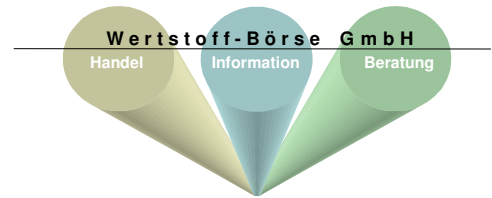


Wertstoff- Börse GmbH
Alter Zürichweg 21
CH-8952 Schlieren
Tel.: 044 371 40 90
Fax: 044 371 40 04
Natel: 079 541 38 89
info@wertstoff-boerse.ch
www.wertstoff-boerse.ch



Neubau Stadion Letzigrund

**Qualitätssicherung in den Bereichen Aushub und Rückbau –
Erfassen und Dokumentation der Transporte und
Materialflüsse**

Schlussbericht

ausgearbeitet durch

Stefan Rubli und Martin Schneider

Wertstoff-Börse GmbH

Alter Zürichweg 21

8952 Schlieren

Tel. 044 371 40 90

Fax 044 371 40 04

rubli@wertstoff-boerse.ch

im Auftrag des

Amtes für Hochbauten der Stadt Zürich

Herbst 2007

Impressum

Titel	Neubau Stadion Letzigrund Qualitätssicherung in den Bereichen Aushub und Rückbau – Erfassen und Dokumentation der Transporte und Materialflüsse
Auftraggeber	Amt für Hochbauten der Stadt Zürich Lindehofstrasse 21 8021 Zürich
Autoren	Dr. Stefan Rubli und Martin Schneider Wertstoff-Börse GmbH Alter Zürichweg 21 8952 Schlieren Tel. 044 371 40 90 Fax. 044 371 40 04 rubli@wertstoffboerse.ch www.wertstoff-boerse.ch

ZUSAMMENFASSUNG	1
1 EINLEITUNG	5
1.1 Qualitätssicherung und Controlling während den Aushubarbeiten	5
1.2 Controlling der Bauabfallentsorgung während den Rückbauarbeiten	6
1.3 Qualitätssicherung Zwischenlager Geerenweg	6
2 ANGABEN DER AUSSCHREIBUNG	7
3 UMSETZUNG	8
3.1 Grundlage für das Controlling und die Auswertung.....	8
3.2 Controlling der Transporte (Massnahme MA-1 und MA-3).....	8
3.3 Controlling der Transportfahrzeuge (Massnahme LU-4).....	13
4 STOFFFLÜSSE BEIM RÜCKBAU UND NEUBAU	15
4.1 Stoffflüsse beim Rückbau	15
4.2 Stoffflüsse beim Neubau: Aushub und Kies (Limmattalschotter)	20
4.3 Zeitreihe der Materialflüsse	21
5 MATERIALBILANZ IM VERGLEICH	22
5.1 Vergleich der Daten.....	22
FAZIT	24
BILDER	26
ANHANG	29

Zusammenfassung

Ausgangslage

Im Rahmen des Neubaus des Stadions Letzigrund wurde im Auftrag der Bauherrin Stadt Zürich eine Qualitätssicherung während den Aushub- und Rückbauarbeiten durchgeführt. Dabei wurden sämtliche Materialflüsse aus diesen Arbeiten und die damit verbundenen Transporte erfasst sowie die Qualität des ausgehobenen, verwertbaren Kieses anhand von Fotos und Begehungen auf der Baustelle dokumentiert. Das Controlling im Bereich der Materialflüsse und der Transporte wurde in das Konzept der Umwelt-Baubegleitung (ausgeführt durch Buchhofer Barbe AG) eingebettet und in das Pflichtenheft der UBB aufgenommen.

Die Teilversenkung des Stadions in den Boden hat zur Folge, dass grosse Mengen Aushubmaterial abgetragen und abgeführt werden mussten. Insgesamt ging man von einem Aushubvolumen von ca. 286'000 m³ (fest) Material aus. Davon sind knapp 200'000 m³ Limmattalschotter, welcher Wandkiesqualität aufweist.

Neben den grossen Aushubvolumina ist als weitere wichtige Rahmenbedingung die sehr kurze Bauzeit zu erwähnen. Der Rückbau und der anschliessende Neubau sollten im Zeitraum von November 2005 bis Ende August 2007 erfolgen, wobei als zusätzliche Bedingung hinzukam, dass sowohl das Leichtathletikmeeting 2006 im alten Stadion als auch das Meeting 2007 im neuen Stadion stattfinden musste. Aus diesen Rahmenbedingungen ergab sich dann eine Aufteilung des Projektes in zwei Etappen. In der ersten Etappe (Nov. 05 – Sept. 06) wurde mit den Aushub und Bau der neuen Haupttribüne (Westtribüne) begonnen. Die zweite Etappe (Sept.06 – Sept.07) begann gleich nach dem Meeting mit dem Rückbau des alten Stadions und gleichzeitig mit dem Aushub für das neue Stadion.

Materialmanagementkonzept

In einem ersten Konzept sollte das Aushubmaterial und grosse Mengen des Limmattalschotters zur Bahnverladestelle, welche rund einen Kilometer vom Stadion entfernt ist, transportiert und von dort in die rund 30 bis 35 km entfernten Kiesgruben im Rafzerfeld geführt werden. In einer ersten Offerte wurden Kosten von 37 Fr./m³ für den Transport vom Stadion bis zur Kiesgrube (inkl. Umverladen auf Bahn und Deponiegebühren) geltend gemacht. Damit hätten sich enorme Kosten für die Verschiebung und Entsorgung der Materialien ergeben. Es mussten andere Lösungen gesucht werden, wobei die folgenden Hauptziele realisiert werden sollten:

Möglichst geringe Umweltbelastungen bei möglichst geringen Kosten.

Möglichst 100%ige Verwertung des Limmattalschotters im Umkreis von 20 km.

Die Umsetzung muss in jeder Phase gewährleistet sein, Sicherheit bezüglich der Termine!

Hinzu kamen weitere Rahmenbedingungen wie die Einbindung in die gesamte Logistik, Gewässerschutz sowie schwierige Platzverhältnisse auf dem Bauareal. Die Wertstoff-Börse GmbH erarbeitete im Auftrag des Amtes für Hochbauten der Stadt Zürich ein Konzept mit den folgenden Vorschlägen:

- Möglichst hohe Verwertungsquote beim Aushubmaterial, d.h. Verwendung vor Ort und auf anderen Baustellen in der Stadt.
- Betonabbruch muss nicht unbedingt vor Ort aufbereitet werden, wenn aus dem Limmattalschotter Beton vor Ort produziert wird.
- Stadt Zürich soll Kiesbedarf der eigenen Projekte abklären.
- Ökologische Kriterien in die Submissionsunterlagen einbinden.

- Möglichkeit zur Erstellung von externen Lagerplätzen für die Zwischenlagerung des Limmattalschotters prüfen.
- Der ökonomische Wert des Limmattalschotters (Wandkiesqualität) soll weitestgehend genutzt werden.

Im Januar 2005 begann die Umsetzung des obengenannten Konzeptes. Die schwierigsten Punkte waren die Evaluation von verschiedenen Zwischenlagerplätzen und vor allem der Verkauf von ca. 200'000 m³ Wandkies lose. Es gelang Anfang April 2005 einen Vertrag mit der Firma Richi & Co. abzuschliessen. Diese kaufte sämtlichen Kies. Die Stadt konnte dem Unternehmen den Zwischenlagerplatz „Geerenweg“ zur Verfügung stellen, wobei das Unternehmen im Gegenzug eine höhere Vergütung für den Kies aus dem Stadionaushub entrichtete. Das Zwischenlager „Geerenweg“ liegt nur 2 km von der Baustelle entfernt und weist eine Kapazität von ca. 35'000 m³ auf. Neben den erwähnten Bedingungen wurden im Vertrag auf ökologische Vorgaben, wie z.B. weitestgehender Einsatz von Fahrzeugen mit dem Emissionscode von EURO 3 oder höher, schwefelarmer Diesel, maximale Transportdistanz für den Kies von 20 km, festgelegt.

Als weitere Massnahme zur Reduktion der Transporte wurde in den Submissionsunterlagen gefordert, dass der Beton vor Ort produziert werden muss und der Limmattalschotter aus dem Aushub für die Betonproduktion einzusetzen ist. Hinzu kamen weitere ökologische Vorgaben im Bereich des Rückbaus und der Transporte. Um das Risiko eines allfälligen Fehlschlages des Kiesvertrages zu minimieren, wurde zudem die Entsorgung des Limmattalschotters als Variante in die Submissionsunterlagen eingebunden.

Resultate

Während der ganzen Bauzeit von Herbst 2005 bis zum Sommer 2007 wurden insgesamt über 408'724 m³ Materialtransporte auf 6'105 Lieferscheinen erfasst. Diese Transporte umfassen sowohl interne Fahrten als auch alle Abfahren. In der Tabelle 1 sind die Volumina von Kies (56 %), Aushub (34 %) und den Materialien aus dem Rückbau („Rest“, 10 %) aufgeführt.

Tabelle 1: Das Total der transportierten Materialien in Kubikmetern. Die Fraktion „Rest“ umfasst sämtliche Rückbaumaterialien und den aufbereiteten Betonabbruch (RC-Kies).

	Total	
	m ³	%
Aushub	137'560	34%
Kies	230'804	56%
Rest	40'360	10%
Total	408'724	100%

Zu jeder Fahrt wurden der Fahrzeughalter, die Fahrzeugnummer, der EURO-Emissionscode und das Fahrziel erfasst. Damit konnten die gefahrenen Distanzen in „EURO-Kilometer“ berechnet werden. Die Tabelle 2 zeigt dazu die entsprechenden Summen. Die Transportkilometer verteilen sich zu 32 % auf Kiestransporte und zu 68 % auf das Aushubmaterial. Bei den Kiestransporten wurden bei 83 % der Transporte Fahrzeuge mit dem Emissionscode EURO ≥ 3 eingesetzt. Beim Aushubmaterial lag diese Quote mit 97 % deutlich höher. Werden die Kies- und Aushubtransporte zusammengezählt, dann wurden 92 % der gefahrenen Kilometer mit Fahrzeugen durchgeführt, die den Emissionscode EURO 3 oder höher aufwiesen.

Aus dem Rückbau des alten Stadions fielen über 46'000 Tonnen Material an. Der grösste Teil davon bestand aus Betonabbruch. Die Rückbaumaterialien konnten zu über 98 % verwertet werden. Ein grosser Teil des Betonabbruches wurde direkt auf der Baustelle zu RC-Kies aufbereitet und anschliessend abtransportiert. Nur ein sehr kleiner Anteil dieses aufbereiteten

Tabelle 2: Die Euro-Emissionscodes der Abfahren (ohne interne Transporte) von Kies und Aushubmaterial. Angegeben sind die gefahrenen Distanzen der Materialien und ihre entsprechenden Codes. Total wurden über 90 % der Transport-Kilometer mit Fahrzeugen mit Euro \geq 3 gefahren!

Euro-emissionscode	Kies		Aushub		Kies und Aushub	
	km	%	km	%	km	%
< EURO 3	14'779	17%	6'072	3%	20'851	8%
\geq EURO 3	73'217	83%	182'152	97%	255'368	92%
Total	87'996	100%	188'224	100%	276'220	100%
	32%		68%		100%	

Materials wurde für den Neubau eingesetzt. Das Altholz wurde verbrannt (\rightarrow Strom und Wärme), ein Teil des Laufbelages und Altlast wurden deponiert. Die korrekte Entsorgung der Sonderabfälle Asbest und PCB kann leider nicht dokumentiert werden, da die entsprechenden Angaben nicht vorhanden sind. Nach der Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA) ist der Abgeber (Bauherrschaft, bzw. GU) verantwortlich für die korrekte Entsorgung der Abfälle.

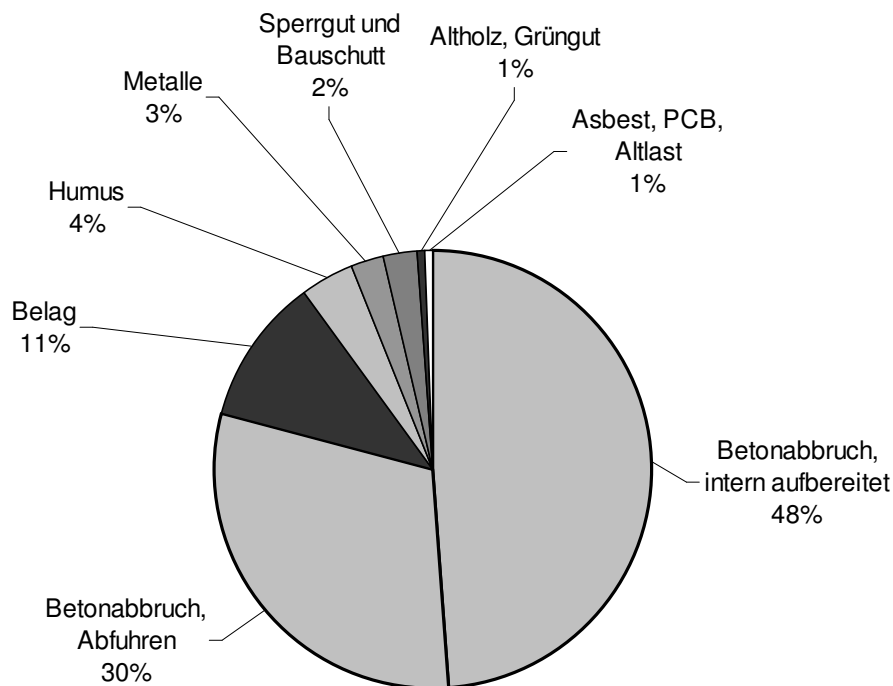


Abbildung 1: Die Rückbaustoffe des alten Stadions, total 46'165 Tonnen. Diese wurden zu über 98 % verwertet!

