

Qualitätssicherung beim Rückbau

Die in den Stoffkreislauf zurückgeführten Abbruchmaterialien müssen von einwandfreier Qualität sein. Beim Teiltrückbau des Verwaltungszentrums Werd der Stadt Zürich wurde zur Qualitätssicherung eine Güterflussanalyse durchgeführt. Ein effizientes Controlling-Konzept diente als Grundlage für die Quantifizierung der Bauabfallfraktionen. Ein Beispiel aus der Praxis.

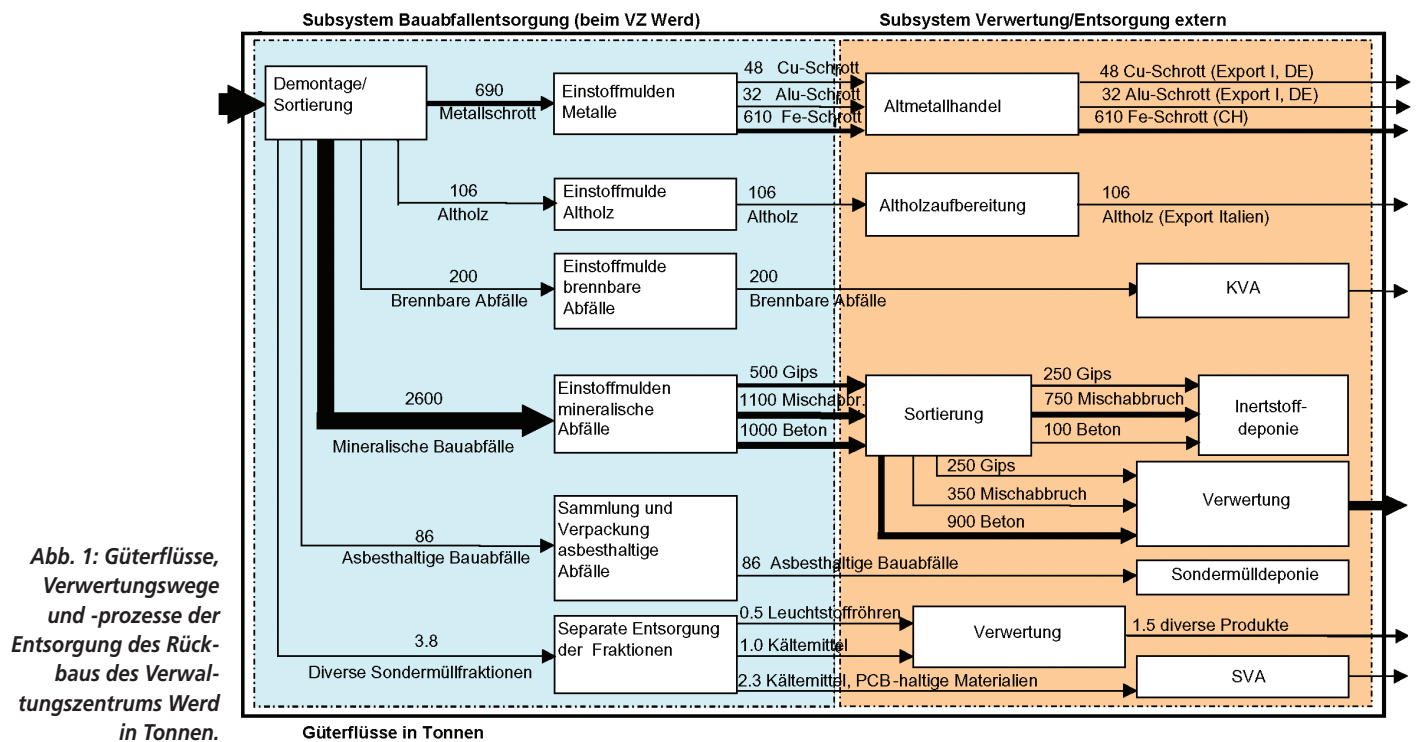


Abb. 1: Güterflüsse, Verwertungswege und -prozesse der Entsorgung des Rückbaus des Verwaltungszentrums Werd in Tonnen.

