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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 149 (1998)

Heft: 11

Artikel: Verwendung von Recycling-Materialien im Wegebau

Autor: Hirt, Richard

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-766143

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: 08.07.2025

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

Verwendung von Recycling-Materialien im Wegebau

Von *Richard Hirt*

Keywords: Aggregate recycling; demolition debris; rural road construction.

FDK 383: UDK 691.1

1. Einleitung

In der Schweiz fallen jährlich über 4 Mio. Tonnen inerte Bauabfälle (Bauschutt), Schlacken und industrielle Nebenprodukte an. Die Umweltschutzgesetzgebung schreibt die Aufbereitung und Wiederverwendung dieser Materialien zwingend vor, «wenn dies technisch möglich und wirtschaftlich tragbar ist und dadurch die Umwelt weniger belastet wird als durch die Beseitigung».

Die Schliessung der Stoffkreisläufe im Sinne einer nachhaltigen Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen ist ein Anliegen, dem sich die Bauwirtschaft gestellt hat. In den schweizerischen Normen (SN-Normen 1998), den SIA-Empfehlungen (1993) und in der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA 1997) sind die folgenden Sekundärrohstoffe, deren Aufbereitung und Anwendung beschrieben und geregelt *(Abbildung 1):*

- *Betongranulat,*
- *Mischabbruchgranulat,*
- *Asphaltgranulat,*
- *Recycling-Kies,*
- *Glassplitt,*
- *Kehrichtschlacke.*

Verschiedene Kantone (z. B. ZH, GR, SO, BE usw.) haben in den letzten Jahren eigene Vorschriften erlassen. Mit der neuen BUWAL-Richtlinie (1997) soll nun die Vereinheitlichung der Qualität und der Anwendungsbereiche

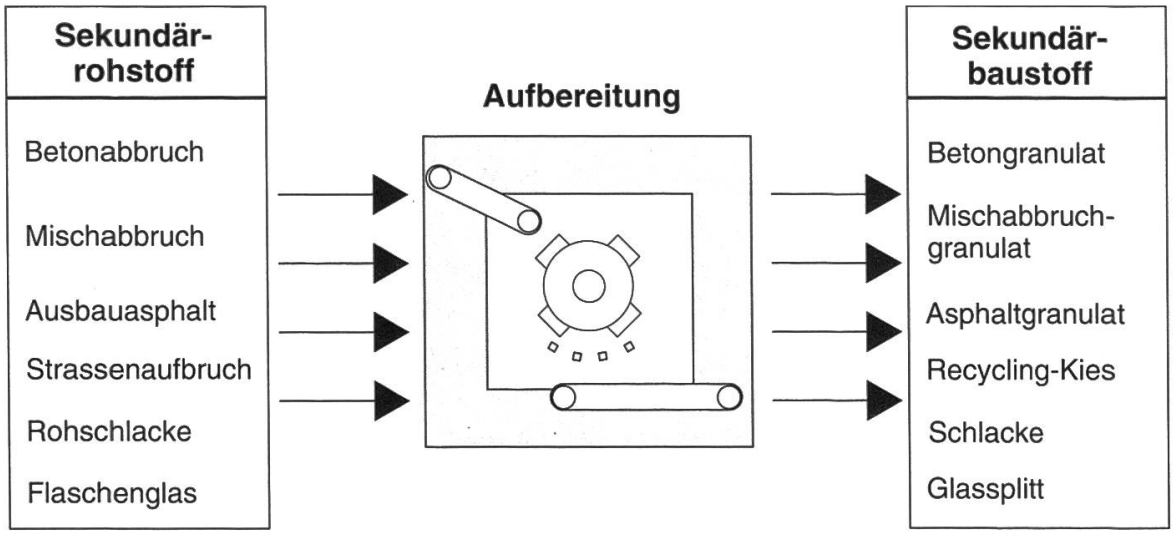

Abbildung 1. Aufbereitung der Sekundärbaustoffe.

erreicht werden. Für Recycling-Baustoffe, die als Kiesersatzmaterial verwendet werden, bietet der Abfall- und Recycling-Verband (ARV) eine Qualitätssicherung an. Sie basiert auf der BUWAL-Richtlinie und soll eine Hilfestellung für Produzenten und Anwender bieten.