Für die Bestimmung der **Massenflüsse** von Kies und Aushub konnte nur teilweise auf die Angaben der Transporte zurückgegriffen werden, da gewisse Materialflüsse doppelt erfasst wurden. So wurde beispielsweise ein Teil des Kieses zunächst auf das interne Depot geführt und anschliessend auf externe Baustellen gefahren. Damit erscheinen die Transporte in den Exceltabellen zwei Mal, was zu den besagten Doppelzählungen geführt hat. Zudem war die Zuordnung des Materials auf Aushub und Kies nicht immer ganz klar, da die Grenze fließend ist.

In der Materialbilanz der Tabelle 3 sind die einzelnen Flüsse getrennt nach Materialien und nach interner und externer Verwendung dargestellt. Vom Aushubmaterial konnten knapp 10 % und vom Kies rund 25 % intern für die Produktion von Beton vor Ort beziehungsweise für Hinterfüllungen verwendet werden. Dies entspricht rund einem Fünftel des gesamthaft anfallenden Materials.

Tabelle 3: Das total der ausgehobenen Materialien nach eigener Berechnung.

	Aushub		Limmatschotter (Kies)		Total Aushub und Kies	
	m ³	%	m ³	%	m ³	%
Intern verwendet	11'600	9%	49'400	25%	61'000	19%
Abtransportiert	120'900	91%	145'800	75%	266'700	81%
Total	132'500	100%	195'200	100%	327'700	100%

Durch die Verwendung vor Ort musste das ausgehobene Material einerseits nicht in weit entfernte Deponien oder Kiesgruben entsorgt werden. Andererseits musste damit auch kein zusätzliches Material auf die Baustelle gefahren werden.

Die Berechnung der durch die Transporte verursachten spezifischen NO_x- und CO₂-Emissionen in der Tabelle 4 zeigen deutlich, dass die Zielwerte des BAFU für Flächenbaustellen (Zielwert für CO₂ von 1'200 g/m³) und NO_x (10 g/m³) deutlich unterschritten wurden. Die berechneten spezifischen Emissionen in der Tabelle 4 beziehen sich auf die Hinfahrten. Zudem beziehen sich die angegebenen Werte nur auf die externen Transporte. Würden die vermiedenen Transporte mit berücksichtigt, lägen die spezifischen Emissionen nochmals deutlich tiefer. Es zeigt sich somit, dass mit den Massnahmen, welche im Rahmen des Materialmanagements formuliert und eingeleitet wurden, die erwünschten Resultate erzielt werden konnten.

Tabelle 4: Zusammenfassung der Transporte (Abfahren von der Baustelle) und der damit verbundenen spezifischen Emissionen die in Zusammenhang mit dem Rückbau und dem Neubau des Stadions Letzigrund erfasst wurden. Die Zielwerte des BAFU für Flächenbaustellen wurden deutlich unterschritten.

	Transportiertes Volumen m ³	externe Fahrten Anzahl	Mittlere Distanz km/Fahrt	Emission NO _x [*] g/m ³	Emission CO ₂ [*] g/m ³
Aushubmaterial	120'900	8'638	21.8	8.33	1'287
Limmatschotter (Kies)	145'800	14'575	6.0	3.23	499
Rückbaumaterial	40'360	2'854	8.4	3.18	491
Total	307'060	26'067	12.1	5.23	743
Zielwert BAFU				10.00	1'200

**Emissionsfaktoren: NO_x: 5.35 g/km, CO₂: 826 g/km, Partikel: 0.155 g/km, bezogen auf Einwegfahrten*

Quelle: Luftreinhaltung bei Bauprozessen, BUWAL 2001, Tabelle 14

Eine weiterer wichtiger Faktor, welcher zu einer erfolgreichen Umsetzung des Materialmanagements und der damit verbundenen Auflagen im Bereich der Umweltschutzmassnahmen beiträgt, ist die ständige Baubegleitung durch die Umweltfachleute (Controlling der Rückbau- und Aushubarbeiten, Kontrolle der eingesetzten Fahrzeuge, Umweltbaubegleitung). Nur so konnte kurzfristig auf Fehlentwicklungen reagiert und konstruktive Lösungen mit den Beteiligten erarbeitet werden.

Fazit

Trotz schwieriger Rahmenbedingungen (sehr enger Zeitplan) gelang es, ein effizientes Materialmanagement aufzuziehen und die ökologischen Vorgaben zu erfüllen oder gar zu übertreffen. Mit der Umsetzung des Konzeptes konnten markante ökonomische Vorteile erzielt werden. Übertrafen doch die erzielten Einsparungen den erhöhten Planungsaufwand um ein Vielfaches.

1 Einleitung

Im Rahmen des Neubaus des Stadions Letzigrund wurde im Auftrag der Bauherrin Stadt Zürich eine Qualitätssicherung während den Aushub- und Rückbauarbeiten durchgeführt. Dabei wurden sämtliche Materialflüsse aus diesen Arbeiten und die damit verbundenen Transporte erfasst sowie die Qualität des ausgehobenen, verwertbaren Kieses anhand von Fotos und Begehungen auf der Baustelle dokumentiert. Das Controlling im Bereich der Materialflüsse und der Transporte wurde in das Konzept der Umwelt-Baubegleitung (ausgeführt durch Buchhofer Barbe AG) eingebettet und in das Pflichtenheft der UBB aufgenommen. Die Wertstoff-Börse GmbH informierte den UBB-Controller im Rahmen der monatlich durchgeführten Sitzungen und mittels periodischen (meist monatlichen) Kurzberichten, während der ersten und zweiten Aushubetappen. Am Schluss der ersten Bauetappe wurde ein Zwischenbericht erstellt, in dem sämtliche Materialtransporte aufgeführt und die ökologischen Vorgaben (Transportdistanzen, Emissionscodes der LKW, usw.) zusammengefasst sind. Im vorliegenden Schlussbericht sind nun sämtliche Daten, das heisst, die Daten der ersten und zweiten Etappe sowie die Daten aus dem Rückbau zusammengefasst.

1.1 Qualitätssicherung und Controlling während den Aushubarbeiten

Die 201'000 m³ (lose) verwertbarer Limmattalschotter von der Qualität Wandkies I und II wurden vor der Vergabe an die Firma Richi & Co. verkauft. Der Kaufvertrag zwischen der Stadt Zürich und der Firma Richi & Co. wurde am 15. April 2005 von beiden Parteien unterzeichnet. Im Vertrag wurden die Kiesmenge, die Qualität und die weiteren Bedingungen wie Transportkapazitäten und Auflagen im Bereich der Ökologie geregelt. Bei der Erteilung der Baubewilligung wurden die im Vertrag aufgeführten ökologischen Vorgaben zur Auflage gemacht:

Baubewilligungsaufgabe Nr. 152:

„Dem vorgesehenen Konzept nicht belastete Aushubmaterialien (Limmattalschotter) einer direkten Wiederverwendung auf anderen Baustellen im Stadtgebiet zuzuführen kann grundsätzlich zugestimmt werden. Die Materialflüsse sind im Rahmen einer ökologischen Baubegleitung zu erfassen. Nach Abschluss der Aushubarbeiten ist der Umweltschutzfachstelle des Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich in geeigneter Form Bericht zu erstatten.“

„Auf den Abtransport von 50% minderwertigem Aushub per Bahn (35'000 m³) kann verzichtet werden, wenn für den Transport der Aushub- und Abbruchmaterialien (237'000 m³) nur Lastwagen eingesetzt werden, welche die EURO 3-Abgasnormen erfüllen und mit schwefelfreiem Dieseltreibstoff (< 10 ppm) betrieben werden. Allfällige Abweichungen sind vor Baubeginn ausreichend zu begründen und durch den Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ / Umweltschutzfachstelle) genehmigen zu lassen. Die korrekte Umsetzung der Massnahmen ist im Rahmen der ökologischen Baubegleitung sicherzustellen.“

Die Qualitätssicherung während den Aushubarbeiten beinhaltet die folgenden Arbeitsleistungen:

- Erfassen der relevanten Materialflüsse mittels Excel-Files (Limmattalschotter, Aushub, Rückbaumaterialien).
- Erfassen der internen Materialflüsse (Limmattalschotter, Aushub, Rückbaumaterialien).
- Erfassung der durchschnittlichen und maximalen Tagesleistungen. Dies war ein Vertragsbestandteil (durchschnittlich 2'000m³ (lose); max. 2'800 m³ (lose) und wurde durch die Firma Richi & Co. garantiert.
- Erfassen der Transportwege (nach Zwischenlager Geerenweg, Deponie Richi & Co. Weiningen, andere Deponien, diverse Baustellen).
- Regelmässige Controlling-Besuche vor Ort: Dokumentation der Kiesqualität mittel Fotos, Überprüfung der eingesetzten Fahrzeuge.

- Reporting an UBB-Controller während der Aushubphase (1x /Monat) gemäss Pflichtenheft Umweltbaubegleitung (MA-1).
- Überprüfung der Einhaltung der Baubewilligungsaufgabe Nr. 152 sowie der vertraglich festgelegten Auflagen (Einsatz von EURO-3-Abgasnorm für LKW's und Verwendung von Ökodiesel, Einsatz von min. 4-Achskippern mit min. 20.5 Tonnen Nutzlast).
- Reporting an UBB-Controller während der Aushubphase (1x /Monat) gemäss Pflichtenheft Umweltbaubegleitung (LU-4).
- Teilnahme an Sitzungen des UBB-Teams.
- Abschlussbericht zuhanden des Bauherrn und an die Umweltschutzfachstelle nach Abschluss der Aushubarbeiten.

1.2 Controlling der Bauabfallentsorgung während den Rückbauarbeiten

Während des Rückbaus des Stadions Letzigrund wurden angekündigte und unangekündigte Controllingbesuche vor Ort durchgeführt. Bei diesen Besuchen wurde die Materialtrennung, Materialverwertung und die Organisation des Rückbaus überprüft und mittels Fotos dokumentiert. Die verantwortlichen Personen wurden zum Stand der Arbeiten und zum Entsorgungsablauf befragt. Die Wertstoff-Börse GmbH überprüfte die vom Rückbauunternehmen abgegebenen Lieferscheine auf ihre Richtigkeit, indem die Angaben der Unternehmen stichprobenweise mit den Liefer- und Waagscheinen verglichen wurden. Teilweise wurden Informationen bei den Deponiebetreibern oder Verwertern eingeholt. Zusätzlich zu den Controllingbesuchen vor Ort wurde ein Besuch beim Rückbauunternehmer durchgeführt, um das Material- und Umweltmanagement sowie die Umsetzung des Verwertungskonzepts zu überprüfen.

Neben der Erfassung der Materialentsorgung wurden auch die durch den Rückbau verursachten Transporte bzw. Transportkilometer ermittelt und ausgewertet. Damit lassen sich einerseits die Entsorgungs- und Verwertungsorte zurückverfolgen und andererseits die Verwertungsquoten abschätzen. Die Erkenntnisse aus dem Controlling sind in diesem Bericht dokumentiert und können allenfalls auf andere Projekte übertragen werden.

1.3 Qualitätssicherung Zwischenlager Geerenweg

Ein Teil des Limmattalschotters wurde auf ein Zwischenlager am Geerenweg, welches die Stadt Zürich der Firma Richi & Co. bis 31. 12. 2008 zur Verfügung stellt, geführt. Neben der quantitativen Erhebung der Materialflüsse die in dieses Zwischenlager gehen, wurden in Rahmen der Qualitätssicherung die Einhaltung der Auflagen für die Erstellung und den Betrieb des Zwischenlagers überprüft. Dies beinhaltete die folgenden Arbeitsleistungen:

- Überprüfung des ordnungsgemässen Einbaus einer Sauberkeitsschicht (Fotodokumentation) basierend auf den Auflagen des AWEL.
- Überprüfung des Verkehrsdispositives für den Betrieb des Zwischenlagers.
- Regelmässige Controllingbesuche → Prüfung des ordnungsgemässen Betriebs, d.h. keine Zwischenlagerungen von anderen Materialien, Maschinen usw., Sauberkeit der Zu- und Abfahrten, ordnungsgemässe Einzäunung usw.
- Überprüfung des korrekten Abbaus des Zwischenlagers bis auf die Sauberkeitsschicht am Schluss.
- Koordination mit den kantonalen Stellen (AWEL).
- Schlussbericht zuhanden des Bauherrn, der Liegenschaftenverwaltung der Stadt Zürich und allenfalls den städtischen oder kantonalen Fachstellen.

Da das Zwischenlager von der Firma Richi & Co. bis 31. 12. 2008 genutzt werden kann, ist eine abschliessende Berichterstattung der Qualitätssicherung im vorliegenden Bericht nicht möglich. Aus diesem Grund werden hier die bisherigen Erkenntnisse aus der QS aufgeführt. Nach der Nutzung des Zwischenlagers wird ein Kurzbericht zuhanden des Bauherrn erstellt. Dieser wird Anfang 2009 zur Verfügung stehen.

2 Angaben der Ausschreibung

Basierend auf den Daten des geologischen Gutachtens konnte eine Mengenabschätzung durch den Tiefbauingenieur gemacht werden (Tabelle 5: Festmass und

Tabelle 6: lose). Insgesamt ergab sich eine zu erwartende Aushubmenge von knapp 352'000 Kubikmeter (lose), wobei mit 221'000 Kubikmeter überschüssigem Limmattalsschotter und 85'000 Kubikmeter Aushubmaterial gerechnet wurde. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Material für die Betonproduktion vor Ort nicht in der Bilanz enthalten ist.