VON STEFAN RUBLI UND HEINRICH GUGERLI

In der Schweiz fallen jährlich rund 12 Millionen Tonnen Bauabfälle an, Tendenz steigend. Da einerseits die Deponievolumen in der Schweiz beschränkt sind und andererseits die Kiesreserven langsam zur Neige gehen, wurde die Verwertung der mineralischen Bauabfälle in den letzten zehn Jahren stark vorangetrieben. In der SIA-Empfehlung 430 ist die Trennung der einzelnen Materialgruppen und -fraktionen im Hinblick auf die Verwertung, Behandlung oder Ablagerung festgelegt [1]. Schon heute werden 70 Prozent aller Bauabfälle beziehungsweise 90 Prozent der mineralischen Komponenten verwertet [2].

Der grösste Teil der aufbereiteten mineralischen Komponenten gelangt als Sekundärkies lose in die Fundamentalschichten im Strassenbau. Der Anteil an Sekundärmaterialien als Zuschlagstoff für Recyclingbeton ist mit zirka 10 Prozent noch gering [3]. Der Einsatz von Recyclingbeton ist deshalb von Bedeutung, weil dieser Weg einem tatsächlichen Recycling entspricht, der Einsatz von Beton- und Mischabbruch im Tiefbau aber eher einem Downcycling gleichkommt.

Eine wichtige Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz von Sekundärmaterialien jeglicher Art bildet die Einhaltung der in den entsprechenden

Anwendungen verlangten Qualitätskriterien. Es braucht Qualitätsanforderungen für die aufbereiteten Sekundärmaterialien, wie sie beispielsweise der Aushub-, Rückbau- und Recycling-Verband (ARV) in seiner Richtli-

Dr. Stefan Rubli

Sc. techn. ETH, ist Geschäftsführer der Firma Wertstoff-Börse GmbH.

Dr. Heinrich Gugerli

Dipl. Ing. ETH/SIA, ist Leiter Fachstelle nachhaltiges Bauen, Amt für Hochbauten der Stadt Zürich.

nie «ARV-Gütesiegel für Recyclingbaustoffe» aufführt [4]. Trotz der SIA-Empfehlung 430 und weiterer Richtlinien gelangt ein beträchtlicher Teil der Bauabfälle nicht in die vorgesehenen Verwertungskanäle, sondern geht entweder in Deponien oder wird unsachgemäss entsorgt.

Dies zeigt sich beispielsweise anhand der relativ grossen Mengen an illegalen Hinterfüllungen, welche mit unaufbereiteten und vermischten mineralischen Bauabfällen durchgeführt und auf 2 Millionen Tonnen pro Jahr geschätzt werden [2][3].

Mangelhafte Kontrollen auf den Baustellen, Termin- und Preisdruck sowie teilweise fehlende Entsorgungskonzepte führen zu einer intransparenten Entsorgung. Trotz den Entsorgungsnachweisen wird kaum überprüft, ob die Abfälle auch tatsächlich die angegebenen Entsorgungswege durchlaufen oder ob gewisse Anteile andere Wege gehen.

Auf der Baustelle bleibt meist keine Zeit für die Überwachung der Abfalltrennung und für die Kontrolle der fachgerechten Entsorgung der einzelnen Fraktionen. Zudem sind die Kompetenzen für die Überprüfung meistens nicht ausreichend geregelt. Aus diesem Grund ist heute meist unbekannt, welche Bauabfallströme bei Um- oder Rückbauten generiert werden und wohin diese fliessen.

Um die lückenhaften Kenntnisse im Bereich der Bauabfallströme zu verbessern, liess das Amt für Hoch-

bauten der Stadt Zürich eine Güterflussanalyse der Bauabfallentsorgung des Umbaus des Verwaltungszentrums Werd durchführen [5]. Das Gebäude weist ein Volumen von 73 200 m³ (ohne Untergeschosse) auf. Nach dem Umbau werden dort rund 650 Arbeitsplätze zur Verfügung stehen. Im Rahmen des Teilrückbaus wurden sämtliche technischen Installation demontiert und die Decken und Wände bis auf die Tragstruktur rückgebaut. Fenster und Fassade wurden nicht verändert. Während des Teilrückbaus wurden die Verwertungs- und Entsorgungswege der Hauptkomponenten des Rückbaus untersucht und quantifiziert. Zu diesem Zweck wurde ein Konzept für ein Controlling der Bauabfallentsorgung entwickelt.