2. Aufbereitung der Recycling-Materialien

Granulierte Recycling-Materialien, die im Strassenbau zur Anwendung kommen, müssen die gleichen Minimalanforderungen an die Verdichtbarkeit, Festigkeit, Tragfähigkeit, Wasser- und Froststabilität erfüllen wie die entsprechenden Primärmaterialien (Kiese, Schotter, Splitte). Bei den Recycling-Materialien ist in allen Fällen eine Aufbereitung erforderlich. Ziel dieser Aufbereitung ist die Erzeugung einer guten Kornabstufung, die Begrenzung des Grösstkorns, die Eliminierung wasser- und frostempfindlicher Feinanteile sowie gegebenenfalls die Aussortierung unerwünschter Bestandteile (Metalle, Holz, Gips usw.). Die Bauwirtschaft, die Kiesindustrie und die Hersteller von Baumaschinen haben sich schon sehr früh mit der Recyclingtechnik vertraut gemacht. Die zweckmässige Baustellenentsorgung und die Technik zur Aufbereitung geeigneter Bauschuttfraktionen zu Kiesersatzmaterial mit stationären oder mobilen Aufbereitungsanlagen können heute als bekannt und erprobt angesehen werden.

3. Anwendungsbereich der Recycling-Materialien

Die verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten der aufbereiteten Sekundärbaustoffe sind aus der *Abbildung 2* ersichtlich. Bei kleinen Mengen und dispersem Anfall steht die Verwendung der Recycling-Materialien als Kiesersatz im Strassenoberbau im Vordergrund. Sie können aber auch Zuschlags-

Material \ Verwendung	Kiessand-ersatz	Zement-stabi	Zement-beton	Asphalt-beton	Rec-Deck-schicht
Asphaltgranulat	●			●	●
Betongranulat	●	●	●	○	
Mischabbruch-granulat	●	●	○		
Recycling-Kies	●	●	○		
Schlacke	○	○			
Glassplitt	○			○	

● **gut geeignet** ○ geeignet

Abbildung 2. Verwendung der Sekundärrohstoffe.

stoffe für bituminös gebundene Baustoffe (Heissmischtragschicht, Heissmischfundationsschicht) oder für Zementbeton und hydraulische Stabilisierungen verwendet werden. Eine spezielle Bauweise bei den Wald- und Güterstrassen ist die Verwendung von kalt eingebautem Asphaltgranulat zur Herstellung von erosionsfesten Deckschichten (Kalt-Recycling-Deckschichten). Diese Anwendung wird durch die BUWAL-Richtlinie (1997) bis zu einer Schichtdicke von 7 cm ausdrücklich zugelassen.

4. Eigenschaften ungebundener Recycling-Materialien

Bei der Verwendung als Kiesersatz im Oberbau von Strassen und Wegen werden die Qualitätsvorschriften für Kiessand für Fundationsschichten (SN 670'120b) und die entsprechenden Einbau- und Verdichtungsvorschriften herangezogen, in denen die Materialeigenschaften festgelegt sind *(Tabelle 1)*.

Tabelle 1. Eignungsprüfung für granulierte Materialien.

Korngrössenverteilung

Parabelform (Verdichtung)
Feinanteilgehalt (Wasser-, Froststabilität)
Casagrande-Frostkriterium

CBR-Versuche

Verdichtung
Festigkeit
Wasser-, Froststabilität

Kornfestigkeit

Los Angeles-Test

Tragfähigkeit, Feldversuche

Verdichtung,
Tragfähigkeit (M_E-Wert, Deflektion, a-Wert)

Die Kiesnorm SN 670'120a schreibt eine möglichst weitgehende Parabelform der Kornverteilungskurven vor. Die Kornzusammensetzung der Recyclingmaterialien kann durch Aufbereitungsmassnahmen beliebig verändert und an die vorgeschriebenen Bereiche für Kiessande (Qualität I und II) angepasst werden. Schon mit geringem Aufbereitungsaufwand wird der Sieblinienbereich von Kiessand I oder der frostsichere Bereich von Kiessand II erreicht. Beim diesbezüglich eher kritischen Mischabbruch genügt eine einfache Vorabscheidung, um den Feinanteil in den frostsicheren Bereich zu reduzieren.

