

800 Baustoffaufbereitung, Konditionierung, Vorbehandlung

Dieser Leistungsbereich beschreibt Verfahren zur Aufbereitung von Baustoffen aus dem selektiven Rückbau sowie zur Aufbereitung von Böden. Darunter werden auch Leistungen verstanden, die zur Konditionierung von Böden und Bauschutt im Vorfeld der chemisch-physikalischen, thermischen und biologischen Behandlung erforderlich werden. Die Aufbereitung schadstoffbelasteter Materialien erfolgt ebenso zur Vorbehandlung im Zuge der Abfallbeseitigung durch Ablagerung.

Bei Rückbaumaßnahmen im Rahmen des Flächenrecyclings stellt die mineralische Stofffraktion wie z.B. Bodenaushub, Beton- und Ziegelbruch den größten Anteil an verwertbaren Bauabfällen dar. Ziel der Baustoffaufbereitung ist es, einen geschlossenen Baustoffkreislauf zu erreichen. Dies kann durch das stoffliche Recycling oder durch das Materialrecycling erfolgen.

In Anlehnung an die VOB Teil C kann in der Ausschreibung die Forderung zur Verwendung oder Mitverwendung von wiederaufbereiteten (Recycling-) Stoffen festgelegt werden (VOB / C Absatz 0.2.9). Die Gleichwertigkeit von wiederaufbereiteten (Recycling-) Stoffen zu Primärrohstoffen kann durch Eignungsnachweise (Güteüberwachung) nachgewiesen werden (vgl. VOB / C Absatz 2.1.3).

Beim stofflichen Recycling wird das ursprüngliche Materialgefüge der mineralischen Baustoffe durch mechanische Zerkleinerung zerstört. Durch verschiedene Arbeitsschritte werden die Materialien zu Sekundärbaustoffen aufbereitet und als möglichst hochwertiges Substitut für Primärrohstoffe eingesetzt. Die im Bauwesen verwendeten Massenbaustoffe wie Sand, Kies, Splitt oder Schotter im Straßen- und Wegebau, Erd- oder Tiefbau sollen durch Recyclingbaustoffe ersetzt werden. Gestützt wird dieser Trend durch Wirtschaftsverbände der Bauindustrie, vertreten durch den Kreislaufwirtschaftsträger Bau e. V. (KWTB). Dem stofflichen Recycling werden hier auch die Verfahren zur Aufbereitung von Bodenaushub zugeordnet, da die Aufbereitungstechniken den Verfahren für mineralische Abbruchmaterialien weitestgehend entsprechen.

Neben dem stofflichen Recycling gewinnen das Materialrecycling und die Aufbereitung von Bauteilen aus dem Rückbau zunehmend an Bedeutung. Beim Materialrecycling werden bestehende Bauelemente (z.B. Betonplatten, Holzbalken, Stahlträger) zerstörungsfrei ausgebaut, um sie in ähnlicher oder veränderter Form einer weitergehenden baulichen Nutzung zuzuführen.

In Abhängigkeit von den geforderten Güteeigenschaften müssen Recyclingbaustoffe entsprechend den jeweiligen Technischen Regelwerken und Richtlinien folgende Anforderungen erfüllen:

- Bautechnische Anforderungen
(Einhaltung der stofflichen und technischen Eigenschaften entsprechend den gültigen Regelwerken)
- Umweltverträglichkeit
(Einhaltung der umwelttechnischen Anforderungen)

Die Technischen Regeln der LAGA „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen“ in der vorliegenden Fassung von 1997 stehen mit dem Bodenschutzrecht nicht mehr in Einklang. An einer Neuregelung der Technischen Regeln wird gearbeitet. Für den Zeitraum bis zum Vorliegen einer entsprechenden Regelung sind Entscheidungen im Vollzug auf der Grundlage der aktuellen Rechtslage (u. a. Vorsorgeanforderungen nach BBodSchV) zu treffen. Das Abgrenzungspapier Bodenschutz / Altlasten, der allgemeine Teil der LAGA M 20 sowie das Konsenspapier „Verfüllung von Abgrabungen“ sind Unterlagen, die bei Vollzugsentscheidungen hinzuzuziehen sind.