Aufbau des Controllings

Ein praxisgerechtes Controlling kann nur in Zusammenarbeit mit den beteiligten Unternehmen erreicht werden. Aus diesem Grund wurde bereits in den Ausschreibungsunterlagen für die Rückbauarbeiten über die Durchführung einer Güterflussanalyse informiert.

Vor Rückbaubeginn wurde den beteiligten Unternehmen Sinn und Zweck des Controllings erläutert und das Vorgehen hinsichtlich der Erfassung und Überprüfung der einzelnen Güterflüsse besprochen. Das entwickelte Konzept basiert auf vier einander ergänzenden Elementen:

- ☞ Besuche vor Ort

- ☞ Zusammenarbeit mit den Unternehmen/Entsorgern und der Bauleitung
- ☞ Fotodokumentation
- ☞ Kontrolle der Lieferscheine anhand der Waagscheine

Durch die Besuche vor Ort und eventuell auch beim Entsorgungsunternehmen wird ein Vertrauensverhältnis aufgebaut, welches für einen optimalen Ablauf der Erhebung der Güterflüsse entscheidend ist. Das Ziel der Besuche ist einerseits der Informationsaustausch, andererseits haben unangekündigte und unregelmässige Besuche einen überwachenden Effekt, da die Unternehmen nicht wissen, wann mit einer Kontrolle zu rechnen ist. Zusätzlich wird eine Fotodokumentation erstellt, welche sich gut zur Visualisierung der Entsorgungsabläufe, zur Überprüfung des Arbeitsfortschritts sowie für den Nachweis von unvollständig deklarierten Abfallfraktionen eignet. Die Angaben aus den regelmässig abgegebenen Lieferscheinen werden in eine Datei übertragen. Erfasst werden das Lieferdatum, das Material, das Muldenvolumen, das Gewicht, der Abladeort, die Lieferscheinnummer und die Transportdistanzen. Die Angaben werden mit Hilfe der Waagscheine der Verwertungsfirmen, Deponiebetreiber und Kehrichtverbrennungsanlagen stichprobenweise überprüft. Die Datenerhebung erfolgte im vorliegenden Projekt über zehn Monate.

Güterflüsse während des Rückbaus

Soweit es die Datengrundlage und der organisatorische Aufwand zuliesse, wurde eine detailliertere Erfassung durchgeführt, welche beispielsweise eine Unterteilung der Metalle in die Fraktionen Eisen/Stahl, Aluminium und Kupfer ermöglichte.

In der Abbildung 1 sind die Güterflüsse des gesamten Rückbaus illustriert. Die mineralischen Fraktionen erzeugten mit 2600 Tonnen mit Abstand die grössten Flüsse. Gut zu erkennen ist die Aufteilung dieser Fraktionen im Prozess «Sortieren» auf die Prozesse «Inertstoffdeponie» beziehungsweise «Verwertung». Während rund 90 Prozent des Betons verwertet wurden, ist die Verwertungsquote beim Gips und Mischabbruch deutlich tiefer. Die Verwertungsmöglichkeiten der mit Tapeten verklebten Gipsplatten sind beschränkt, trotzdem konnten 80 Tonnen dieser Fraktion im Rahmen eines Versuches an ein Zementwerk zur Verwertung geliefert werden.

Der Metallschrott bildet mit 690 Tonnen die zweitwichtigste Fraktion.