In der *Abbildung 3* ist für Mischabbruch der Bereich der Verdichtungswerte, der Festigkeits- und Stabilitätswerte exemplarisch dargestellt. Die Verdichtungswerte liegen für Beton- und Mischabbruchgranulat etwa im Bereich von Kiessand (Trockendichte ≥2 t/m^3).

Die Werte für die Festigkeit nach Verdichtung (CBR1), nach Wasserlagerung (CBR2) und nach einem Frost-Tauzyklus (CBR3) der Recycling-Materialien liegen mit Werten von deutlich über 100% CBR in der gleichen Grös-

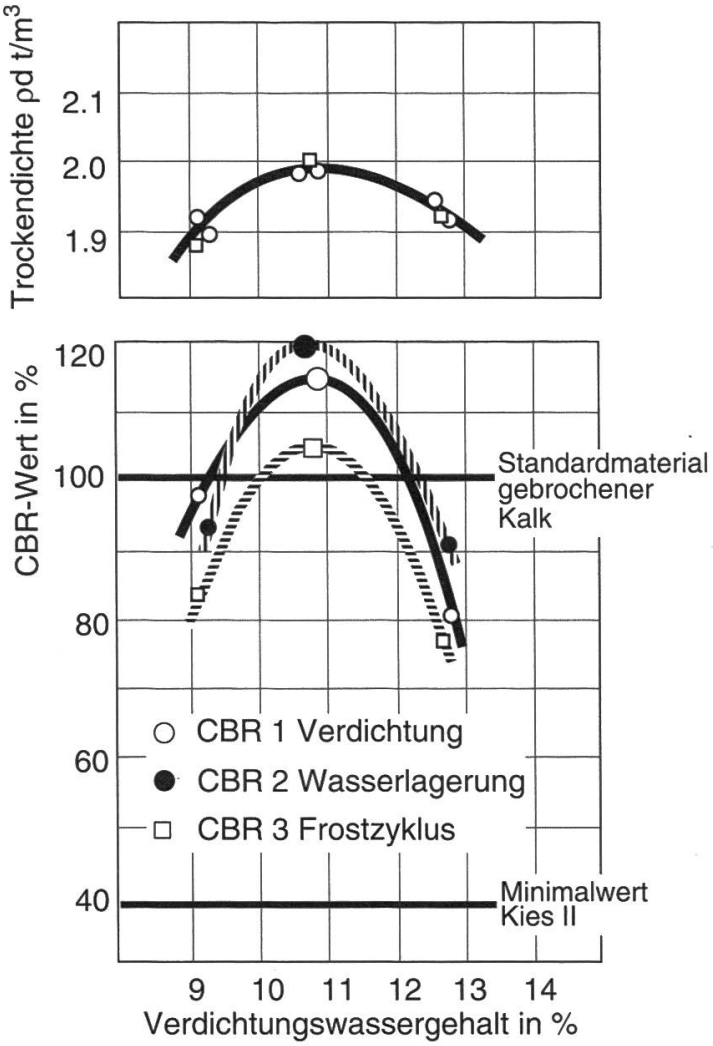

Abbildung 3. CBR-Versuch (Mischabbruch).