Der Bundesverband der Deutschen Baustoff-Recycling-Industrie e.V. hat mit der „Richtlinie für die Verwendbarkeit von rezyklierten mineralischen Bauprodukten“ die technischen Einsatzfelder von Recycling-Baustoffen im Straßen- und Betonbau unter Berücksichtigung der derzeit geltenden umweltrechtlichen Regeln und Grenzwerte dokumentiert. Die Richtlinie definiert die Anforderungen bezüglich Aufbereitung, Lagerung,

Bautechnische Eigenschaften und Umweltverträglichkeit an güteüberwachte Recycling-Baustoffe. Länderspezifische Regelungen sind im Einzelfall zusätzlich zu berücksichtigen.

Zur gesetzlichen Regelung des Einsatzes von Abfällen zur Herstellung von Deponieersatzbaustoffen ist derzeit eine Deponieabfallverwertungsverordnung in Vorbereitung (Entwurf Stand 6/2004).

Die Hinweise zu Literatur und Leistungsanbietern werden nachfolgend für beide Teilleistungsbereiche zusammenfassend dargestellt.

Literatur

Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln

DAfStb – Richtlinie, Beton mit rezykliertem Zuschlag, Hrgs: Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag GmbH, Berlin – 1998.

DIN EN 206-1: Beton, Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität.

DIN 1045: Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung.

DIN 4226-1: Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel, Teil 1: Normale und schwere Gesteinskörnungen.

DIN 4226-100: Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel, Teil 100: Rezyklierte Gesteinskörnungen.

Gem.RdErl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz IV-3-95326308-IV-8-1573-30052- und des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr VI A 3-32-40/45- v. 9.10.2001: Anforderungen an die Güteüberwachung und den Einsatz von Hausmüllverbrennungsaschen im Straßen- und Erdbau.

Gem.RdErl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz IV-3-95326308-IV-8-1573-30052- und des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr VI A 3-32-40/45- v. 9.10.2001: Anforderungen an den Einsatz von mineralischen Stoffen aus industriellen Prozessen im Straßen- und Erdbau.

Gem.RdErl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz IV-3-95326308-IV-8-1573-30052- und des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr VI A 3-32-40/45- v. 9.10.2001: Anforderungen an den Einsatz von mineralischen Stoffen aus Bautätigkeiten (Recycling-Baustoffe) im Straßen- und Erdbau.

Gem.RdErl. d. Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr VI A 3-32-40/45- und des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz IV-3-953-26308-IV-8-1573-30052- v. 9.10.2001: Güteüberwachung von mineralischen Stoffen im Straßen- und Erdbau.

Grundsätze für die umweltverträgliche Verwendung und Wiederverwendung von Straßenbaustoffen – GuVVS, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 1991.

Merkblatt für die Herstellung von Trag- und Deckschichten ohne Bindemittel, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 1995.

Merkblatt für die Lieferung von Asphaltgranulat, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 2000.

Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 1998.

Merkblatt über Analyseverfahren für die Untersuchung von güteüberwachten mineralischen Stoffen für die Verwendung im Straßen- und Erdbau. Ministerium für Verkehr, Energie und Landesplanung des Landes NRW, Stand: 16.10.2002.

- Merkblatt zur Wiederverwendung von Beton aus Fahrbahndecken, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 1998.
- RAL-RG 501/1, Recycling-Baustoffe für den Straßenbau, Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., Sankt Augustin, 1999.
- RAL-RG 501/2, Aufbereitung zur Wiederverwendung von kontaminierten Böden, Bauteilen und Mineralstoffen, Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., Sankt Augustin, 1998.
- RAL-RG 501/4, Aufbereitung zur Wiederverwendung bindiger, nicht kontaminierter Böden, Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., Sankt Augustin, 1998.
- Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen – RStO 86, eingeführt vom Bundesministerium für Verkehr, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 1989.
- Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus bei der Erneuerung von Verkehrsflächen – RStO-E, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Entwurf 1991.
- Richtlinien für die Güteüberwachung von Mineralstoffen im Straßenbau – RG Min-StB 93, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 1993.
- Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau – RuA-StB 2001, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 2001.
- Richtlinien für die Anerkennung von Prüfstellen für Baustoffe und Baustoffgemische im Straßenbau – RAP Stra, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 1998.
- Technische Lieferbedingungen und Richtlinien für aufbereiteten Straßenaufbruch und Bauschutt zur Verwendung im Straßenbau in Bayern, Bekanntmachung der obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Inneren, vom 17.11.1992, Nr. II D 9 / II E 6 – 43437 – 001/92, 1992, geändert durch gemeinsame Bekanntmachung der obersten Baubehörde und des Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen vom 31.12.1995 Nr. II D 9-434337-001/90 und 11/3-8754-005/91.
- Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau – TL Min-StB 2000, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 2000.
- Technische Prüfverfahren für Boden und Fels im Straßenbau – TP BF-StB, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln.
- Technische Prüfvorschriften für Mineralstoffe im Straßenbau – TP Min-StB, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln.
- Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg über vorläufige Lieferbedingungen für aufbereiteten Straßenaufbruch und Bauschutt zur Verwendung im Straßenbau, vom 06.11.1998, GABI 716.
- Verwaltungsvorschrift für die Entsorgung von unbelasteten Erdaushub und unbelasteten Bauschutt (Erste VwV Erdaushub/Bauschutt), Hessisches Ministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit, IVA 3 –79 n 06.03.2 –122/90 – 11.10.1990.
- VOB Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (Ausgabe 2000).
- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen – ZTVASTB 97, eingeführt vom Bundesministerium für Verkehr, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 1997.

- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt – ZTV-Asphalt-StB 94, eingeführt vom Bundesministerium für Verkehr, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 1998.
- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton – ZTV-Beton-StB 93, eingeführt vom Bundesministerium für Verkehr, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 1993.
- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Pflasterdecken und Plattenbelägen – ZTV P-StB 2000, eingeführt vom Bundesministerium für Verkehr, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 2000.
- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau – ZTVE-StB 94, eingeführt vom Bundesministerium für Verkehr, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 1997.
- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau – ZTVE-StB 95, eingeführt vom Bundesministerium für Verkehr, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 1998
- Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für die Befestigung ländlicher Wege – ZTV-LW 99, eingeführt vom Bundesministerium für Verkehr, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln – Ausgabe 1999

Sonstige

- Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau: Monitoring-Bericht Bauabfälle, November 2001, Berlin / Düsseldorf / Duisburg.
- Arbeitshilfe Kontrollierter Rückbau, Kontaminierte Bausubstanz – Erkundung, Bewertung, Entsorgung, Bayerische Landesamt für Umweltschutz, Oktober 2003.
- Arbeitshilfe zur Entwicklung von Rückbaukonzepten im Zuge des Flächenrecyclings, Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz MALBO Band 9, Hrsg. Landesumweltamt NRW, Düsseldorf, 1999.
- Arbeitshilfen Recycling. Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Bauabfällen bei Planung und Ausführung von baulichen Anlagen. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen – 1998.
- BGI 716, BG-Information „Bauschuttrecycling – Sicherheit und Gesundheitsschutz“, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften HVGB.
- BGR 217, BG-Regel „Umgang mit mineralischem Staub“, Ausgabe Januar 2002, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften HVGB.
- Heuser, B.: Bauschuttrecycling am Beispiel der Großbaustelle Airport 2000plus, in Umweltpraxis 4/2002, S. 19-21.
- Informationsdienst des Management-Centers Baustoff-Recycling Berlin: RC-News, monatliche Informationsschrift.
- Krämer, R.: Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Bauschuttrecycling, in Tiefbau 8/2000, S. 487-499.
- Richtlinie zur umweltverträglichen Verwertung von Bodenaushub und Bauschutt, erstellt vom Bayerischen Industrieverband Steine und Erden e.V.
- Schrader, M.; Müller A. und J.; Krone, M.: Bergung historischer Baumaterialien zur Wiederverwendung, anderweit Verlag GmbH, Suderburg.

Schulz, I.: Arbeitshilfe pro-Recycling – Einsatz güteüberwachter Recycling-Baustoffe, Hrsg. Bundesvereinigung Recycling Bau e.V., Berlin, 2001.

Sicherheitscheck Recyclinganlagen Gefährdungsbeurteilung nach § 5 (1) des Arbeitsschutzgesetzes (SC 7 8/97500), Steinbruchs-Berufsgenossenschaft.

Zentralverband des Deutschen Baugewerbes: Umweltgerechter und kostensparender Umgang mit Bauabfällen, ZDB-Leitfaden, 1997.

Information über Leistungsanbieter

Auf der Homepage des Baustoff-Recycling Verbandes (www.recycling-bau.de) können über eine Suchmaske Fachbetriebe bundesweit recherchiert werden.

Im Unternehmerverband „Historische Baustoffe“ e.V. (UHB) haben sich 41 Unternehmen zusammengeschlossen, um die Wiederverwendung historischer Baustoffe zu fördern. Die Homepage des UHB enthält u.a. eine Liste dieser Fachfirmen (www.historische-baustoffe.de).