Tabelle 5: Materialbilanz ohne Kiesaufbereitung (Festmass) gem. TU-Submission.

	Festmass	Etappe 1	Etappe 2	Etappe 1+2
Abtransport Aushubmaterial	m ³	37'194	35'194	72'388
Überschüssiger Limmattalsschotter	m ³	52'465	124'681	177'146
Wiederverwendetes Material	m ³	13'032	22'992	36'024
Totale Menge	m³	102'691	182'867	285'558

Tabelle 6: Materialbilanz ohne Kiesaufbereitung (lose) aus TU-Submission.

	lose	Etappe 1	Etappe 2	Etappe 1+2
Abtransport Aushubmaterial	m ³	43'889	41'529	85'418
Überschüssiger Limmattalsschotter	m ³	65'581	155'851	221'432
Wiederverwendetes Material	m ³	16'290	28'740	45'030
Totale Menge	m³	125'760	226'120	351'880

Verwendete Faktoren fest → lose: Limmattalsschotter 1.25; Aushubmaterial 1.18

Im Kapitel 5 werden die prognostizierten Materialbilanzen mit den tatsächlich erhobenen Daten verglichen. Einerseits soll damit gezeigt werden, inwiefern die prognostizierte Gesamtkubatur von der tatsächlich ausgehobenen Aushubkubatur abweicht. Andererseits ist auch von Interesse, wie stark sich die abgeschätzten Kubaturen auf der Basis der einzelnen Materialkategorien von den tatsächlichen Werten unterscheiden. Dabei müssen aber die Unsicherheiten, welche sich aus den angenommenen Faktoren (fest → lose) und der Beladung der LKW's ergeben, bei einem Vergleich berücksichtigt werden.

3 Umsetzung

3.1 Grundlage für das Controlling und die Auswertung

Die Auswertung der Transporte während des Projektes stützt sich auf den Daten, welche die Firma Richi & Co. monatlich erfasst und in einer *excel*-Liste festgehalten hat. In dieser Liste sind Angaben auf der Basis der Lieferscheine mit Datum, Lieferscheinnummer, Transporteur, Schild-Nummer des Fahrzeuges, Ziel-Ort, geladenes Volumen, geladenes Material und "weitere Bemerkungen" vermerkt. Zusätzlich war die Firma Richi & Co. verpflichtet, für jedes eingesetzte Fahrzeug eine Kopie des Fahrzeugausweises zur Verfügung zu stellen. Dort sind die Angaben zur Schild-Nummer, zum Euro-Emissionscode, zur maximalen Zuladung und zum Eigentümer des Fahrzeuges aufgeführt. Damit ist es möglich, zu jedem Transport das entsprechende Fahrzeug mit dessen Euro-Emissionscode zuzuweisen.

Bei verschiedenen Transporten in den *excel*-Listen fehlen einige Angaben. Auch wurde nicht konsequent zu jedem eingesetzten Fahrzeug eine Kopie des Fahrzeugausweises abgegeben. Zum Teil konnten diese unvollständigen Angaben von den entsprechenden Strassenverkehrsämtern angefordert werden. Fehlten aber Angaben wie Schild-Nummer, Ziel-Ort etc., so konnten diese Transporte nur näherungsweise ausgewertet werden. Ihr Anteil liegt bei den Kiesabfuhrungen bei lediglich 1 %, bei den Abfuhrungen von Aushubmaterial bei 8 % des transportierten Volumens. Bei diesen Transporten wurde angenommen, dass ihr Euro-Emissionscode im gleichen Verhältnis < 3 zu ≥ 3 liegt, wie das bei den ausgewerteten bekannten Fahrzeugen der Fall ist.

Während der gesamten Bauzeit für das neue Stadion sind über 400'000 m³ transportierte Materialien von internen Verschiebungen und Abfuhrungen dokumentiert und ausgewertet worden. Diese Transporte wurden in 6105 Lieferscheinen festgehalten. Für den Transport wurden 311 verschiedene Fahrzeuge eingesetzt. Die Angaben lassen erahnen, welche "Datenflut" während des Projektes zu bewältigen war.

3.2 Controlling der Transporte (Massnahme MA-1 und MA-3)

Im UBB-Pflichtenheft sind die Massnahme MA-1 und MA-3 (siehe Anhang) aufgeführt. Diese wurden anhand der Daten im *excel*-File überprüft.

Während der ersten und zweiten Etappe sind total über 400'000 m³ Material transportiert worden. Der grösste Teil der Materialtransporte entfällt dabei auf die Fraktion „Kies“ (Limmattalschotter): Bei rund 57 % aller Fahrten wurde Kies und bei 34 % Aushubmaterial transportiert. Bei den restlichen Transporten (9 %) handelt es sich um die Verschiebung von Rückbaumaterialien, die der weiteren Verwertung zugeführt wurden (Tabelle 7).

Tabelle 7: Das Total der internen Verschiebungen und der Abfuhrungen, aufgeteilt nach der 1. und 2. Etappe. „Rest“ umfasst alle Rückbaumaterialien sowie den auf der Baustelle aufbereiteten Recyclingbeton.

	1. Etappe		2. Etappe		Total	
	m ³	%	m ³	%	m ³	%
Aushub	61'701	43%	75'859	29%	137'560	34%
Kies	79'166	55%	151'638	57%	230'804	56%
Rest	3'499	2%	36'861	14%	40'360	10%
Total	144'366	100%	264'358	100%	408'724	100%
	35%		65%		100%	

Während der ersten Etappe wurde gut $\frac{1}{3}$ des Materials transportiert, in der zweiten Etappe ab Ende August 2006 entsprechend knapp $\frac{2}{3}$. Als „interne Transporte“ werden Fahrten bezeichnet, die auf dem Baustellenareal ausgeführt wurden. Es handelt sich dabei beispielsweise um Fahren aus dem Inneren des Stadions zum Depot der Kiesaufbereitungsanlage oder um Fahrten von oder zu einem Zwischenlager von Rückbaumaterialien.

In der Tabelle 8 sind die totalen Transporte nach den verschiedenen Materialien auf die internen Transporte und die Abfahrten aufgeteilt. 12 % des Aushubs und 37 % der Kiestransporte wurden intern gefahren. Allerdings muss dabei berücksichtigt werden, dass ein Teil der zunächst intern verschobenen Materialien später von der Baustelle abgeführt wurden. Diese internen Transporte sind in der Auswertung der Transportleistungen, was die Volumina betrifft, doppelt deshalb erfasst. In den Materialbilanzen im Kapitel 4 sind diese Doppelzählungen eliminiert, was wiederum bedeutet, dass sich die transportierten Volumina von den tatsächlich ausgehobenen Volumina unterscheiden.

Tabelle 8: Das Total der internen Transporte und der Abfahrten, aufgeteilt nach Materialien.

	Intern		Abfahrten		Total	
	m ³	%	m ³	%	m ³	%
Aushub	16'627	12%	120'934	88%	137'560	100%
Kies	85'053	37%	145'751	63%	230'804	100%
RC-Kies	98	1%	11'194	99%	11'292	100%
Beton	6'107	41%	8'740	59%	14'847	100%
Stahl	-	0%	5'784	100%	5'784	100%
Belag	207	5%	3'849	95%	4'056	100%
Sperrgut	-	0%	1'564	100%	1'564	100%
Humus	-	0%	1'164	100%	1'164	100%
Grüngut	-	0%	439	100%	439	100%
Holz	-	0%	640	100%	640	100%
Laufbelag	36	14%	216	86%	252	100%
Altlast	108	50%	108	50%	216	100%
Kabel	-	0%	90	100%	90	100%
Asbest	-	0%	14	100%	14	100%
PCB	-	0%	3	100%	3	100%
Total	108'236	26%	300'489	74%	408'724	100%

Von den Rückbaumaterialien konnte der Abbruchbeton direkt auf der Baustelle gebrochen werden. Der daraus produzierte Recycling-Beton (RC-B) wurde zum grössten Teil abtransportiert und an verschiedene Betonproduzenten ausserhalb der Stadt Zürich geliefert. Durch das Brechen vor Ort konnte das Volumen reduziert werden, was wiederum zu einer Reduktion der Fahrtenzahl führte. Dem gegenüberzustellen sind die erhöhten Staubemissionen auf der Baustelle durch den Transport und das Brechen der Materialien. Weitere detaillierte Angaben über die Verwertung und Aufbereitung der Rückbaumaterialien sind im Abschnitt 4.1 aufgeführt. Die internen Transporte von Belag, Laufbahnbelag und Altlasten dienten der Zwischenlagerung dieser Materialien. Sie wurden anschliessend alle abtransportiert und einer Verwertung oder Deponie zugeführt.

Vom Aushubmaterial wurden rund 12 % intern transportiert und zu einem grossen Teil auch intern eingesetzt, zudem konnten je 8 % des Aushubmaterials in der Stadt Zürich beziehungsweise

ausserhalb der Stadt Zürich auf Baustellen wieder eingesetzt werden. Dies ergibt somit einen Wiederverwertungsanteil beim Aushubmaterial von ca. $\frac{1}{4}$, was bei dieser grossen Menge als hoch zu werten ist. Da die Aushubdeponien 30 - 40 km von der Baustelle entfernt waren, konnten durch die Wiederverwertung des Aushubmaterials die Umweltbelastung durch die Transporte reduziert werden.

Knapp $\frac{1}{4}$ des ausgehobenen Limmattalschotters (Kies) wurde auf der Baustelle gefahren und dort aufbereitet, über die Hälfte davon wurde anschliessend intern eingesetzt. Dieser hohe Anteil ist vor allem auf die Betonproduktion vor Ort zurückzuführen. Es wurde mehr Beton mit dem Kies vor Ort produziert als vorgesehen war. Knapp 30 % des Limmattalschotters konnte auf dem Zwischenlagerplatz am Geerenweg, welcher ca. 1.5 km von der Baustelle entfernt war, deponiert werden. Bis Ende 2008 werden von hier verschiedene Baustellen in der Stadt Zürich mit Kies versorgt. Da der Unternehmer eine relativ hohe Vergütung für den Kies an die Stadt Zürich zu entrichten hatte, wird dieser bestrebt sein, den Kies innerhalb der Stadt Zürich zu verkaufen. Zu grosse Transportdistanzen verteuern den Kiespreis. Dies bedeutet, dass der Unternehmer entweder den Kies nicht oder nur mit Verlusten verkaufen kann. Mit dieser Massnahme konnte somit auch hier die durch die Transporte verursachten Emissionen massiv reduziert werden.

In der Abbildung 2 ist die Verteilung der angefahrenen Entsorgungs-/Verwertungsorte angegeben. Im linken Kuchendiagramm ist die Verteilung für das Aushubmaterial und im rechten Kuchendiagramm für den Limmattschotter dargestellt.

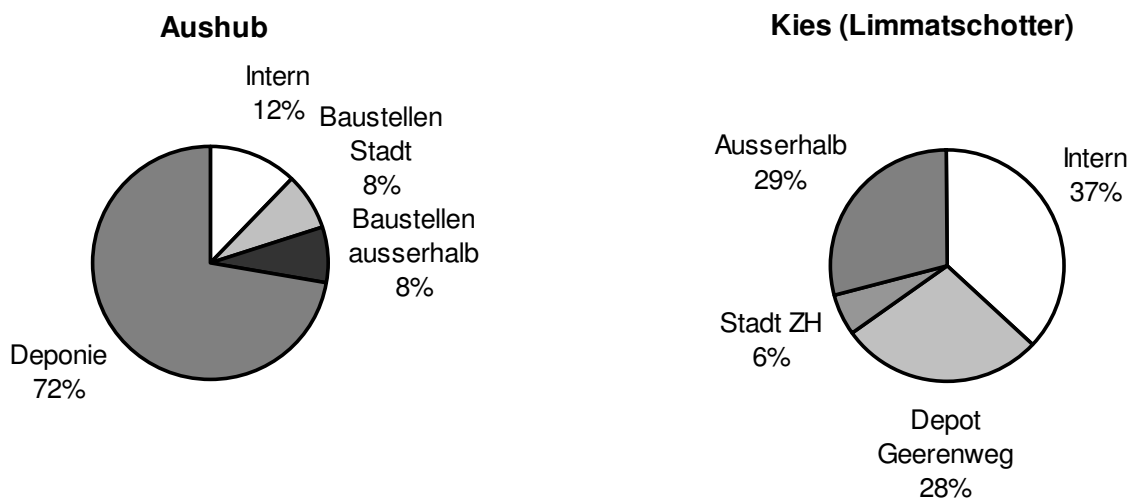


Abbildung 2: Verteilung der Aushubtransporte (links) und der Kiestransporte (rechts). Der grösste Teil der Aushubtransporte entfiel auf die Deponierung (72 %), 12 % waren interne Fahrten, 16 % waren Transporte zu anderen Baustellen. Über $\frac{1}{3}$ des Kieses wurde intern transportiert, $\frac{1}{3}$ wurde auf Baustellen in der Stadt Zürich und ausserhalb der Stadtgrenzen gebracht, der Rest konnte auf dem Depot Geerenweg zwischengelagert werden (28 %).