senordnung wie Rundkiese der Qualitätsklasse I; Mischabbruch- und Betongranulat liegen im Bereich felsgebrochener Materialien oder leicht darüber. Es ist deshalb anzunehmen, dass auf den eingebauten Schichten auch entsprechend hohe Tragfähigkeitswerte erreicht werden. Die aus umfangreichen Versuchen *(Hirt,* 1993, 1994) ermittelten Tragfähigkeitswerte nach AASHTO (a-Werte) und die daraus berechneten Schichtdicken gleicher Tragfähigkeit (Vergleichsbasis Kies I: 40 cm in *Abbildung 4)* bestätigen die hohe Qualität und Tragfähigkeit nichtgebundener und zementgebundener Recycling-Materialien. Nichtgebundene Recycling-Materialien werden in den Normen zur Bemessung des Strassenoberbaus nur wie Kiessande der Klasse II berücksichtigt, was dem guten Tragfähigkeitsverhalten nicht gerecht wird. Bei einer materialgerechten Dimensionierung müssten die Recycling-Materialien entsprechend ihrer relativen Tragfähigkeit berücksichtigt werden, d. h. Schlacken und Asphaltgranulat mit einem a-Wert von 0,1, Mischabbruch- und Betongranulat wie gebrochener Kiessand I mit 0,14 und stabilisierte Materialien mit 0,25–0,3 *(Abbildung 4).*

Baustoff	a -Wert	Tragfähigkeit pro 1 cm
Kiese		
Kies I rund	**0.11**	**1**
Kies II	0.07	0.6
Kies gebrochen	0.14	1.3
Recycling-Baustoffe		
Kehrichtschlacke	0.10	0.9
Stahlwerkschlacke	0.11	1
Asphaltgranulat	0.11	1
Mischabbruchgranulat	0.14	1.2
Betongranulat	0.17	1.5
Recycling-Zementstabi	0.25 - 0.30	2.3 - 2.7

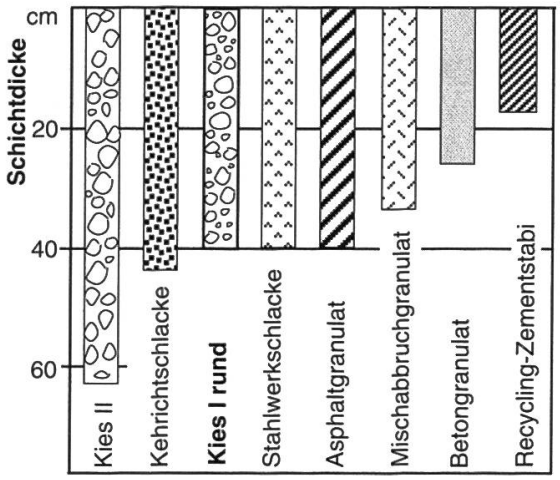

Abbildung 4. a-Werte und Schichten gleicher Tragfähigkeit.

5. Gewässerschutztechnische Vorschriften

Unter bindemittelgebundenen Deckschichten (Asphaltbelag, Betonbelag) ist der Einsatz aller Recycling-Materialien zulässig. Der beschränkte Anwendungsbereich der losen Materialien ohne Belag kann durch eine Stabilisierung mit hydraulischen Bindemitteln (Portlandzement, Rocadur) beträchtlich erweitert werden. Nicht umweltverträglich ist die Kombination von Bitumen und basischen Betonbestandteilen.

Die Formulierung umweltrelevanter Anforderungen war lange Zeit umstritten, so dass verschiedene Kantone eigene Vorschriften für den zulässigen

Verwendungsmöglichkeiten / Recycling-baustoffe	Einsatz in loser Form		Einsatz in gebundener Form	
	ohne Deckschicht	mit Deckschicht	hydraulisch gebunden	bituminös gebunden
Asphaltgranulat	*	**		
Recycling-Kiessand P				
Recycling-Kiessand A				
Recycling-Kiessand B				
Betongranulat				
Mischabbruchgranulat				

	Verwendung möglich
**	Verwendung möglich mit der Einschränkung: als Planiermaterial unter Deckschicht
	Verwendung *nicht* zugelassen
*	Verwendung nur möglich, wenn die Schichtdicke maximal *7 cm* beträgt und das Asphaltgranulat gewalzt wird

Abbildung 5. Empfohlene Anwendungsbereiche gemäss BUWAL-Richtlinie (1997).