800.1 Stoffliches Recycling - Aufbereitungsverfahren für mineralische Bauabfälle

800.1.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche / technische Grundlagen)

Die Verwertung von Bauschutt, Straßenaufbruch und Bodenaushub im Rahmen des stofflichen Recyclings erfordert eine mechanische Aufbereitung mit einem hohen Einsatz an Maschinenteknik, wobei der grundlegende Verfahrensablauf die Arbeitsschritte

- Zerkleinerung,
- Klassierung,
- Sortierung

enthält. Die Aufbereitungstechnologie unterscheidet mobile, semimobile und stationäre Anlagen.

Für die Aufbereitung von Baustoffen aus dem Rückbau ist bereits der recyclinggerechte Rückbau bzw. Ausbau von großer Bedeutung. In der „Arbeitshilfe zur Entwicklung von Rückbaukonzepten im Zuge des Flächenrecyclings“, erschienen als MALBO Band 9 des Landesumweltamtes NRW, wird die Entwicklung von recyclinggerechten Rückbaukonzepten unter Zugrundlegen eines exemplarischen Zielsystems für die Bewertung und Auswahl von Abbruchtechniken beschrieben. Neben der technischen Machbarkeit, dem Emissions- und Arbeitsschutz sowie der Wirtschaftlichkeit stellt das abfallwirtschaftliche Verwertungspotential eine wesentliche Zielsetzung der Rückbauplanung dar. Die Arbeitshilfe gibt Hinweise zur Auswahl geeigneter Rückbautechniken, mit denen eine optimale Verwertungsrate der abgebrochenen Bausubstanz erreicht werden kann.

Die „Arbeitshilfe Kontrollierter Rückbau“ des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz (BayLfU, 2003) legt den Schwerpunkt auf die Beschreibung qualifizierter Beprobungstechniken und Strategien zur Erkundung schadstoffbelasteter Bausubstanz. Darüber hinaus werden Hinweise zu relevanten Regelwerken, häufig auftretenden Schadstoffen in der Bausubstanz sowie zu verschiedenen Techniken zur Schadstoffabtrennung gegeben.

Für Recyclingbaustoffe minderer Qualität (Downcycling), wie z. B. Schottertragschichten im Wegebau, beschränkt sich die Aufbereitungstechnik im Wesentlichen auf das Zerkleinern, die Abscheidung von Eisenmetallen sowie die manuelle Sortierung von Störstoffen. Die Produktion von höherwertigen Recyclingbaustoffen, wie z. B. RCL-Beton und Füllsande für den Rohrleitungsbau, erfordert eine aufwendigere Anlagentechnik und umfangreiche Qualitätssicherungsmaßnahmen.

800.1.1.1 Aufbereitung kontaminierter Materialien

Die Aufbereitung kontaminierter mineralischer Baustoffe erfolgt überwiegend im Vorfeld der mikrobiologischen, chemisch-physikalischen oder thermischen Behandlung. Dabei werden die Materialien durch Brechen und Sieben auf eine für die gewählte Behandlungsart geeignete Korngröße konditioniert.

Bei der Aufbereitung zur Vorbehandlung im Zuge der Abfallbeseitigung durch Ablagerung, wird dem kontaminierten Material nach Durchlaufen der Aufbereitungsanlage (Sieb, Brecher) z.B. gemahlene Braunkohle, hydraulische Bindemittel und Wasser zugegeben. Nach Aushärten der geformten Blöcke kann das Material ohne Gefahr einer weiteren Schadstofffreisetzung auf Deponien abgelagert werden.

Ebenso können mit Schadstoffen hochbelastete Feinstanteile durch Siebung vom Ausgangsmaterial abgetrennt und auf einer Sonderabfalldeponie beseitigt werden. Für das infolge der Aufbereitung nur noch gering belastete Ausgangsmaterial kann damit z.B. eine Verwertung im Rahmen von Deponiebaumaßnahmen ermöglicht werden.

Bei der Aufbereitung von Straßenaufbruch ist vorab eine Untersuchung auf teer- / pechhaltige Substanzen durchzuführen. Bei Vorhandensein teer- / pechhaltiger Anteile sind bei der Aufbereitung besondere Schutzmaßnahmen vorzusehen (Staubniederschlagung, Atemschutz, Hautschutz etc.). Teer- / pechhaltiger Straßenaufbruch darf nach der Aufbereitung nur in Kaltbauweise eingebaut werden.