3.2.1 Aushub

Die Aushubtransporte umfassen beinahe 140'000 m³ (Tabelle 9). Davon wurden 12 % intern transportiert, 88 % wurden abgeführt. Der grösste Teil der Abfahrten (72 %) gelangte auf Deponien und dient dort der Wiederauffüllung von Kiesgruben. Weitere 16 % des Aushubes konnte auf Baustellen in und ausserhalb der Stadt Zürich verwertet werden. Im November 2006 war die Aushubtätigkeit im Stadion am intensivsten. Während dieses Monats wurden über 65'000 m³ Material transportiert. Aber nicht nur im Letzigrund herrschte Hochkonjunktur, sondern auch auf vielen Baustellen innerhalb und ausserhalb der Stadt Zürich. Für einige Wochen waren daher in der Stadt Zürich kaum mehr Lastwagen verfügbar. Das hatte zur Folge, dass über 7'000 m³ Aushubmaterial mit Lastwagen zur DEBAG gefahren und von dort per Eisenbahn zu den Deponien im Züricher Unterland geführt wurde. Dadurch konnten rund 500 Fahrten von je 30 km Distanz, d.

h. 15'000 km Transportweg durch Lastwagen vermieden werden. Die Verknappung an Lastwagenkapazitäten führte demnach zur teureren aber dafür ökologischeren Transporten.

Tabelle 9: Aushubtransporte (interne Verschiebung und Abfahren) nach den verschiedenen Zielen. Die Angaben in Klammern zu den Baustellen innerhalb und ausserhalb der Stadt geben die Anzahl Baustellen an (1. Etappe/2. Etappe).

	1. Etappe m ³	2. Etappe m ³	Total m ³	%	Verwendung
Intern	119	16'508	16'627	12%	Intern
Hüntwangen	35'090	10'418	45'508	33%	Deponie
Wil	608	17'267	17'875	13%	Deponie
Zelgli UE	8'023	2'704	10'726	8%	Deponie
DEBAG*		7'266	7'266	5%	Deponie
Weiach	2'462	1'891	4'353	3%	Deponie
Stadel	1'112	3'203	4'314	3%	Deponie
Würenlos		4'172	4'172	3%	Deponie
B'dorferstrasse ZH	2'236		2'236	2%	Baustelle
Richi Weiningen	7'178	1'391	8'569	6%	Baustelle
Glattfelden	60	1'008	1'067	1%	Baustelle
Schlieren		897	897	1%	Baustelle
Hohlstrasse ZH	253	633	886	1%	Baustelle
Baustellen Stadt Zürich (11/23)	1'600	6'239	7'839	6%	Baustelle
Baustellen ausserhalb (21/16)	2'338	1'966	4'304	3%	Baustelle
Weitere Deponien (8/5)	624	299	923	1%	Deponie
Total	61'701	75'859	137'560	100%	
	45%	55%	100%		

* ab DEBAG mit dem Zug

3.2.2 Kies

Insgesamt wurden für die Tieferlegung des neuen Stadions über 230'000 m³ Kies transportiert. 28 % des Kieses wurde auf das von der Stadt zur Verfügung gestellte Depot Geerenweg gefahren. Die restlichen 35 % konnten auf verschiedene Baustellen innerhalb- und ausserhalb der Stadt Zürich sowie zu Kiesunternehmen gefahren werden (Tabelle 10). Von den 37 %, welche intern transportiert wurden konnten fast 50'000 m³ auch intern für die Produktion von Beton und als Hinterfüllung eingesetzt werden. Über 30'000 m³ wurden demnach nach der Aufbereitung auf der Baustelle abgeführt; dieses Material wurde somit zweimal erfasst: zuerst als interner Transport zu der Aufbereitungsanlage, anschliessend als Abfuhr. Das ist bei der Bestimmung der Massenflüsse zu beachten.

3.2.3 Restliche Materialien

Die Fraktion „Rest“ (restliche Materialien) stammt aus dem Rückbau des alten Stadions. Unter dem Begriff RC-Kies ist das Betongranulat zu verstehen, welches auf der Baustelle aus dem Betonabbruch hergestellt wurde. Die Mengen dieser Fraktion sind ebenfalls in der Tabelle 8 aufgeführt. Es sei hier ausdrücklich erwähnt, dass das Kuchendiagramm in der Abbildung 3 die Verteilung der erfassten Transporte per LKW darstellt. Das heisst, dass sowohl die internen Transporte als auch die Abfahren berücksichtigt sind.

Tabelle 10: Die Kiestransporte (interne Verschiebung und Abfahren). Über ein Drittel wurde intern transportiert. Die Angaben in Klammern zu den Baustellen innerhalb und ausserhalb der Stadt geben die Anzahl Baustellen an (1. Etappe/2. Etappe).

	1. Etappe m ³	2. Etappe m ³	Total m ³	%
Intern	40'972	44'081	85'053	37%
Geerenweg	24'117	40'570	64'687	28%
AGIR	-	30'918	30'918	13%
Richi Weiningen	4'229	14'177	18'406	8%
KW Regensdorf	-	4'150	4'150	2%
Juchhof ZH	3'418	616	4'034	2%
Baustellen Stadt Zürich (23/39)	2'725	7'281	10'006	4%
Baustellen ausserhalb (20/29)	3'706	9'846	13'551	6%
Total	79'166	151'638	230'804	100%
	34%	66%	100%	

Betonabbruch fiel auf der Baustelle an verschiedenen Orten an (verschiedene Tribünen und Garderobengebäude). Der Betonbrecher für die Aufbereitung des Betonabbruches auf der Baustelle stand in der Nähe der einen Tribüne. Das Material, welches dort anfiel, wurde vom Bagger/Trax direkt zum Brecher gefahren, ohne dass dafür ein interner Transport per LKW nötig war. Daher entsprechen die hier und in der Tabelle 8 aufgeführten Mengen *nicht* den effektiv angefallenen Mengen von Betonabbruch, sondern nur den erfassten LKW-Transporten. Der aufbereitete Betonabbruch verliess die Baustelle als RC-Kies. Ein gewisser Teil des Betonabbruches wurde extern aufbereitet und wurde entsprechend als Betonabbruch erfasst, der von der Baustelle abgeführt wurde.

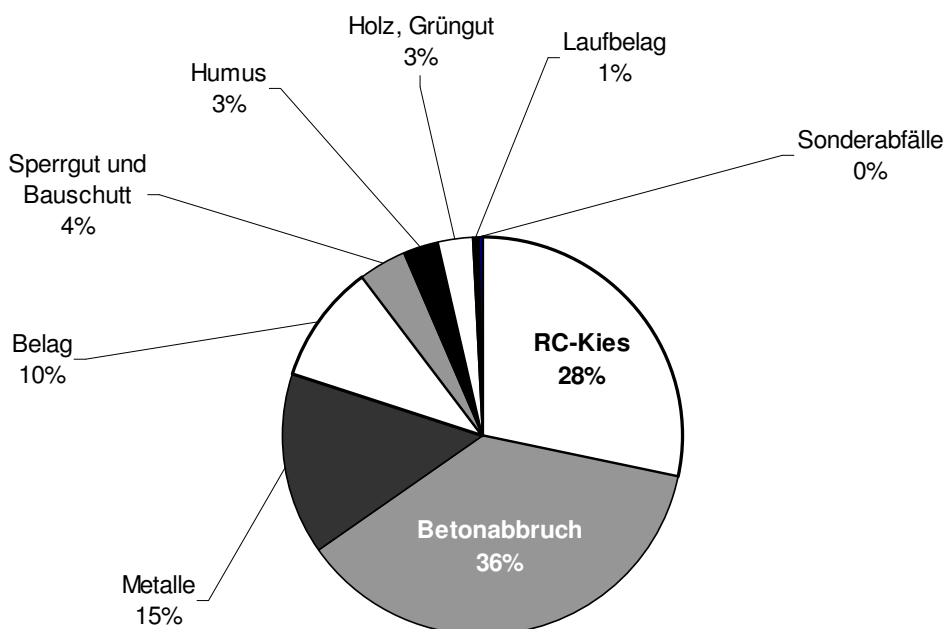


Abbildung 3: Die Fraktion „Rest“ nach transportiertem Volumen (interne Transporte und Abfahren). Der grösste Teil der Transporte fällt dabei auf Betonabbruch und den daraus hergestellten RC-Kies (Betongranulat). Diese Angaben entsprechen *nicht* den effektiven Mengen von Rückbaumaterialien sondern geben die transportierten Volumina per LKW an.

Insgesamt wurden über 40'300 m³ restliche Materialien transportiert, was rund 10 % aller Transporte entspricht. Die Verwertung und Entsorgung der Rückbaumaterialien wird ausführlich im Abschnitt 4.1 dargestellt.

3.3 Controlling der Transportfahrzeuge (Massnahme LU-4)

Die Massnahme LU-4 (siehe Anhang) verlangt, dass für die Abfahren von Kies und Aushub Fahrzeuge verwendet werden, deren Euro-Emissionscode mindestens 3 beträgt. In der Tabelle 11 sind dazu die entsprechenden Werte zusammengefasst. Für die Auswertung wurden nur die Abfahren berücksichtigt, die internen Verschiebungen sind von dieser Massnahme nicht betroffen. Bei einer Auswertung nach abtransportierten Volumen wird diese Auflage beim Kies zu 85 % und beim Aushub zu 95 % eingehalten. Da die Kiestransporte i. A. kürzer sind als die Aushubtransporte, verbessert sich der Wert für Kies und Aushub zusammen auf 92 %, wenn die entsprechenden gefahrenen Strecken berücksichtigt werden. In der Tabelle 11 sind diese mit „EURO-Kilometer“ bezeichnet. Detaillierte Angaben zu den Euro-Emissionscodes der eingesetzten Fahrzeuge sind in der Tabelle 22 und der Tabelle 20 im Anhang enthalten. Die Gewichtung erfolgt in diesen Tabellen nach Kilometern.

Tabelle 11: Euro-Emissionscodes der Transportfahrzeuge nach transportiertem Volumen (oben) und gewichtet nach den gefahrenen Strecken (unten). Die Kies- und Aushubtransporte wurden zusammen, bezüglich den gefahrenen Kilometern, zu 92 % mit Fahrzeugen \geq Euro 3 durchgeführt.

Kubikmeter						
	Kies		Aushub		Kies und Aushub	
	m ³	%	m ³	%	m ³	%
< EURO 3	21'729	15%	6'567	5%	28'297	11%
\geq EURO 3	124'022	85%	114'366	95%	238'388	89%
Total	145'751	100%	120'934	100%	266'685	100%
	49%		40%		89%	
EURO-Kilometer						
	Kies		Aushub		Kies und Aushub	
	km	%	km	%	km	%
< EURO 3	14'779	17%	6'072	3%	20'851	8%
\geq EURO 3	73'217	83%	182'152	97%	255'368	92%
Total	87'996	100%	188'224	100%	276'220	100%
	32%		68%		100%	

In der Tabelle 12 sind die Kiesabfahren nach ihrem Bestimmungsort und den jeweiligen Euro-Emissionscodes aufgeführt. Bei einem Prozent der Transporte konnte der Euro-Code wegen fehlerhaften oder unvollständigen Angaben nicht zugewiesen werden. Für diese Transporte wurde angenommen, dass sie proportional dem bekannten Verhältnis von „< Euro 3“ und „ \geq Euro 3“ gefahren wurden. Die mittlere Transportdistanz für Kies liegt bei 6.04 km. Der tiefe Wert lässt sich damit begründen, dass 28 % der Kiestransporte zum nur 2.5 km entfernten Depot Geerenweg erfolgten. Ohne Depot Geerenweg hätte die mittlere Transportdistanz 8.9 km betragen, was zu 23'000 zusätzlichen Fahrtenkilometern geführt hätte. Die Bilanz verbessert sich noch einmal, wenn berücksichtigt wird, dass 6 % der Kiesabfahren mit Euro 4 und 5 % mit Euro 5 durchgeführt wurden. Damit übertrafen 11 % der Kiestransporte die Auflage LU-4 (vgl. dazu die Tabelle 20)

Tabelle 12: Die externen Kiesabfuhrungen aufgeteilt nach Ziel und Euro-Emissionscode. Es wurde angenommen, dass 10 m³ Kies pro Fahrt geladen werden. Ohne das Depot Geerenweg hätte sich die mittlere Strecke pro Fahrt auf 8.9 km verlängert und dadurch 23'000 zusätzliche Transportkilometer verursacht.

	Distanz	Volumen	Fahrten	< EURO 3	≥ EURO 3	Total	
	km	m ³	Anzahl	km	km	km	%
Geerenweg	2.5	64'687	6'469	1'259	14'912	16'172	18%
AGIR, Dietikon	8.0	30'918	3'092	1'218	23'516	24'734	28%
Richi Weiningen	7.9	18'406	1'841	5'167	9'373	14'540	17%
KW Regensdorf	9.3	4'150	415	447	3'412	3'860	4%
Juchhof ZH	5.7	4'034	403	1'300	1'000	2'299	3%
DHL Regensdorf	9.3	2'700	270	426	2'085	2'511	3%
Talwiesen ZH	3.0	2'129	213	395	243	639	1%
LUWA ZH	3.0	1'453	145	12	424	436	0%
Horgen	22.0	1'448	145	-	3'186	3'186	4%
Frauenthal ZH	5.0	1'400	140	245	455	700	1%
Stadt Zürich (51)	5.0	6'623	662	951	2'360	3'312	4%
Umgebung (41)	20.0	7'804	780	3'358	12'250	15'608	18%
Total	6.04**	145'751	14'575	14'779	73'217	87'996	100%
				17%	83%	100%	

* N.B. Nicht bekannt

**mittlere Strecke pro Fahrt

Die entsprechenden Werte für den Aushub sind in der Tabelle 13 aufgeführt. Gut $\frac{3}{4}$ der Aushub-Abfuhrungen wurden nach Hüntwangen oder Wil gefahren. Beide Deponien liegen über 30 km von der Baustelle Letzigrund entfernt. Die mittlere Transportdistanz für das Aushubmaterial ist daher mit rund 22 km beinahe um den Faktor vier höher als beim Kies.