Anwendungsbereich erlassen haben. Mit den BUWAL-Richtlinien scheint sich nun gesamtschweizerisch eine einheitliche Praxis über den Anwendungsbereich der Recycling-Materialien sowie über problemgerechte Prüf- und Messmethoden durchzusetzen *(Abbildung 5)*. Die Richtlinien sind so formuliert, dass sowohl die Reinhaltung des Wassers als auch eine ökonomische Aufbereitung und Verwendung der Recyling-Materialien gewährleistet sein sollten.

Zusammenfassung

Die Verwendung von Recycling-Materialien als Kiesersatz gewinnt aus Gründen der Umweltschutzgesetzgebung und der beschränkten Kiesreserven vermehrt an Bedeutung. Die Technik der Aufbereitung dieser Materialien mit stationären oder mobilen Anlagen ist bekannt und erprobt. Die gute Eignung von Beton-, Mischabbruch- und Asphaltgranulat als Tragschichtmaterial für Strassen und Wege wurde in ausgedehnten Labor- und Feldversuchen nachgewiesen.

Die reziklierten Materialien verhalten sich bezüglich Tragfähigkeit und Stabilität wie hochwertige Kiessande. Die Anforderungen an diese Materialien und der Anwendungsbereich sind normiert.

Résumé

Utilisation de matériaux de recyclage pour les routes forestières et rurales

L'utilisation de matériaux recyclés en remplacement de grave acquiert de plus en plus d'importance en raison de la législation relative à la protection de l'environnement et des réserves de gravier allant en diminuant. La technique du traitement de ces matériaux avec des installations stationnaires ou mobiles est connue et a fait ses preuves. La bonne aptitude de granulat de béton, de démolition mixte et d'asphalte comme matériaux de fondation et de support pour routes et chemins a pu être prouvée par de larges essais en laboratoire et *in situ.* Les matériaux recyclés se comportent, en ce qui concerne la portance et la stabilité, comme des graves d'exellente qualité. Leurs propriétés et leur domaine d'application sont normés.

Summary

Use of Recycled Aggregates in Construction of Forest and Rural Roads

The use of recycled aggregates as road construction material is growing increasingly more important for reasons of environmental laws and the conservation of natural gravel resources. The technology of preparing these materials at stationary plants or on site is well established. The suitability of crushed-concrete aggregate, crushed-demolition debris and crushed-asphalt aggregates as base course material for roads has been proven in laboratory and field tests. Their bearing capacity and stability qualities are identical with those of high quality gravel.

Literatur

Hirt, R.: Baustoff-Recycling, Antiquierte Normen behindern Einsatz im Strassenbau, Schweiz Ingenieur und Architekt SI+A, Nr. 38, 1994, S. 728–730.

Hirt, R.: Recycling: Verwendung von Sekundärrohstoffen im Strassenbau, Strasse und Verkehr, Nr. 6, 1993, S. 372–374.

Normen, Verordnungen, Richtlinien

SN-Normen der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS:

640 740a	Recycling von Bauschutt
640 741a	Verwertung von Ausbauasphalt
640 742a	Verwertung von Strassenaufbruch
640 743a	Verwertung von Betonabbruch
640 744a	Verwertung von Mischabbruch
640 746	Verwertung von industriellen Nebenprodukten und Glas
	Richtlinie über die Verwendung aufbereiteter Kehrichtschlacke

Technische Verordnung über Abfälle (TVA, 1997):
Art. 13 Schlacke aus Verbrennungsanlagen

SIA-Empfehlungen:
SIA 430 Entsorgung von Bauabfällen (Empfehlung)
SIA 162/4 Empfehlung über Recyclingbeton

Abbruch, Aushub- & Recycling-Verband ARV:
Gütesicherung für Sekundärbaustoffe als Kiesersatzmaterial (1998)

Kantonale Richtlinien:
Graubünden 1991, Zürich 1992, Solothurn 1995, Bern 1996

BUWAL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft:
Abfall, Richtlinien für die Verwendung mineralischer Baustoffe, Bern, 1997.

Verfasser:
Prof. Dr. Richard Hirt, Professur für forstliches Ingenieurwesen, Departement Wald- und Holzforschung der ETHZ, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.