Asbesthaltige Produkte und Künstliche Mineralfasern z. B. aus Isoliermatten müssen vor der Aufbereitung von den Baurestmassen separiert werden, da sie beim Brechen und Sieben gesundheitsgefährliche Fasern freisetzen können. Da trotz Separierung meist Reste von künstlichen Mineralfasern und asbesthaltigen Materialien im Bauschutt zu finden sind, sind die Aufbereitungsaggregate (Brecher, Siebanlagen) zur Staubniederschlagung mit einer kontinuierlichen Wasserbedüsung auszustatten. Zur Zerkleinerung von Bauschutt mit asbest- und KMF-haltigen Anteilen sollten Backenbrecher eingesetzt werden. Prallmühlen führen zur einer stärkeren Staumentwicklung und damit zu einer erhöhten Gesundheitsgefährdung.

Die bei der Aufbereitung kontaminierter Baustoffe zu berücksichtigenden besonderen Anforderungen an die organisatorischen, technischen und personenbezogenen Schutzmaßnahmen werden im Leistungsbereich Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz LB 220 beschrieben.

800.1.1.2 Verfahrenstechnische Abläufe

Vorzerkleinerung und Vorsortierung am Objekt

Beim kontrollierten Rückbau kann eine Zerkleinerung und Sortierung der unterschiedlichen mineralischen Bausubstanz (Beton, Straßenaufbruch, Ziegel, Natursteine, Mörtel etc.) durch gezieltes Abgreifen, Stemmen, Pressschneiden, Scherschneiden oder Demontieren bereits unmittelbar am Objekt durchgeführt werden. Dabei werden Störstoffe wie Holz, Metall und Kunststoff soweit wie möglich abgetrennt. Die o.g. Verfahren werden in der Praxis mittels manuell geführter Maschinen wie Presslufthammer, Schneidbrenner, sowie Bagger mit speziellen Greif- und Zerkleinerungswerkzeugen durchgeführt.

Die Vorsortierung zur Aufbereitung von Böden erfolgt während des Bodenaushubs durch Trennung der bindigen und der nichtbindigen Fraktion. Störstoffe wie Fundamentreste, Kunststoff, Holz und sonstige Bauabfälle sind dabei zu entfernen. Bei kontaminierten Böden ist die Notwendigkeit einer Trennung von bindigen und nichtbindigen Fraktionen von dem angestrebten Verwertungsweg abhängig und im Einzelfall mit dem Aufbereitungsunternehmen abzustimmen. Die Aufbereitung bindiger Böden erfordert eine deutlich aufwändigere Verfahrenstechnik (Zugabe von Bindemitteln, mineralischen oder organischen Zuschlagstoffen).

In der folgenden Übersicht sind die zur Vorzerkleinerung und Vorsortierung eingesetzten Geräte und Maschinen zusammengestellt.

Aufbereitung von mineralischen Abbruchabfällen		Aufbereitung von Böden	
Abbruch-Schrottschere	Trennen von Stahlkonstruktionen	Siebschaufel	Sieben und Sortieren unterschiedlicher Körnungen
Abbruch-Sortiergreifer	Abbrechen, Sortieren, Verladen, Komprimieren und Graben	Drehtrommel	Sieben, Mischen, Zerkleinern trockener, nasser und bindiger Materialien
Betonbrecher	Zerquetschen und Brechen von Beton und Stahlbeton	Sortiergreifer	Sortieren, Verladen, Komprimieren
Holzschere	Trennen von Holzkonstruktionen		
Hydraulikhammer	pneumatisch oder hydraulisch angetriebener Meißel		

Zerkleinerung

Die Zerkleinerung von vorsortierten und ggf. klassierten Baureststoffen dient der Erzeugung definierter abgestufter Körnungsbereiche mit minimalem Über- und Feinkornanteil. Die Erzeugung einer möglichst gedrungenen Kornform ist Voraussetzung für eine gute Verarbeitbarkeit bei konstant hoher Festigkeit des Einzelkorns. Bezüglich des Korngrößenbereichs ist eine Klassifizierung in „Brechen“ (grob) und „Mahlen“ (fein) üblich.

Beim Baustoffrecycling kommen vorrangig Backenbrecher und Prallbrecher unterschiedlicher Bauarten zum Einsatz (s. folgende Übersicht).