Betreffend der Auflage zum Einsatz von schwefelfreiem Diesel ist folgendes festzustellen: Seit dem 1. Januar 2004 besteht eine Lenkungsabgabe mit der schwefelfreies Benzin- und Dieselöl (<10 ppm) fiskalisch gefördert wird. Dank dieser Massnahme wurden die Importe praktisch auf einen Schlag auf die schwefelfreien Qualitäten umgestellt (Quelle: Erdöl-Vereinigung; Jahresbericht 2004). Es ist deshalb davon auszugehen, dass die für die Transporte des Aushubmaterials eingesetzten Fahrzeuge mit schwefelfreien Dieseltreibstoffen betankt werden. Auf eine genauere Überprüfung (Analysen oder Überprüfung der Tankscheine) wurde aus diesem Grund und in Absprache mit dem UBB-Controller verzichtet.

Es wurden weitgehend 4-achsige Fahrzeuge eingesetzt. Fahrzeuge mit hoher Ladekapazität bieten einem Aushub-Unternehmer einen ökonomischen Vorteil, aus diesem Grund setzte der Unternehmer auch vorwiegend 4- oder 5-achsige Fahrzeuge ein. Überprüfbar war dies über die Kopien der Fahrzeugausweise

Tabelle 13: Die externen Aushubabfuhrungen nach Bestimmungsort und Euro-Emissionscode. Es wurde angenommen, dass 14 m³ Aushub pro Fahrt geladen werden.

	Distanz	Volumen	Fahrten	< EURO 3	≥ EURO 3	Total	%
	km	m ³	Anzahl	km	km	km	
Hüntwangen	30.6	45'508	3'251	754	98'713	99'466	53%
Wil	31.8	17'875	1'277	2'641	37'961	40'602	22%
Zelgli UE	8.0	10'726	766	20	6'109	6'129	3%
DEBAG	1.0	7'266	519	102	417	519	0%
AGIR	8.0	6'854	490	23	3'893	3'916	2%
Weiach	32.4	4'353	311	300	9'773	10'073	5%
Stadel	26.5	4'314	308	34	8'132	8'166	4%
Würenlos	16.3	4'172	298	105	4'752	4'857	3%
Bdorferstr. ZH	2.0	2'236	160	150	170	319	0%
Richi Weiningen	7.9	1'716	123	24	945	968	1%
Glattfelden	26.5	1'067	76	53	1'966	2'020	1%
Schlieren	5.0	897	64	-	320	320	0%
Hohlstr. ZH	2.0	886	63	10	117	127	0%
Hätzlergass ZH	2.0	862	62	16	107	123	0%
Baustellen Stadt Zürich (29)	5.0	6'977	498	279	2'212	2'492	1%
Baustellen ausserhalb (36)	20.0	4'304	307	1'436	4'712	6'148	3%
Deponien (10)	30.0	923	66	126	1'852	1'978	1%
Total	21.79**	120'934	8'638	6'072	182'152	188'224	100%
		100%		3%	97%	100%	

* N.B. Nicht bekannt

** mittlere Strecke pro Fahrt

4 Stoffflüsse beim Rückbau und Neubau

Für die Auswertung der Stoffflüsse beim Rückbau des alten Stadions wurden nur die Abfuhrungen der Transporte ausgewertet; die internen Verschiebungen dienen der Zwischenlagerung und sind für die Betrachtung der Materialflüsse nicht relevant. Die Angaben der transportierten Volumina wurden über die "Ladedichten" in Massenflüsse umgerechnet, eine Tabelle mit den "Ladedichten" befindet sich im Anhang (Tabelle 23).

4.1 Stoffflüsse beim Rückbau

Beim Rückbau des alten Stadions fielen über 46'000 Tonnen Material an. Der grösste Teil entfiel auf den Betonabbruch, er macht über $\frac{3}{4}$ der Rückbaumaterialien aus. 11 % sind Asphaltbeläge, 4 % Humus und 3 % Metalle. Die restlichen 4 % waren Sperrgut, Holz, Grüngut, und ein kleiner Teil Sonderabfälle (Laufbelag, Altlasten, PCB-Dichtungen und Asbest). In der Abbildung 4 ist die Verteilung nach Masse zusammengefasst. Vom Betonabbruch wurde nicht alles Material per LKW zum Brecher transportiert, sondern ein Teil davon wurde direkt vom mit dem Bagger dorthin gefahren. Diese Mengen sind in den excel-Listen nicht erfasst worden, sie mussten daher indirekt aus den abgeführten Mengen RC-Kies berechnet werden.

Tabelle 14: Die Materialflüsse aus dem Rückbau. Beim Betonabbruch ist zu beachten, dass über die Hälfte auf dem Areal der Baustelle direkt aufbereitet wurde und anschliessend als RC-Kies der weiteren Verwertung bzw. dem Einsatz als Zuschlag für RC-Beton abtransportiert wurde.

	Masse t	Fahrten Anzahl	Distanz km	Transportleistung t km
Betonabbruch, intern*	22'584	1'129	8	178'542
Betonabbruch, Abfahren	13'984	881	8	110'474
Belag	5'004	388	11	55'687
Humus	1'746	83	8	13'793
Metalle	1'175	215	12	13'538
Sperrgut und Bauschutt	1'095	112	8	8'649
Altholz	141	18	8	1'112
Grüngut	149	12	8	1'179
Asbest, PCB	173	10	8	1'364
Laufbelag	114	6	20	2'252
Total / mittl. Distanz	46'164	2'854	8.4	386'592

*intern aufbereitet und anschliessend als RC-Kies abgeführt

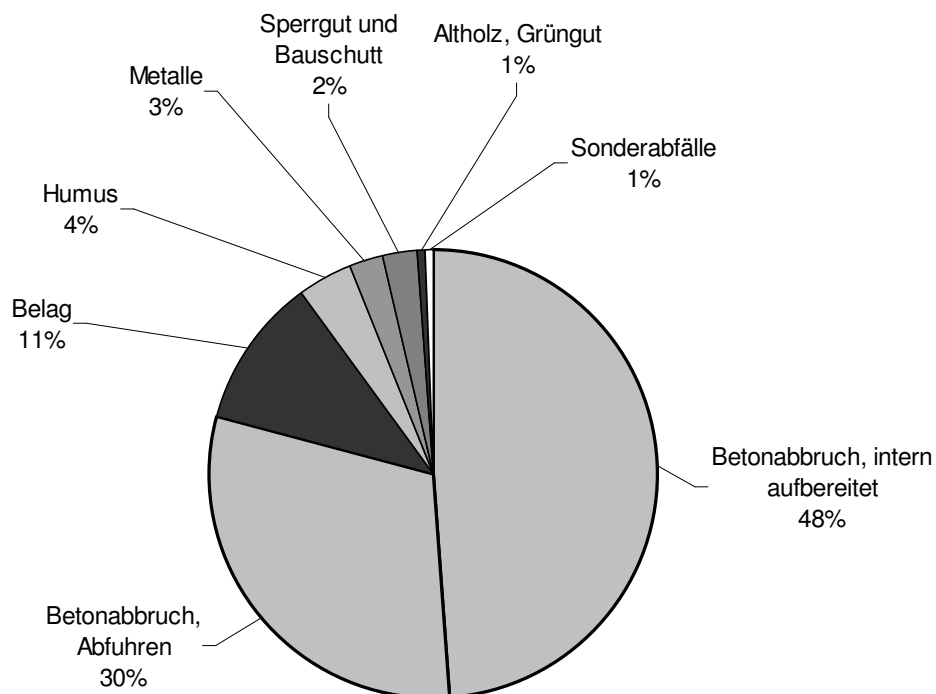


Abbildung 4: Rückbaumaterialien (Massen). Insgesamt wurden 46'164 Tonnen Rückbaumaterial abtransportiert. Der grösste Teil davon war Betonabbruch, welcher auf der Baustelle (48%) oder ausserhalb (30%) zu RC-Kies aufbereitet wurde.

Die Stoffflüsse der Rückbaumaterialien

Systembeschreibung

In der Abbildung 5 ist das System mit den Materialflüssen und Prozessen, welche sich aus dem Rückbau des alten Stadions und der Entsorgung/Verwertung der Baurestmasse ergaben, dargestellt.

Das System ist in zwei Subsysteme unterteilt: links das Subsystem "Baustelle Letzigrund" und rechts „Ausserhalb der Baustelle“. Im Subsystem "Baustelle Letzigrund" befinden sich die Flüsse und Prozesse, welche die Abläufe während des Rückbaus auf der Baustelle abbilden. Auf der Baustelle wurde beispielsweise ein Teil des Betonabbruches aufbereitet, ein Teil des aufbereiteten Materials wurde für den Bau des neuen Stadions verwendet. Dies ist in der Abbildung 5 gut erkennbar. Im System sind die Prozess und Flüsse, welche sich aus den Aushubarbeiten ergaben, explizit ausgeklammert. Diese Flüsse sind um ein Vielfaches grösser, so dass sie separat im nächsten Abschnitt 4.2 dargestellt werden. Im Subsystem „Ausserhalb der Baustelle“ befinden sich die externen Prozesse Sortierung, Aufbereitung, Recycling und Entsorgung.

Beschreibung der Flüsse

Der grösste Teil der Rückbaumaterialien beanspruchte der **Betonabbruch** mit 78 %. Über die Hälfte des Betonabbruchs konnte direkt auf der Baustelle aufbereitet werden. Grössere Betonabbruchstücke wurden gebrochen und das Eisen (Armierung) wurde magnetisch entfernt.

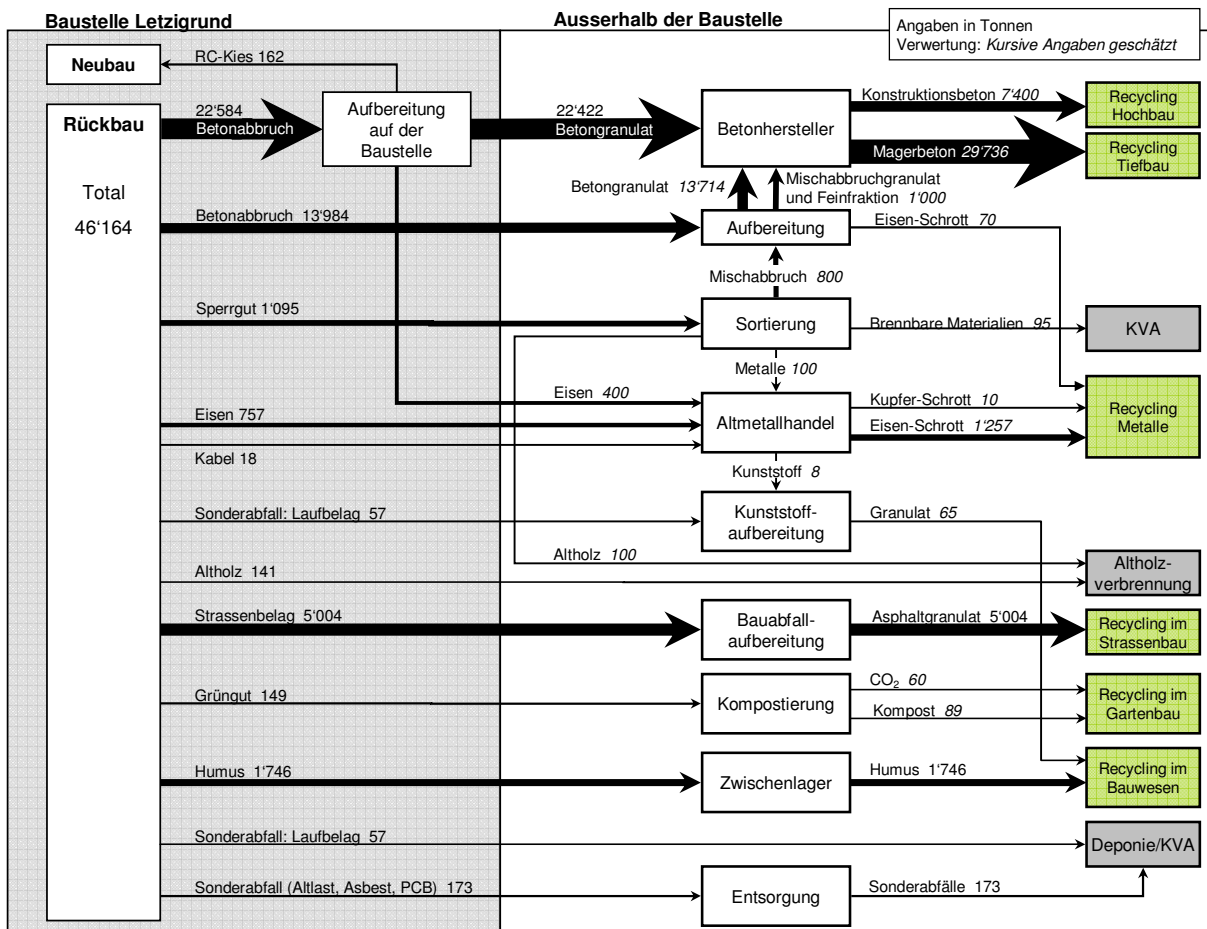


Abbildung 5: Flussdiagramm der Rückbaumaterialien und ihre Verwertung, Angaben in Tonnen.

Der entstandene RC-Kies (Betongranulat) wurde im Innern des Stadions zwischengelagert und anschliessend während mehrerer Monate zu verschiedenen Recyclingunternehmen transportiert, welche daraus Magerbeton für den Tiefbau und Konstruktionsbeton für den Hochbau herstellten. Der andere Teil des Betonabbruches wurde in Aufbereitungswerke ausserhalb des Stadions gebracht und dort ebenfalls zu Betongranulat (RC-Kies) verarbeitet. Der grössere Teil des RC-Betons wurde im Tiefbau eingesetzt, frühere Controllingprojekte zeigen, dass dies rund 80 % sind.