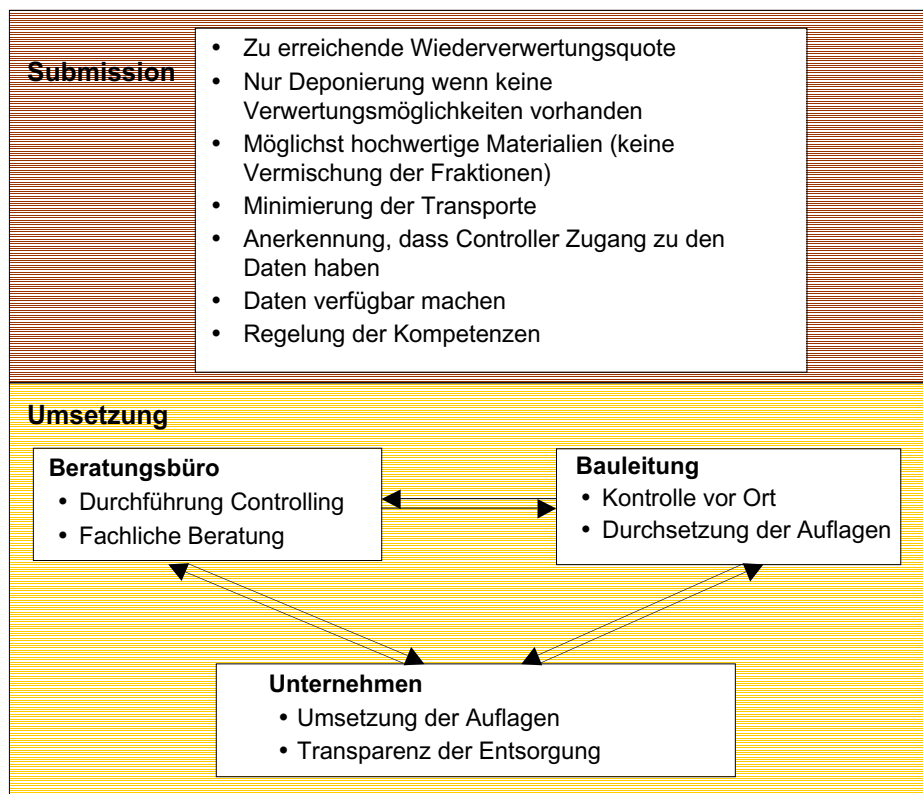


Abb. 2: Schematische Darstellung der Organisation eines Controllings der Verwertung.

Fraktion	Güterflüsse [t]	Verwertungsquote in % (geschätzt)	Potenzial in % (geschätzt)	Bemerkungen/Empfehlungen
Metalle				
– Eisen	609	90	90	Metallrecycling ist weitgehend optimiert
– Kupfer	48	60	60	
– Aluminium	32	90	90	
Brennbare Abfälle	197	0	30	Teppichrecycling möglich, Isolationsmatten sind wiederverwertbar
Altholz	106	100	100	Regionale Altholzverbrennung ist vorzuziehen
Mineralische Bauabfälle				
– Gipsplatten	497	50	80–90	Gipsverwertung in Zementwerk Verwertung als RC-Kies Verwertung im RC-Beton
– Mischabbruch	1100	30	80	
– Beton*	983	90	100	
Sonderabfälle	86	50	50	Verwertung von Leuchtstoffröhren und Kältemitteln
Total (gewichtet nach Masse)	3658	61	85	

Tabelle 1: Geschätzte Verwertungsquoten nach Fraktionen und potenzielle Verwertungsquote bei einer optimalen Verwertung der einzelnen Fraktionen.

* Hier wurde die Verwendung des Betonabbruchs (50% des gesamten Betonabbruchs) als Baupistenunterlage der Verwertung zugerechnet. Bei einer Zuordnung des Betons zu den Abfällen würde die totale Verwertungsquote auf 50% sinken.

Die weitere Aufteilung auf die Fraktionen Kupfer-(Cu-), Aluminium-(Al-) und Eisen-Stahl-(Fe-)Schrott zeigt, dass der Eisenschrott rund 85 Prozent Anteil am Gesamtschrott aufweist. Dennoch lohnt sich die Trennung der Metalle, da die Schrottpreise für Aluminium und Kupfer um ein Vielfaches höher liegen als beim Eisen-Stahl. Der Eisen-Stahl-Schrott wird in den Schweizer Stahlwerken zu Herstellung von Baustahl eingeschmolzen. Aluminium- und Kupferschrott werden grösstenteils ins Ausland (Deutschland und Italien) exportiert, wo sie in den dafür spezialisierten Werken eingeschmolzen werden. Als weitere Fraktionen folgen die brennbaren Abfälle, das Altholz und die asbesthaltigen Bauabfälle.