Parameter	Prallbrecher	Backenbrecher	Schlagwalzenbrecher
Zerkleinerungsart	Prall	Druck	Schlag, Prall
Zerkleinerungsverhältnis	1:20	1:6	1:7
Zulässige Feuchte	< 8 %	< 5 %	< 15 %

Klassierung

Klassierung ist die Trennung vorsortierter Baureststoffe nach ihrer Größe. In Abhängigkeit vom Verfahrensablauf werden Klassieranlagen sowohl vor der Zerkleinerungseinheit als Vorabscheider als auch nach der Zerkleinerung zur Absiebung gebrochenen Materials definierter Körnung eingesetzt.

Bei der Vorabsiebung wird das Material von den Aufgabebunkern auf ein- bzw. mehrstufige Vorabscheider gegeben. Hier werden vorwiegend die Fraktionen 45 – 200 mm bzw. 45 – 300 mm abgetrennt.

Bei der Zwischen- und Produktsiebung werden in der Regel Schwingsiebe, Spanwellensiebe und Trommelsiebe eingesetzt. Sie ermöglichen eine Abtrennung der Fraktionen < 45, < 35 oder < 10 mm.

In der folgenden Übersicht sind die zur Vorzerkleinerung und Vorsortierung eingesetzten Geräte und Maschinen zusammengestellt.

Vorabsiebung		Zwischen- und Produktsiebung
Stangenroste (Sizer)	Klassierung und Transport	Schwingsieb
Rollenroste	Lockerung, Umwälzung und Transport	Spanwellensieb Trommelsieb

Sortieren

Eine Sortierung erfolgt häufig als zusätzliche Qualitätsstufe, bei der eine Abtrennung von wertstoffmindernden Fremd- und Störstoffen vom Produktstrom erfolgt. Verfahrenstechnisch erfolgt dies durch manuelle Handsortierung und Magnetabscheidung sowie ergänzend durch die mechanische Windsichtung und die Sedimentation.

Die manuelle Sortierung erfolgt bei der Eingangskontrolle, an den Aufgabeeinrichtungen der Brecheranlage und ggf. vor der Absiebung. Die Magnetabscheidung Fe-haltiger Materialien erfolgt überwiegend mit Überbandmagnetabscheidern, die der Brechereinrichtung nachgeordnet sind. Seltener im Einsatz sind Permanent- und Trommelmagnete.

Bei der Windsichtung (Trockenreinigung) werden nicht mineralische Bestandteile entsprechend ihrer Wichte abgeschieden. Prinzipiell werden drei Verfahrensvarianten unterschieden:

- Sichtung im freien Fall in einem Sichterrohr im Gegenstrom
- Ausblasen der spezifisch leichteren Fremdstoffe in einer geschlossenen Sichteinheit (Querstromsichtung)
- Absaugen der Fremdstoffe von einer Rinne mit Unterstützung einer Querströmung

Bei der Sedimentation werden Stör- und Fremdstoffe aufgrund ihrer unterschiedlichen Dichte im Wasserbad voneinander getrennt. Die Sinkgeschwindigkeit der Partikel ist dabei vom Verhältnis zwischen Oberfläche und Volumen abhängig. Spezifisch leichtere Stoffe (z. B. Holz, Kunststoff, Papier, Leichtbaustoffe etc.) schwimmen an der Wasseroberfläche auf. Teilchen mit einer Dichte $> 1\text{g/cm}^3$ (mineralische Fraktion, Glas, Keramik) sinken ab und fallen als Produkt an.

800.1.1.3 Verwertungs- und Vermarktungsmöglichkeiten für aufbereitete Baustoffe aus dem stofflichen Recycling

Die Haupteinsatzgebiete für Recycling-Baustoffe sind der Straßenbau, Garten- und Landschaftsbau sowie diverse Erdbauanwendungen. Dabei werden Recycling-Baustoffe als Substitute für Primärbaustoffe eingesetzt. Zunehmend bietet auch der Betonbau Verwendungsmöglichkeiten für rezyklierte Abbruchmaterialien. Nachfolgend sind beispielhaft Verwertungsmöglichkeiten für mineralische Bauabfälle zusammengestellt.