In der Tabelle 15 sind die Rückbaumaterialien geordnet nach Outputfraktionen zusammengefasst. Dort sind auch die Zielprozesse der Verwertung nochmals detaillierter beschrieben.

Die Fraktion **Sperrgut** umfasst ein Gemisch aus mineralischen und nicht mineralischen Rückbaustoffen. Dieses Material (3 %) gelangte auf eine Bauschutt-sortieranlage. Da die genaue Zusammensetzung dieser Fraktion nicht bekannt ist, können nur Erfahrungswerte aus dem durchschnittlichen Output dieser Anlage angenommen werden:

Je 10 % entfallen auf Metalle, brennbare Materialien und Altholz. Die Metalle werden über den Metallhandel dem Metall-Recycling zugeführt, die brennbaren Materialien werden in der KVA entsorgt, das Altholz in einer Altholzverbrennungsanlage. Die KVA und die Altholzverbrennungsanlage nutzen dabei die Energie der Materialien um Strom – in der Altholzverbrennungsanlage Ökostrom – und Wärme zu erhalten.

Die Metalle **Eisen** und **Kupfer** (zusammen 4 %) werden zu Altmetallhändlern transportiert. Das Alteisen wird von dort als Eisen-Schrott der Stahlproduktion im Inland zugeführt. Kupfer (Drähte, Leitungen) wird als Kupfer angenommen, wenn der Kupferanteil grösser als 44 Massenprozent ist. Dünnere Drähte werden direkt weitergeliefert, dicke Drähte werden auf dem Areal „geschlitzt“, d. h. von der Isolation getrennt. Das Isolationsmaterial wird der Kunststoffaufbereitung übergeben, welche daraus Granulat herstellt. Das verbleibende hochwertige Kupfer der Drähte wird den Kupferhütten weiterverkauft.

Tabelle 15: Die Outputfraktionen und ihre Aufbereitung

Outputfraktionen	Verwertung, Aufbereitung	Zielprozess
Laufbelag	Hälfte zu Neumatico, Herstellung von Granulat, andere Hälfte zu Deponie Tännlimoos	Granulat zu Stallmatten, Lärmdämmung im Hochbau, Fallschuttmatten etc. In Tännlimoos deponiert
Betonabbruch	Teilmengen auf dem Areal aufbereitet (gebrochen), der Rest ausserhalb aufbereitet	1 % auf der Baustelle eingesetzt, der Rest zu Unternehmen innerhalb und ausserhalb der Stadt für RC-Betonproduktion und RC-Kies
Belag	Herstellung von Asphaltgranulat	Wiederverwendung im Strassenbau
Sperrgut und Bauschutt	Sortieren nach Mischabbruch (→ Mischabbruchgranulat), Feinfraktion, Holz, brennbare Abfälle	Mischabbruchgranulat und Feinfraktion in Magerbeton für Tiefbau oder in Deponie, Holz in Biomassekraftwerk, brennbare Abfälle in KVA
Stahl	Metallhandel	Wiederverwendung im Inland
Kabel	Metallhandel, Kabel z. T. „schlitzen“ (von Isolation trennen)	Dünne Kabel weiter aufbereiten, Kupfer-Schrott weiterleiten ins Ausland
Holz	Produktion von Ökostrom in Biomassekraftwerk	Strom und Wärmegewinnung
Grüngut	Kompostierung	Kompost
Humus	Zwischenlagern	Wieder einsetzen als Humus
Asbest	Deponieren	Inertstoffdeponie
PCB	Als Sondermüll entsorgen	Deponie; abgemacht war KVA

Vom **Laufbahnbelag** (Sonderabfall, weniger als 1 % Anteil am totalen Rückbaumaterial) konnte rund die Hälfte an eine Kunststoffaufbereitungsfirma (Neumatico AG) geliefert werden. Diese stellte daraus Granulat her. Unter anderem können mit diesem Granulat Schalldämmungsprodukte für den Hochbau, Stall-Matten (für Kühe und Schweine), und Fallschutzmatten hergestellt werden. Die andere Hälfte des Laufbahnbelages wurde deponiert. Die Dokumentation der Entsorgung dieser Sonderabfälle hat die Firma Gysi Leoni Mader AG in ihrem Bericht aufgeführt.

Das **Altholz** (weniger als 1%) wurde vollumfänglich der thermischen Nutzung in einer Altholzverbrennungsanlage zugeführt, welche daraus Ökostrom und Wärme produziert.

Der **Strassenbelag** (Ausbauasphalt) wird vollständig zu Asphaltgranulat aufbereitet, welches im Strassenbau wieder eingesetzt werden kann.

Das **Grüngut** (weniger als 1%) wird kompostiert. Das dabei freigesetzte CO₂ und der entstandene Kompost werden im Gartenbau wieder eingesetzt: Der Kompost dient als Dünger, das CO₂ kann von den dort wachsenden Pflanzen wieder aufgenommen werden.

Der **Humus** – die oberste Schicht des abgetragenen Bodens – wurde vollumfänglich in der Stadt Zürich oder nahe an der Stadtgrenze wiederverwertet.

Ein geringer Teil der Rückbaumaterialien sind **Sonderabfälle** und andere kontrollpflichtige Abfälle (S und ak Abfälle nach der Verordnung über den Verkehr mit Abfällen VeVA). Es handelt sich dabei um 10 Tonnen asbesthaltige Abfälle und um 1 Tonne PCB-haltige Dichtungen. Diese Sonderabfälle mussten deponiert werden. 162 Tonnen Altlast wurden auf einer Inertstoffdeponie entsorgt. **Die korrekte Entsorgung der Sonderabfälle Asbest und PCB kann leider nicht dokumentiert werden.** Uns wurden keine Begleitscheine für Abgabe, Transport und Entsorgung zugestellt, obwohl wir verschiedentlich darum baten. Hier bleibt anzumerken, dass der Abgeber der Sonderabfälle für die korrekte Entsorgung verantwortlich ist. In diesem Fall war das die Bauherrschaft bzw. deren. Der Transporteur (Richi & Co.) darf allerdings keine Sonderabfälle ohne Begleitschein transportieren. Zudem hat er die Materialien offenbar nicht so entsorgt, wie es vorgängig abgemacht wurde.

Der grösste Teil der Rückbaustoffe konnte somit rezykliert oder thermisch verwertet werden. Die Tabelle 16 zeigt dazu die Verwertungsquoten für die einzelnen Fraktionen. Über das gesamte Projekt gesehen, liegt damit die Recycling-Quote bei 98 %! Dieser Wert ist so hoch, weil das alte Stadion „einfach“ aufgebaut war. Die meisten Materialien liessen sich sauber trennen (Beton, Strassenbelag, Metalle). Zudem enthielt das alte Stadion relativ wenig Mauerwerk. Damit entstand nur wenig Mischabbruch, welcher bei anderen Rückbauten oft deponiert wird.

Tabelle 16: Verwertungsquoten der Rückbaumaterialien.

Rückbaumaterial	Recycling Tonnen	Energie Tonnen	Deponie Tonnen	Total Tonnen	Anteil rezykliert
Betonabbruch	36'568			36'568	100%
Belag	5'004			5'004	100%
Humus	1'746			1'746	100%
Metalle	1'175			1'175	100%
Sperrgut und Bauschutt	895	200		1'095	82%
Altholz		141		141	0%
Grüngut	149			149	100%
Asbest, PCB, Altlast			173	173	0%
Laufbelag	57		57	114	50%
Total	45'594	341	230	46'165	99%
	98.8%	0.7%	0.5%	100%	

4.2 Stoffflüsse beim Neubau: Aushub und Kies (Limmattalschotter)

In der Abbildung 6 sind die Prozesse und Materialflüsse des Aushubmaterials und des Limmattalschotters dargestellt. Das System ist in dieser Darstellung wiederum zweigeteilt: links das Sub-System "Baustelle Letzigrund" mit der internen Verwertung von Aushub und Kies, rechts das Sub-System "Ausserhalb der Baustelle" mit der Deponie, den Baustellen in der Stadt Zürich und den Baustellen ausserhalb der Stadt Zürich. Das Depot Geerenweg liegt ebenfalls ausserhalb der Baustelle. Die Materialflüsse ab dem Depot Geerenweg wurden im Rahmen des Projektes nicht erhoben und können daher nicht quantifiziert werden.

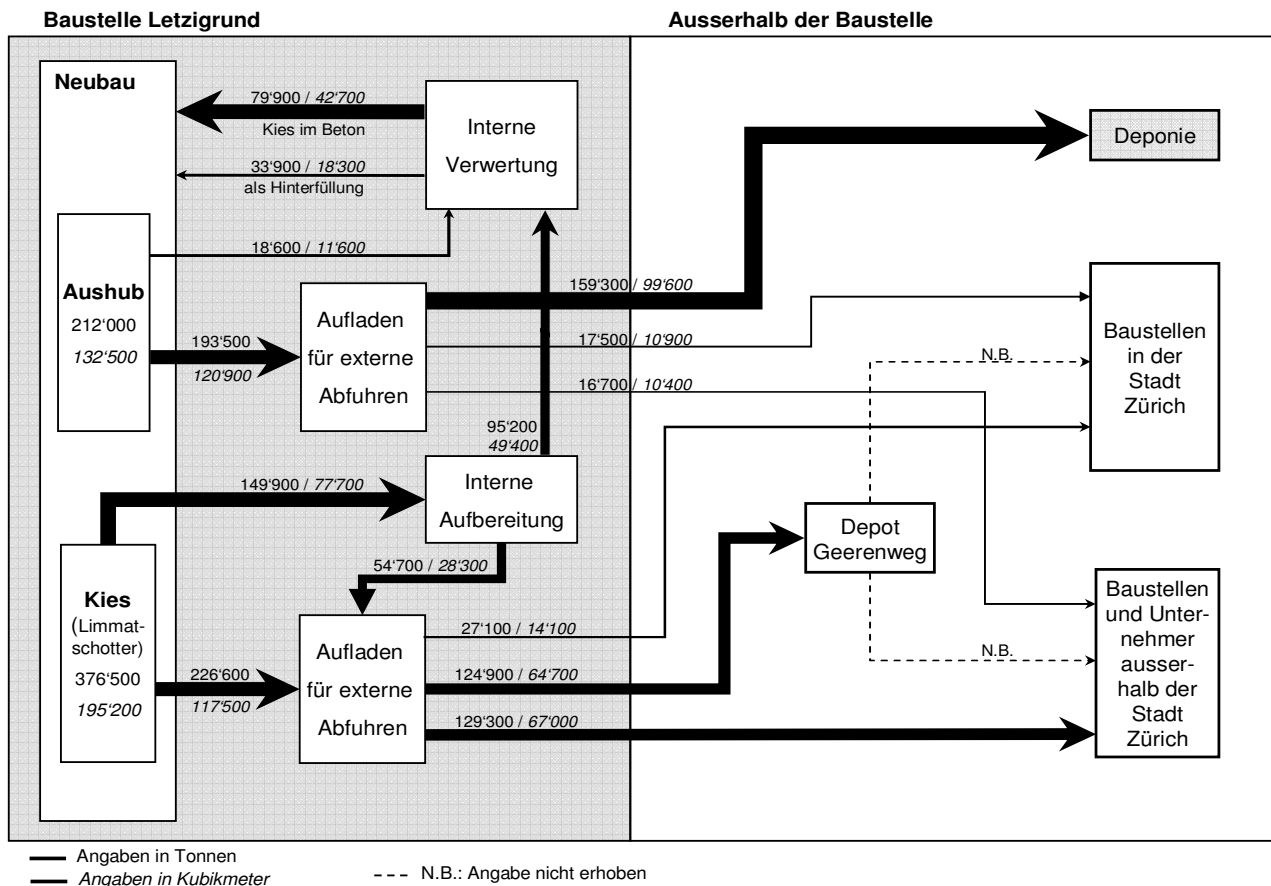


Abbildung 6: Die Massenflüsse und Volumina von Aushub und Kies (Limmattalschotter) innerhalb und ausserhalb der Baustelle (angenommene Dichte von Kies: 1.93 t/m^3 , Dichte von Aushub: 1.60 t/m^3). Die Flüsse in der Abbildung sind in Tonnen und in Kubikmetern (*kursiv*) angegeben. Von den 149'900 t Kies, welche in die interne Aufbereitung gingen, konnten 95'200 t als Beton-Kies und für Hinterfüllungen eingesetzt werden, der Rest verliess die Baustelle als Über- oder Unterkorn.

In dieser Darstellung fließen verschiedene zusätzliche Informationen ein. Bisher dienten alleine die *excel*-files der transportierten Volumina als Basis der Berechnung. Dort sind aber verschiedene Doppelzählungen der Massenflüsse enthalten. So wurde vor allem der verwertbare Limmattalschotter, welcher für die Betonproduktion vor ort verwendet werden sollte, zum internen Materiallager gefahren (=interner Transport). Von diesem Limmattalschotter konnte aber nur ca. 55 % intern verwendet werden. Die restlichen 45 % verliessen die Baustelle als Über- oder Unterkorn (=Abfuhr), welches auf externen Baustellen wieder eingesetzt wurde. Diese 45% wurden also bei den Transporten zweimal erfasst. Zudem wurden ca. 10 % des intern transportierten Materials ein weiteres Mal intern verschoben (umplatziert). Für die Berechnung der effektiven Stoffflüsse (Massen) mussten diese Doppelzählungen eliminiert werden. Da die Abfahren bekannt sind, konnte mit Angaben von Herrn J. Richi zu der Betonproduktion auf der Baustelle die total

ausgehobene Menge von Aushub und Kies „rückwärts“ berechnet werden. Die dadurch erhalten Mengen von Kies und Aushub weichen von den transportierten Mengen ab. Insgesamt machen die Doppelzählungen beim Aushub ca. 5'000 m³ aus, beim Kies hingegen sind es über 30'000 m³ um welche die effektiven Mengen tiefer sind als die erfassten Transporte.