Die über 100 Tonnen Altholz wurden in einer Aufbereitungsanlage zu Schnitzel verarbeitet und anschliessend nach Italien zur Spanplattenproduktion exportiert.

Im Laufe der Asbestsanierung fielen rund 86 Tonnen asbestbelastetes Material an, welches auf der Baustelle in Plastiksäcken doppelt verpackt wurde und in eine Sondermülldeponie gelangte. Die mengenmässig kleinsten Fraktionen sind die weiteren Sondermüllfraktionen. Es wurden rund 0,5 Tonnen Leuchtstoffröhren der Verwertung zugeführt und 1,2 Tonnen Kältemittel umweltgerecht entsorgt oder verwertet. Zudem mussten schätzungsweise 2 Tonnen PCB-haltige Fugendichtungsmassen in einem aufwändigen Verfahren entfernt und ge-

sammelt werden. Auch dieses Material wurde in einer Sondermüllverbrennungsanlage thermisch behandelt.

Optimierungspotenzial bei der Verwertung

Neben der quantitativen Erfassung der Güterflüsse wurden die Entsorgungs- und Verwertungswege bis zur Verwertung, Deponierung oder Verbrennung der einzelnen Materialien verfolgt. Nur so lassen sich die gewählten Entsorgungswege hinsichtlich ihrer Verwertung qualitativ beurteilen und entsprechende Optimierungsmassnahmen ableiten.

So liegt die Verwertungsquote der rückgebauten Materialien bei einer begrenzten Betrachtung (d.h. ohne qualitative Beurteilung) bei über 60 Prozent, doch ein genauerer Blick auf die Verwendung der verwertbaren Materialien lässt die tatsächliche Verwertungsquote, d.h. ohne Downcycling, auf 50 Prozent fallen (vgl. Tabelle 1). Verantwortlich für die deutlich tiefere Verwertungsquote ist die Verwendung eines Teils des mengenmässig gewichtigen Betonabbruchs für die Erstellung von Baupisten. Der Einsatz dieses langlebigen und qualitativ hochwertigen Materials in einer solch kurzlebigen Anwendung ist nicht sinnvoll und entspricht eher einer hinausgezögerten Entsorgung. Das Einsatzgebiet der verwertbaren Materialien sollte jedenfalls so gewählt werden, dass die jeweilige Anwendung der möglichen Lebensdauer des verwert-

baren Materials entspricht. Konkret bedeutet dies für den Beton, dass der Betonabbruch wieder als Zuschlagstoff (RC-Kies) in den Beton oder allenfalls als in loser Form in den Strassenbau gelangen sollte.

Auch bei den scheinbar kaum verwertbaren brennbaren Materialien ergibt sich ein Verwertungspotenzial. So stehen für die Teppiche, welche bei diesem Projekt schätzungsweise 30 Prozent der brennbaren Fraktion ausmachen, Verwertungsmöglichkeiten zur Verfügung. Es existieren Verfahren, welche die Rückgewinnung neuwertiger Kunststoffe aus den in den Teppichen enthaltenen Kunstfasern (Polyamide) in grosstechnischem Massstab erlauben.

Das Verwertungspotenzial der rückgebauten Materialien im VZ-Wert wird in der Tabelle 1 mit 85 Massenprozent beziffert. Diese Quote kann bei einer optimalen Verwertung der verschiedenen Fraktionen erreicht werden. Bei einigen Gütern wie bei den Metallen, Holz und den Sonderabfällen ist das Potenzial schon heute weitgehend ausgeschöpft. Gleichwohl ist beim Altholz zu erwähnen, dass die Altholzverbrennung in einer mit entsprechenden Filtern ausgestatteten Anlage in der Region der Verwertung vorzuziehen ist, solange keine effizientere Aussortierung zwischen stark und leicht kontaminierten Altholzfraktionen erfolgt. Bei den mineralischen Bauabfällen kann die Verwertungsquote noch deutlich erhöht werden. Zwar stehen schon heute Verwertungsmöglichkeiten zur Verfügung, doch liegen die Annahmehöhen bei den Verwertern teilweise höher als für Inertstoffdeponien. Ist die Preisdifferenz zu hoch, transportiert der Entsorger dieses Material auch über grössere Distanzen in eine Deponie.