Baustoff	
Verwertung	
Asphalt (bituminös)	Asphalttragschichten
Beton	Garten- und Landschaftsbau Hoch- / Tiefbau Sauberkeitsschicht unter Fundamenten, Unterbeton für Auffüllungen / Hohlraumfüllungen, Straßenbau Pflasterbettung und Betonsteinpflaster, Frostschutzschichten, ungebundene / hydraul. gebundene Tragschichten, Zuschlag für Betonfahrbahndecken
Bodenaushub	Damm- und Verfüllbaustoffe, Bodenaustausch / -verfestigungen, Verfüllung im Kanal und Leitungsbau
Kalksandstein (-mauerwerk)	ungebundene Tragschichten im Straßenbau, RC-Zuschlag für Beton DIN 1045
Ziegel (-mauerwerk)	Substrate für Dachbegrünung, Boden- und Baumsubstrate, Schotterrasen, Sportplatzbau (Beläge, Tragschichten)

Neben der Andienung der mineralischen Abbruchmassen an eine Aufbereitungsanlage off-site, stellt der Einsatz einer mobilen oder semimobilen Aufbereitungsanlage on-site mit direktem Einbau des aufbereiteten Materials insbesondere bei großen Rückbau- und Sanierungsmaßnahmen eine ökonomische Verwertungsmöglichkeit dar.

Vermarktungsmöglichkeiten für Sekundär-Baustoffe (An- und Verkäufe) bieten sich in zunehmendem Masse in zentralen Baustoffbörsen im Internet (www.alois-info.de) wie auch über die Homepages gewerblicher Unternehmen. Weiterführende Internetadressen sind im Kapitel „Weitere Links in das WWW“ zusammengestellt.

800.1.2 Kostenermittlung

800.1.2.1 Abrechnungseinheiten, Kostenkalkulation

In der Kostenkalkulation sind die Abrechnungseinheiten wie folgt vorgesehen:

Leistung		Abrechnungseinheit	alternativ
Fläche für Baustoffaufbereitung	herstellen und rückbauen	m ²	
	unterhalten und betreiben	Wo	d
Mobile Brecheranlage	liefern, installieren, abbauen	Stck.	
	unterhalten und betreiben	Wo	d
Bauschutt brechen		t	m ³
Böden fraktionieren mittels Siebanlagen, Siebschaufel		t	m ³
Zusatzstoffe für Bodenconditionierung liefern		t	kg
Bodenconditionierung / -homogenisierung		m ³	t

800.1.2.2 Leistungsregister

weiterführende Leistungen:

LB 030	Arbeits- und Gesundheitsschutz
LB 110	Geotechnische Felduntersuchungen
LB 120	Schadstoffkataster, Gebäudeschadstoffe
LB 130	Chemisch-physikalische Analytik
LB 140	Geotechnische Laboruntersuchungen
LB 210	Baustelleneinrichtung
LB 220	Arbeits-, Emissions-, Immissionsschutz
LB 260	Zwischenlagerung, Bereitstellungslagerung
LB 300	Erdarbeiten
LB 310	Wiedereinbau
LB 330	Bodenverbesserung
LB 350	Straßen, Wege, Gleise
LB 400	Rückbau, Dekontamination, Asbest, KMF
LB 410	Teilabbruch
LB 420	Demontage von haustechnischen Anlagen
LB 430	Demontage von nutzungsspezifischen Anlagen
LB 440	Demontage produktionspezifischer Anlagen
LB 450	Rohbauabbruch
LB 460	Rückbau von Verkehrsflächen und Tiefbauten
LB 810	Verwertung und Beseitigung von Aushub- und Abbruchmaterial

800.2 Materialrecycling - Aufbereitung von Bauteilen und Bauelementen

800.2.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche / technische Grundlagen)

Das Materialrecycling kann unterschieden werden in die Aufbereitung „nur“ gebrauchter Baumaterialien und die Aufbereitung historischer Baustoffe. Als historische Baustoffe gelten Baumaterialien, Bauelemente und Bauteile, die vor 1940 produziert wurden und bereits einmal eingebaut waren (gem. Gütesiegel Original Historische Baustoffe OHB, s. Kap. 800.1.3.2).

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über Bauteile und Bauelemente, die durch eine fachgerechte Aufbereitung der Wiederverwendung in gleicher oder ähnlicher Funktion zugeführt werden können.

Stoffart	Bauteilart	
Holz	Bodenbeläge	Dielen, Parkett
	Konstruktionsholz	Fachwerk, Dachstuhlholz, Deckenbalken
	Fenster, Türen, Treppen	
Mineralische Baustoffe	Dachziegel	
	Mauerwerkziegel	
	Betonelemente	Stürze, Deckenbalken, Wand- und Deckenplatten
	Naturstein	Stürze, Treppen, Mauerwerk, Bodenplatten
Metall	Fenster, Türen, Treppen	
	Konstruktionselemente	Stützen, Träger

Mehrere Forschungsvorhaben beschäftigen sich mit den Verwendungsmöglichkeiten gebrauchter Baustoffe.