Für die Umrechnung der Volumina auf die Massenflüsse in Tonnen wurden Schüttdichten von 1'600 kg/m³ für Aushub und 1'930 kg/m³ für Kies eingesetzt. Gut 40 % des Kieses gelangte in den Aufbereitungsprozess auf der Baustelle. Davon konnten 95'200 Tonnen (40'400 m³) als Beton-Kies und Material für Hinterfüllungen für den Neubau eingesetzt werden. Die restlichen 54'700 Tonnen (25'500 m³) verliessen die Baustelle als Über- oder Unterkorn. Diese Fraktionen konnte aber auf anderen Baustellen wieder verwendet werden. Ein Drittel des Kieses wurde auf dem Depot Geerenweg zwischengelagert und über ein Drittel des Kieses wurde zu Baustellen ausserhalb der Stadt Zürich gefahren. Vom Aushub konnten gut 9 % intern eingesetzt werden. Rund 15 % wurde auf andere Baustellen geführt, 75 % wurden deponiert. Das saubere Aushubmaterial dient zur Wiederauffüllung bestehender Kiesgruben.

4.3 Zeitreihe der Materialflüsse

Der Verlauf der Transportleistungen kann als Zeitreihe dargestellt werden (Abbildung 7). Allerdings wurden nicht alle Fraktionen einzeln sondern nur das Aushubmaterial, der Kies und der "Rest" aufgetragen, der "Rest" umfasst somit alle Rückbaumaterialien sowie den RC-Kies.

Der Verlauf des Projektes in zwei Etappen ist in der Abbildung gut zu erkennen. Begonnen wurde im November 2005. Die erste Etappe dauerte bis und mit dem Leichtathletik-Meeting Anfang August 2006. Während der ersten Etappe wurde ausserhalb des alten Stadions die Aushubarbeiten für die Westtribüne und die darin befindlichen Gebäudeteile ausgeführt. Ab August 2006 erfolgte der Rückbau des Stadions und die Tieferlegung des Innenfeldes. Die damit verbundene intensive Aushubtätigkeit äusserte sich auch in einer stark erhöhten Transportintensität, welche im November 2006 ihr Maximum mit über 65'000 m³ erreichte, was einer durchschnittlichen Tagesleistung von knapp 3'000 m³ entspricht. Gegen Ende der 2. Etappe kam dann noch etwas Aushub von den Aussenplätzen dazu.

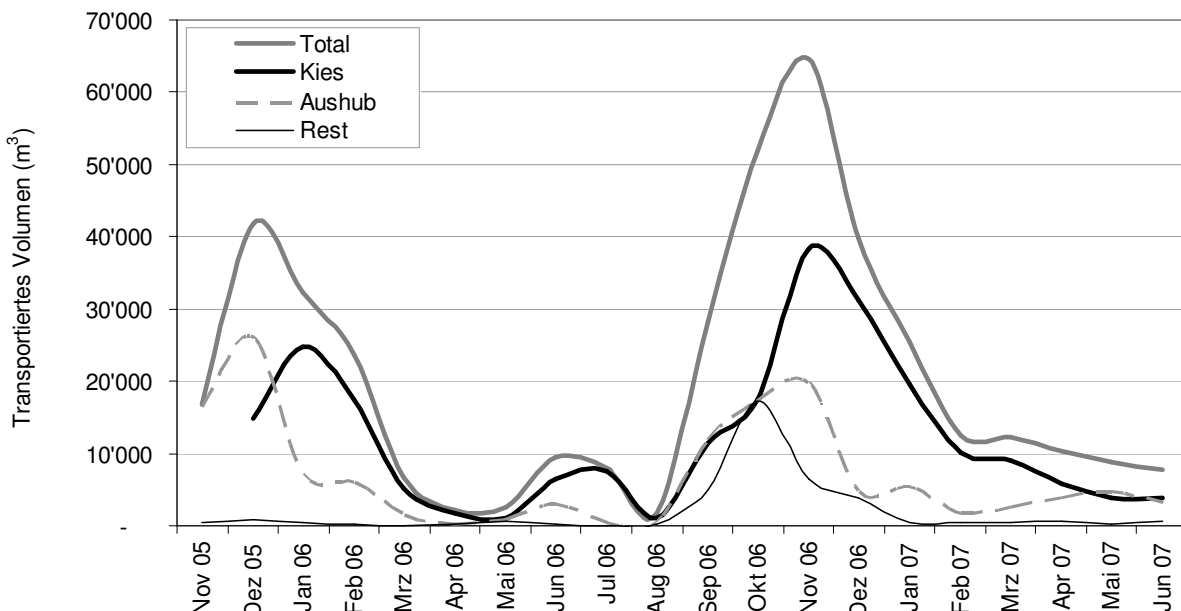


Abbildung 7: Zeitreihe der Transporte (interne Verschiebung und Abfahren) während der ersten und zweiten Etappe von November 2005 bis und mit Juni 2007. Der Höhepunkt der Aktivitäten wurde im November 2006 erreicht, als über 65'000 m³ Material transportiert wurden.

5 Materialbilanz im Vergleich

5.1 Vergleich der Daten

Mit dem Abschluss der Rückbau- und Aushubarbeiten ist es nun möglich, den Vergleich zwischen den prognostizierten und den effektiven Mengen zu machen. Auch hier sind die berechneten Mengen und nicht die erfassten Transporte zugrunde gelegt (siehe Abschnitt 4.2). In der Abbildung 8 sind dazu die entsprechenden Werte dargestellt. Insgesamt wurde mehr Aushubmaterial und weniger Kies ausgehoben als die Prognose erwarten liess. Allerdings ist die Zuordnung Aushub-Kies nicht immer eindeutig und daher mit gewisser Vorsicht zu geniessen. Für die Interpretation halten wir uns daher an die totalen Mengen.

Die Prognose aus der TU-Submission stimmt mit den berechneten Mengen für Aushub und Kies gut überein. In der Submission wurde die Materialmenge, welche auf der Baustelle wieder verwendet wird (Kies und Aushubmaterial), tiefer geschätzt. Damals wurde nicht damit gerechnet, dass ein solch grosser Anteil Beton vor Ort produziert werden kann. Bei den rund 16'500 m³ Aushubmaterial, welche zusätzlich verwendet werden konnten, könnte es sich auch um Kies handeln, da die Materialzuordnung nicht immer eindeutig ist. Zudem ist erkennbar, dass mehr Aushubmaterial und weniger Kies als prognostiziert angefallen sind. Das Total der Prognose liegt um rund 7 % höher als die berechneten Mengen des ausgehobenen Materials (Total von Kies und Aushub, intern und abgeführt).

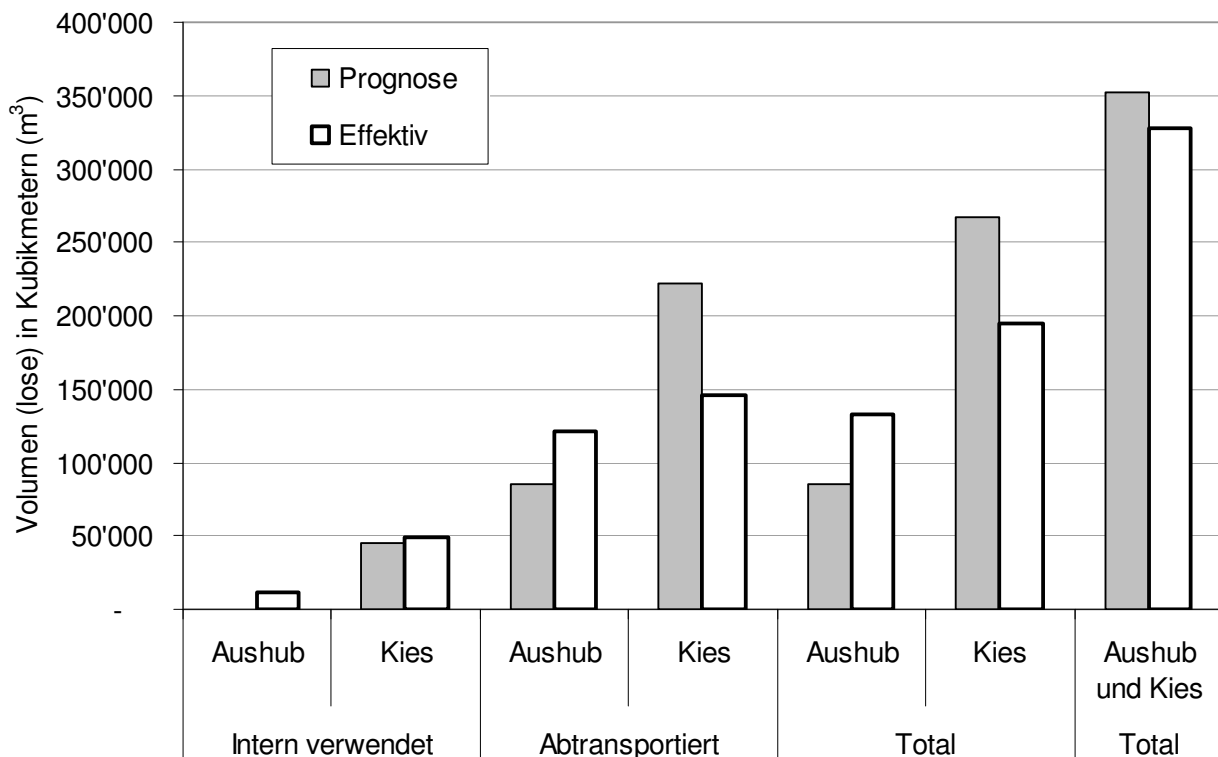


Abbildung 8: Vergleich der prognostizierten und der effektiv transportierten Volumina von Aushubmaterial und Kies (Limmatschotter). Die Prognose für das Total liegt um 7 % höher als die effektiven Mengen.

In der Tabelle 17 sind die prognostizierten und effektiv transportierten Volumina von Aushubmaterial und Kies (Limmattalschotter) aufgeführt.

Tabelle 17: Vergleich der prognostizierten und effektiv ausgehobenen Volumina von Aushubmaterial und Kies (Limmattalschotter).

	Total	
	Prognose m ³	Effektive Mengen m ³
Aushubmaterial		
Intern verwendet	-	11'600
Abtransportiert	85'418	120'900
Total Aushubmaterial	85'418	132'500
Kies (Limmattalschotter)		
Intern verwendet	45'030	49'400
Abtransportiert	221'432	145'800
Total Kies (Limmattalschotter)	266'462	195'200
Vertrag Kies (Limmattalschotter)		201'000
Aushub und Kies		
Intern verwendet	45'030	61'000
Abtransportiert	306'850	266'700
Total Aushub und Kies	351'880	327'700

Die Summe an ausgehobenen Kies liegt bei 195'200 m³ und damit rund 70'000 m³ unter der prognostizierten Menge (266'000 m³). Demgegenüber steht eine deutlich höhere Menge an Aushubmaterial mit 132'000 m³ (prognostiziert wurden 85'500 m³). Auch hier zeigt sich, dass die Zuordnung Aushub-Kies nicht immer eindeutig ist. Das Total der Prognose von Aushub und Kies (zusammengezählt) liegt nur um 24'000 m³ über den effektiven Mengen, was einer Abweichung von rund 7% entspricht.

Insgesamt stimmt die prognostizierte Materialbilanz bezüglich der totalen Aushubkubatur relativ gut mit den tatsächlich ausgehobenen und transportierten Mengen überein. Aufgrund des vermehrten Einsatzes des vor Ort produzierten Betons aus ausgehobenem Kies konnte intern mehr Material wiederverwendet werden als vorgesehen war. Die höhere Menge an Aushubmaterial und geringere Menge an Kies im Vergleich zur Prognose ist schwierig zu interpretieren. Grund dafür ist die unterschiedliche Interpretation der Qualität des Aushubmaterials und damit der Zuordnung zu Kies bzw. Aushubmaterial. Wird ein Teil des Aushubmaterials dem Kies zugeordnet, hat dies einen starken Einfluss auf die Kies- und Aushubbilanzen. Insgesamt weisen die Daten eher darauf hin, dass rund 15 % mehr Aushubmaterial abtransportiert werden musste als vorgesehen war.

Fazit

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Materialbewirtschaftungskonzept für die Aushub- und Rückbaumaterialien erfolgreich umgesetzt werden konnte. Trotz des relativ komplexen Materialbewirtschaftungskonzeptes, mit dem internen Kieslager für die Betonproduktion vor Ort, dem Zwischenlager Geerenweg, den verschiedenen Umweltauflagen usw. konnten die geforderten Transportkapazitäten in jeder Phase des Projektes zur Verfügung gestellt werden.

Als wichtiges Element zur erfolgreichen Umsetzung des Projektes ist die frühzeitige Planung des Materialmanagements zu erwähnen. Die gute Einbindung des Materialmanagements und der ökologischen Vorgaben in die Submissionsunterlagen bildeten wichtige Voraussetzungen, um die beteiligten Unternehmen auf den richtigen Kurs zu bringen. Nur so konnten entscheidende Prozessschritte, wie z.B. der Verkauf des Kieses vor der Submission, überhaupt umgesetzt werden. Die Systemgrenze wurde bei diesem Projekt weiter als üblich gezogen. Der Einbezug des Zwischenlagers am Geerenweg für die Deponierung und spätere Feinverteilung des Limmattalschotters auf verschiedenen Baustellen in der Stadt Zürich war ein zentraler Aspekt des gesamten Materialmanagements. Damit konnten die Transportwege kurz und die Transportintensität hoch gehalten werden.