Transporte

Insgesamt wurden etwas mehr als 650 Fahrten (27500 km Transportdistanz) durchgeführt. Die Transportleistung betrug etwas mehr als 110000 Tonnenkilometer.

Über 50 Prozent der Gesamtdistanz wurden für den Transport der mineralischen Fraktion zurückgelegt (vgl. Tabelle 2). Dies ist einerseits auf die grossen Mengen zurückzuführen, andererseits mussten relativ grosse Distanzen zu den Verwertern oder Entsorgern bewältigt werden. Es wurden mittlere Distanzen zwischen 8 km (Beton) bis 130 km (Gips) zurückgelegt. Bei einer Verwertung des Mischabbruchs in der Region Zürich hätte sich die total zurückgelegte Distanz um über 15 Prozent oder 4500 km reduziert.

Literatur

[1] SIA-Empfehlung 430, Entsorgung von Bauabfällen, 1993.

[2] Plüss P., Sutter J., Auswirkungen von Sekundärbaustoffen, Umwelt Focus Nr. 5, 2003.

[3] Dürrenmatt P., Betonrecycling: Bewirtschaftung von Recyclingbeton in der Schweiz anhand von Szenarien, Diplomarbeit ETH Zürich, Abteilung Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik, 2003.

[4] Richtlinie: ARV-Gütesicherung für Recyclingbaustoffe, Aushub-, Rückbau- und Recycling-Verband Schweiz, 1998.

[5] Rubli St., Güterflussanalyse der Bauabfallentsorgung des VZ Werd, Interner Bericht für das Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, 2003.

Kombiniert mit einer höheren Verwertungsquote dieser Fraktion wäre die Verwertung in der Region Zürich der ökologisch deutlich sinnvollere Weg gewesen. Kurze Distanzen von 3 km bis 20 km wurden für den brennbaren Abfall und die asbesthaltige Fraktion zurückgelegt.

Die Untersuchung der Verwertungswege bis zur letzten Verwertungsstufe hat gezeigt, wie weit die einzelnen Verwertungsprozesse teilweise entfernt sind. So werden beispielsweise die Kupfer- und Aluminiumfraktionen in der Schweiz gesammelt, diese müssen dann aber an Schmelzwerke in Deutschland oder Italien geliefert werden, weil die wenigen Schmelzwerke in der Schweiz nur qualitativ hochwertigen Schrott entgegennehmen.

Rückbau von Installationen

Durch die Besuche vor Ort wurden Erkenntnisse zum Rückbau der Installationen und Materialien gewonnen. Vor allem bei der Planung ist Potenzial vorhanden. So musste beispiels-

weise für die Demontearbeiten der Lüftungszentrale die Betondecke aufgefäst werden, weil die Öffnungen zu klein dimensioniert waren. Steigleitungen und Lüftungskanäle konnten nur mit hohem Aufwand demontiert werden, weil die entsprechenden Betonschächte zu wenig Raum für die Demontage boten. Die Gebäude sollten deshalb derart geplant werden, dass der Rückbau von Installationen mit einem vertretbaren Aufwand möglich ist. Auf der Materialebene sollte der Einsatz von Verbundmaterialien auf ein Minimum beschränkt werden oder so gestaltet sein, dass eine Trennung auf der Baustelle ohne grossen Aufwand möglich ist.

Verwertung: Optimierung

Bisher ist es dem Abbruchunternehmer überlassen, wie er die verschiedenen Güter aus dem Rückbau – unter Einhaltung der gesetzlichen Auflagen – entsorgt bzw. verwertet. Der Kostendruck zwingt die Abbruchunternehmen die kostengünstigste Entsorgungsvariante zu wählen, der ökologische Aspekt spielt dabei nur eine untergeordnete Rolle. Die Suche nach kostengünstigen und ökologisch sinnvollen Verwertungswegen ist sehr zeitaufwändig und setzt Kenntnisse im Bereich der ökologischen Bewertung der verschiedenen Verwertungswege voraus, die von einem Abbruchunternehmen nicht erwartet werden können.