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsprojektes „Rückbau industrieller Bausubstanz – Großformatige Betonelemente im ökologischen Kreislauf“ wurde an der Brandenburgisch-Technischen Universität Cottbus (BTU) ein Anwendungskatalog mit dem Titel „Plattenumbauten, Wieder- und Weiterverwenden“ erstellt. Der Katalog beschäftigt sich hauptsächlich mit der Wieder- und Weiterverwendung von gebrauchten Betonfertigteilen aus dem Plattenbau für unterschiedlichste Nutzungszwecke.

Die Forschungs- und Entwicklungsgemeinschaft Historische Baustoffe e.V. (FHB) in Freiburg beschäftigt sich mit den Möglichkeiten der Wiederverwendung von Abbruchmaterialien als historische Baustoffe im Rahmen der Denkmalpflege sowie durch den Vertrieb über gewerbliche Unternehmen. Die Ermittlung von Energierecyclingpotentialen durch die Wiederverwendung gebrauchter Baustoffe ist ein weiterer Aspekt der Forschungsarbeit.

800.2.1.1 Verwertungs- und Vermarktungsmöglichkeiten für aufbereitete Bauteile und Bauelemente

Für historische Baustoffe bestehen vielfältige Verwendungsmöglichkeiten im Rahmen der Denkmalpflege sowie durch den Vertrieb über gewerbliche Unternehmen. Im Unternehmerverband „Historische Baustoffe“ e.V. (UHB) haben sich im Jahr 1992 41 Unternehmen zusammengeschlossen mit dem Ziel, die Wiederverwendung historischer Baustoffe zu fördern. Mit der Einführung des Gütesiegels Original Historischer Baustoff (OHB-Marke) soll eine werthaltige Kennzeichnung historischer Baustoffe am Markt etabliert werden.

„Nur“ gebrauchte Bauteile und Bauelemente können bei selektivem, zerstörungsfreiem Ausbau und fachgerechter Aufbereitung ebenfalls in ihrer ursprünglichen Funktion wieder verwendet werden. Über Gebraucht-Baustoffbörsen (z.B. im Internet www.alois-info.de) ist eine Vermarktung der Materialien möglich. Ein Vermarktungsnetz über gewerbliche Unternehmen ist bislang nicht in dem Umfang vorhanden, wie es für den Vertrieb von historischen Baustoffen besteht. Ein Ziel des Unternehmerverbandes UHB ist es daher, die

Entwicklung von Verwendungsmöglichkeiten für „nur“ gebrauchte Baustoffe durch die Erfahrungen im Rahmen des UHB und durch eine breite Öffentlichkeitsarbeit voranzutreiben.

Weiterführende Internetadressen sind im Kapitel „Weitere Links in das WWW“ zusammengestellt.

800.2.2 Kostenermittlung

800.2.2.1 Abrechnungseinheiten, Kostenkalkulation

In der Kostenkalkulation sind die Abrechnungseinheiten wie folgt vorgesehen:

Leistung	Abrechnungseinheit	alternativ
Bauteile aufbereiten		
	Bodenbeläge	m ²
	Fenster, Türen, Tore	m ²
	Treppen	Stck.
Baelemente aufbereiten		
	Fenster- / Türstürze	m ³
	Stahlträger / -stützen	m
	Holzbalken	m

800.2.2.2 Leistungsregister

weiterführende Leistungen:

LB 030	Arbeits- und Gesundheitsschutz
LB 110	Geotechnische Felduntersuchung
LB 120	Schadstoffkataster, Gebäudeschadstoffe
LB 130	Chemisch-physikalische Analytik
LB 140	Geotechnische Laboruntersuchungen
LB 210	Baustelleneinrichtung
LB 220	Arbeits-, Emissions-, Immissionsschutz
LB 260	Zwischenlagerung, Bereitstellungslagerung
LB 300	Erdarbeiten
LB 310	Wiedereinbu
LB 330	Bodenverbesserung
LB 350	Straßen, Wege, Gleise
LB 400	Rückbau, Dekontamination, Asbest, KMF
LB 410	Teilabbruch
LB 420	Demontage von haustechnischen Anlagen
LB 430	Demontage von nutzungsspezifischen Anlagen
LB 440	Demontage produktionsspezifischer Anlagen
LB 450	Rohbauabbruch
LB 460	Rückbau von Verkehrsflächen und Tiefbauten
LB 810	Verwertung und Beseitigung von Aushub- und Abbruchmaterial