Dies äussert sich dann auch in einer positiven Umweltbilanz bezüglich den Emissionen durch die Kies- und Aushubtransporte. Neben den kurzen Wegen zum Zwischenlager Geerenweg konnten durch die Verwendung von annähernd einem Fünftel des ausgehobenen Materiales (Kies und Aushub) für die Betonproduktion vor Ort und für Hinterfüllungen erhebliche Transporte vermieden werden. Das heisst, es wurde nicht nur weniger Material abtransportiert, sondern es musste auch weniger Material zugeführt werden.

In der Tabelle 18 sind die transportierten Volumen, die Anzahl Fahrten, die mittleren Distanzen zu den Verwertungs- und Entsorgungsorten sowie die spezifischen Emissionen in Gramm pro transportiertem Kubikmeter Material zusammengefasst. Die angegebenen Werte beziehen sich jeweils auf die Hinfahrten zu den Zielorten. Über sämtliche Materialien gesehen, werden die Zielwerte des BAFU* für Flächenbaustellen für CO₂ (Zielwert 1'200 g/m³) und NO_x (10 g/m³) deutlich eingehalten. Die in der Tabelle 18 angegebenen Werte beziehen sich zudem nur auf die externen Transporte. Würden die vermiedenen Transporte (wie oben erwähnt) mit berücksichtigt, lägen die spezifischen Emissionen nochmals deutlich tiefer.

Tabelle 18: Die Emissionen, welche durch den Neubau "Letziggrund" aufgrund der Transporte von Rückbau, Kies und Aushubmaterial ausgelöst wurden (nur Abfahren, ohne interne Transporte).

	Volumen	externe Fahrten	Mittlere Distanz	Emission NO _x *	Emission CO ₂ *	Emission Partikel*
	m ³	Anzahl	km/Fahrt	g/m ³	g/m ³	g/m ³
Aushubmaterial	120'900	8'638	21.8	8.33	1'287	0.241
Limmatschotter (Kies)	145'800	14'575	6.0	3.23	499	0.094
Rückbaumaterial	40'360	2'854	8.4	3.18	491	0.092
Total	307'060	26'067	12.1	5.23	743	0.139

*Emissionsfaktoren: NO_x: 5.35 g/km, CO₂: 826 g/km, Partikel: 0.155 g/km, bezogen auf Einwegfahrten

Quelle: Luftreinhaltung bei Bauprozessen, BUWAL 2001, Tabelle 14

* Luftreinhaltung bei Bauprozessen, BUWAL 2001, Tabelle 13.

In der Tabelle 19 sind die Daten, welche im Zusammenhang mit der Begleitung des Rückbaus erhoben wurden, mit anderen Projekten der Stadt Zürich verglichen. Auch hier zeigt sich, dass das Projekt "Stadion Letzigrund" bezüglich den spezifischen Emissionen sehr gut abschneidet. Der Grund dafür ist die deutlich tiefere mittlere Transportdistanz zu den Zielorten. Ein weiterer Grund für die tiefen spezifischen Emissionen ist darin zu sehen, dass 99 % der zurückgebauten Materialien wieder verwertet wurden. Da die Aufbereitungsanlagen für die mineralischen Rückbaustoffe meist an der Stadtgrenze liegen und für die Entsorgung in den Inertstoffdeponien weitere Distanzen zurückgelegt werden müssen, führen hohe Recyclingquoten meist auch tieferen mittleren Transportdistanzen. Im vorliegenden Projekt war die Distanz zur Aufbereitungsanlage der Firma Richi & Co. mit 8 km besonders kurz.

Tabelle 19: Vergleich der Materialmengen und der Emissionen der Transporte für die Entsorgung und Verwertung der Bauabfälle aus dem Rückbau des alten Stadions und vier älteren Umbau- und Rückbauprojekten.

	Rückbau- material	Mittl. Distanz	Emission NO_x*	Emission CO₂*	Emission Partikel*
	Tonnen	km	g/t	g/t	g/t
Rückbau Letzigrund	46'164	8	2.8	430	0.08
Rückbau Werdwies	31'000	13	5.1	787	0.15
Rückbau SH Falletschen	8'300	23	7.0	1'087	0.20
Umbau VZ Werd	3'670	21	20.1	3'100	0.58
Umbau Spital Triemli	2'912	41	21.4	3'307	4.62

*g/t: Gramm Emissionen pro Tonne Rückbaumaterial, auf Einwegfahrten bezogen

Emissionsfaktoren: NO_x: 5.35 g/km, CO₂: 826 g/km, Partikel: 0.155 g/km

Quelle: Luftreinhaltung bei Bauprozessen, BUWAL 2001, Tabelle 14

Eine weiterer wichtiger Faktor, welcher zu einer erfolgreichen Umsetzung des Materialmanagements und vor allem auch der damit verbundenen Auflagen im Bereich der Umweltschutzmassnahmen beiträgt, ist die ständige Baubegleitung durch die Umweltfachleute (Controlling der Rückbau- und Aushubarbeiten, Kontrolle der eingesetzten Fahrzeuge, Umweltbaubegleitung). Nur so konnte kurzfristig auf Fehlentwicklungen reagiert und konstruktive Lösungen erarbeitet werden.

Trotz schwieriger Rahmenbedingungen (sehr enger Zeitplan) gelang es damit, ein effizientes Materialmanagement aufzuziehen und die ökologischen Vorgaben zu erfüllen oder gar zu übertreffen. Mit der Umsetzung des Konzeptes konnten markante ökonomische Vorteile erzielt werden. Übertrafen doch die erzielten Einsparungen den erhöhten Planungsaufwand um ein Vielfaches.

Bilder



Bauverlauf I (Oktober 2006)



Bauverlauf II (November 2006)



Bauverlauf III (Dezember 2006)



Bauverlauf IV (Januar 2007)



Bauverlauf V (Februar 2007)



Bauverlauf VI (März 2007)



Bauverlauf VII (Mai 2007)



Zwischenlager von Aushub (Januar 2007)



Kies (Limmatschotter) (November 2006)



Kies (Limmatschotter) (Dezember 2006)



Aufbereitung von Kies (Oktober 2006)



Aufbereitung von Kies und Betonproduktion vor Ort (März 2007)



Kieslager für die Aufbereitung (November 2006)



Kieslager für die Aufbereitung (Februar 2007)



Zwischenlager RC-Kies (November 2006)



Neubau und Rückbau dicht beieinander (Dezember 2006)



Rückbau (November 2006)



Rückbau (November 2006)



Depot Geerenweg (Januar 2007)



Depot Geerenweg (April 2007)

Anhang

Abbildung 9: Massnahmen aus dem UBB-Pflichtenheft der Buchhofer Barbe AG.

Nr.	Massnahme	Pflichten UBB-TU	Pflichten UBB-Controller
Ma-1	Konzept Materialflüsse (Baubew.-Auflage Nr. 152)	a) Erfassen der relevanten Materialflüsse mittels Excel-Files (Limmschotter)	Controlling gemäss Massnahme All-5
		b) Report an UBB-Controller 1x/Monat während Aushubphase	
		c) Bericht an USF nach Abschluss der Aushubarbeiten	
Ma-3	Bauabfälle vermeiden, wiederverwerten, trennen und fachgerecht entsorgen (Baubew.-Auflage Nr. 154)	Durchführen der Massnahme	Controlling gemäss Massnahme All-5
Lu-4	Einsatz von Lastwagen mit EURO-3-Abgasnorm und Verwendung von schwefelfreiem Dieseltreibstoff für den Transport der Aushub- und Abbruchmaterialien (Baubew.-Auflage Nr. 153)	a) Durchführen der Massnahme	Controlling gemäss Massnahme All-5
		b) Führen einer Liste der eingesetzten Lastwagen inkl. Angabe der Abgasnorm, des verwendeten Treibstoffs und der benutzten Tankstellen	
		c) 1x/Monat Report an UBB-Controller	

Tabelle 20: Kiestransporte (Abfahren) nach Bestimmungsort und Euro-Emissionscode.

	Distanz	Volumen	Fahrten	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	N.B.*	Total
	km	m ³	Anzahl	km	km	km	km	km	km	km	km
Geerenweg	2.5	64'687	6'469	110	135	988	13'821	866	95	158	16'172
AGIR, Dietikon	8.0	30'918	3'092	80	48	1'073	19'988	1'478	1'964	104	24'734
Richi Weiningen	7.9	18'406	1'841	1'808	155	3'198	7'992	543	807	39	14'540
KW Regensdorf	9.3	4'150	415	430	-	18	3'075	-	337	-	3'860
Juchhof ZH	5.7	4'034	403	171	57	1'072	932	-	68	-	2'299
DHL Regensdorf	9.3	2'700	270	-	-	426	1'904	181	-	-	2'511
Talwiesen ZH	3.0	2'129	213	42	-	353	233	-	11	-	639
LUWA ZH	3.0	1'453	145	-	-	12	400	23	-	-	436
Horgen	22.0	1'448	145	-	-	-	2'944	242	-	-	3'186
Frauenthal ZH	5.0	1'400	140	-	-	245	330	65	60	-	700
Stadt Zürich (51)	5.0	6'623	662	156	25	761	2'215	25	76	54	3'312
Umgebung (41)	20.0	7'804	780	190	880	2'250	9'517	1'694	850	227	15'608
Total	6.04**	145'751	14'575	2'987	1'300	10'395	63'350	5'117	4'267	581	87'996
				3%	1%	12%	72%	6%	5%	1%	100%

* N.B. Nicht bekannt

**mittlere Strecke pro Fahrt

Tabelle 21: Aushubtransporte (Abfahren) nach Bestimmungsort und Euro-Emissionscode.

	Distanz	Volumen	Fahrten	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	N.B.*	Total
	km	m3	Anzahl	km	km	km	km	km	km	km	km
Hüntwangen	30.6	45'508	3'251	33	-	631	91'249	3'903	852	2'799	99'466
Wil	31.8	17'875	1'277	-	34	2'294	14'175	13'393	1'013	9'692	40'602
Zelgli Unterengstringen	8.0	10'726	766	-	-	20	5'837	272	-	-	6'129
DEBAG	1.0	7'266	519	-	100	2	397	21	-	-	519
AGIR, Dietikon	8.0	6'854	490	-	-	-	3'023	171	-	723	3'916
Weiach	32.4	4'353	311	-	106	193	8'326	1'448	-	-	10'073
Stadel	26.5	4'314	308	-	-	-	6'334	583	199	1'051	8'166
Würenlos	16.3	4'172	298	-	-	94	3'038	1'377	-	348	4'857
Bdorferstr. ZH	2.0	2'236	160	130	-	20	170	-	-	-	319
Richi Weiningen	7.9	1'716	123	-	7	17	625	320	-	-	968
Glattfelden	26.5	1'067	76	-	-	41	1'008	580	-	391	2'020
Schlieren	5.0	897	64	-	-	-	173	148	-	-	320
Hohlstr. ZH	2.0	886	63	-	-	10	117	-	-	-	127
Hätzlergass ZH	2.0	862	62	-	-	16	107	-	-	-	123
Baustellen Stadt Zürich (29)	5.0	6'977	498	-	-	279	1'981	168	48	16	2'492
Baustellen ausserhalb (36)	20.0	4'304	307	21	33	1'380	4'061	599	-	54	6'148
Deponien (10)	30.0	923	66	-	-	123	1'168	96	501	89	1'978
Total	21.79**	120'934	8'638	184	280	5'118	141'786	23'079	2'614	15'162	188'224
		100%		0%	0%	3%	75%	12%	1%	8%	100%

* N.B. Nicht bekannt

** mittlere Strecke pro Fahrt

Tabelle 22: Kies- und Aushubabfahren (Kilometer) nach Euro-Emissionscode.

	Kies		Aushub		Kies und Aushub	
	km	%	km	%	km	%
EURO 0	2'987	3%	184	0%	3'171	1%
EURO 1	1'300	1%	280	0%	1'580	1%
EURO 2	10'395	12%	5'118	3%	15'513	6%
EURO 3	63'350	72%	141'786	75%	205'136	74%
EURO 4	5'117	6%	23'079	12%	28'195	10%
EURO 5	4'267	5%	2'614	1%	6'881	2%
N.B.*	581	1%	15'162	8%	15'744	6%
Total	87'996	100%	188'224	100%	276'220	100%
	32%		68%		100%	

* N.B. Nicht bekannt

Tabelle 23: Materialdichten der Rückbaumaterialien in den Mulden („Lade-Dichte“)

Fraktion	Lade-Dichte kg/m ³ (in Mulde)	Quelle
Altholz	220	[2]
Altholz	202	[1]
Aluminium	88	[1]
Aufbruchasphalt	1'300	[2]
Aushub	1'600	[2]
Betonabbruch	1'600	[2]
Betonabbruch	1'718	[1]
Betonelemente	1'700	[2]
Brennbare Abfälle	104	[1]
Eisen	181	[1]
Eisenbahnschwellen	600	[2]
Gips	581	[1]
Grüngut	340	[2]
Holz naturbelassen	220	[2]
Kupfer	187	[1]
Laufbahnbelag	528	[3]
Mischabbruch	1'050	[2]
Mischabbruch	984	[1]
Betongranulat (RC-Beton)	1'650	[2]
Sperrgut mineralisch	700	[2]
Sperrgut unsortiert	300	[2]
Strassenaufbruch	1'600	[2]
Wandkies	1'930	[2]
Wurzelstöcke	380	[2]

[1] "Güterflussanalyse der Bauabfallentsorgung VZ Werd", Rubli 2003

[2] "Produkte und Preise 2007" Firma Dübendorfer, Bassersdorf

[3] Risi Baar AG