestimmung hat dazu geführt, dass anstelle des Raumgewichts die Zusammendrückbarkeit, bzw. die Tragfähigkeit einer verdichteten Schicht gemessen wird. Für die verbreiteten Plattenversuche schreiben viele Normen Minimalwerte vor (ME-, EV1-, EV2-Werte), die bei guter Verdichtung mit den Recycling-Materialien problemlos erreicht werden können.

Die mögliche Verkehrsbelastung z.B. für eine Schichtdicke von 50 cm variiert je nach der Tragfähigkeit des granulierten Baustoffs (a -Wert) um den Faktor 100-1000 (Bild 5). Die Bemessungsrichtlinien der meisten Länder, welche auf Norm- oder Regelaufbauten basieren, werden jedoch diesem unterschiedlichen Tragfähigkeitsvermögen der Recycling-Materialien und der Kiese nicht gerecht. Bei einer materialgerechten Bemessung des Strassenoberbaus müssen die Recycling-Materialien entsprechend ihrer relativen Tragfähigkeit (Tabelle 1 und Bild 4) eingesetzt werden, welche bei guter Verdichtung im Bereich der gebrochenen Felsmaterialien oder darüber liegt (Hirt 1993). Dies führt zu Kosteneinsparungen durch kleinere Erdabträge und geringeren Materialverbrauch.

Forschung gefordert

Die Analyse zeigt, dass die heute verwendeten Normen für den Bau von

Baustoff	a -Wert	Tragfähigkeit pro 1 cm	Autor
Kiese			
Kies I rund	0.11	1	AASHTO (1986)
Kies II	0.07	0.6	
Kies gebrochen	0.14	1.3	
Recycling-Baustoffe			
Mülverbrennungsschlacke	0.10	0.9	
Stahlwerkschlacke	0.11	1	
Asphalt-Granulat	0.11	1	
Mischabbruch-Granulat	0.14	1.2	
Beton-Granulat	0.17	1.5	
Recycling-Zementstab	0.25 - 0.30	2.3 - 2.7	

Tabelle 1. Tragfähigkeitswerte nach AASHTO

Strassenoberbauten nur begrenzt zielförmig sind. Wegen vermeintlicher Unerschöpflichkeit und relativ niedriger Kosten der mineralischen Rohstoffe wurden nur wenige Forschungsarbeiten über das mechanische Verhalten von Kies ausgeführt, so dass eine eher antiquierte Versuchs- und Prüftechnik zur Verfügung steht, was sich auch im gesamten Bereich der Prüfung der Recycling-Baustoffe niederschlägt. Die Einbettung der Produktevorschriften und der Ausführungs- und Bemessungsnormen in ein kohärentes Performance-Konzept ist nur ansatzweise vorhanden. Hochschulen und Forschungsinstitute wären diesbezüglich noch vermehrt gefordert.

Trotz des immensen Verbrauchs an mineralischen Rohstoffen fehlt immer noch eine einfache und doch ausreichend genaue Methodik, um das mechanische Verhalten körniger Materialien zu bestimmen und zu beschreiben. Im heutigen Zeitpunkt gilt somit für Kiese und Recycling-Materialien die Feststellung, dass man misst, was man kann – und nicht, was man soll!

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. R. Hirt, Professur für forstliches Ingenieurwesen, ETHZ, 8092 Zürich.