Hier sind neben dem allgemeinen Know-how in der Bauabfallverwertung auch ressourcen- und materialwissenschaftliche Grundlagenkenntnisse zur Beurteilung des Einsatzes von Sekundärressourcen notwendig. Die Umsetzung dieser anspruchsvollen Anforderungen bedingt eine enge Zusammenarbeit von Bauherr, Abbruchunternehmen und Bauleitung, welche

durch eine fachliche Beratung unterstützt werden.

Die Massnahmen für eine optimierte Verwertung der Bauabfälle sind auf zwei Ebenen anzusetzen:

- ☞ Festlegung der Verwertungsziele in den Submissionsunterlagen
- ☞ Controlling und fachliche Begleitung während des Rückbaus

Bei grösseren Projekten sollten in den Submissionsunterlagen Anforderungen bezüglich der Verwertung der rückzubauenden Materialien aufgeführt werden. Es werden die Verwertungsziele festgelegt und in einem nächsten Schritt die Auflagen im Bereich der Verwertungswege ausgearbeitet. Das Controlling der Entsorgung und Verwertung sollte durch die Bauleitung oder einen Berater erfolgen.

Die Kompetenzen und Verantwortlichkeiten müssen dabei klar geregelt sein. Im Sinne einer optimalen Begleitung der Abbruchunternehmen steht diesen eine fachliche Beratungsstelle zur Verfügung, welche Fragen bezüglich der einzelnen Verwertungswege beantwortet. In der Abbildung 2 ist ein Beispiel, wie ein solches Projekt ablaufen könnte, schematisch dargestellt.

Nach Abschluss des Rückbaus wird ein kurzer Bericht mit den wichtigsten Eckdaten und Erkenntnissen aus der Verwertung verfasst. Darin enthalten sind die Güterflüsse, die Entsorgungsorte, eventuell die Transportkilometer und die totale Verwertungsquote. Zudem sind die verantwortlichen Personen (Abbruchunternehmen, Bauleitung und Controller), welche bei allfälligen Fragen kontaktiert werden können, zu bezeichnen. Dieser kurze Bericht ist Bestandteil eines Qualitätsmanagements.

Qualitätssicherung von hohem Nutzen

Ein Qualitätsmanagement sollte bei mittelgrossen bis grossen Rückbauprojekten zum Standard werden. Der Bauherr erhält damit Sicherheit über die effektiven Entsorgungswege. Die Kosten für ein solches Controlling bewegen sich mit maximal 2 bis 3 Prozent der gesamten Rückbaukosten auf tiefem Niveau. Mit den erwähnten Massnahmen kann die Verwertung der rückzubauenden Materialien systematisch verbessert werden.

Sie bilden die Basis für eine Qualitätsentwicklung, welche gewährleistet, dass die in den Kreislauf zurückgeführten Materialien von einwandfreier Qualität sind. Dies sind wichtige Voraussetzungen, um das Image und die Akzeptanz der Sekundärressourcen zu verbessern und deren Absatz längerfristig zu gewährleisten. ●

Fraktion	Anzahl Fahrten (1)	Volumen [m ³]	Masse [t]	Transport [km] (1)	Transportleistung [tkm]	Mittlere Transportdistanz [km]
brennbare Abfälle	124	1886	197	843	670	3,4
Altholz	36	523	106	1318	1931	18,3
Aluminium	28	359	32	1014	574	18,1
Alteisen	196	3359	609	7107	11029	18,1
Kupfer	26	259	48	941	875	18,1
Gips	45	855	497	6075	33545	67,5
Mischabbruch	77	1128	1110	7413	53154	47,9
Beton	86	572	983	1421	8155	8,3
asbesthaltige Fraktion	38	811	86	1398	1583	18,4
Total	656	9752	3667	27531	111516	

Tabelle 2: Verteilung der Fahrten, Volumina, Massen, Transportkilometer, Transportleistungen (als Tonnenkilometer, tkm) und mittlere Transportdistanzen auf die entsorgten Fraktionen.

(1) Hin- und Rückfahrt, Transporte nur bis zur ersten Verwertungsstufe (d.h. nicht bis zu den Schmelzwerken oder Spanplattenwerken)