

VERWERTUNG VON BAURESTMASSEN UNTER WIRTSCHAFTLICHEN UND TECHNISCHEN ASPEKTEN

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades
„Diplomingenieur für Verfahrens- und Umwelttechnik (FH)“

Eingereicht beim: Fachhochschul-Studiengang
„Verfahrens- und Umwelttechnik“

Betreuer: Dipl.-Ing. Rudolf Neurauter

Betreuer: Dipl.-Ing. Christian Eberl

Von: Ing. Peter Bucher

Studienschwerpunkt: Umwelttechnik

Studienbeginn: 2000

Innsbruck, im Juli 2004

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Innsbruck, am 9. Juli

Vorwort

Die ersten Ansätze für dieses Diplomarbeitsthema entstanden während meiner beruflichen Tätigkeit. Dort wurden von Herrn Dipl. Ing. Dr. Helmut Hammer erstmals Fragestellungen hinsichtlich des Baurestmassenrecyclings aufgegriffen.

Herrn Dipl. Ing. Christian Eberl und Herrn Dipl. Ing. Rudolf Neurauter, unter deren Betreuung ich diese Arbeit verfasst habe, möchte ich herzlichen Dank aussprechen.

Dank gebührt auch Herrn Dipl. Ing. Clemens Krösbacher, der mir mit Rat und Tat zur Seite stand.

Für die Kooperation und Informationsbereitschaft von den Firmen,

- Derfeser Recycling & Entsorgung Pill GmbH
- Gebrüder Scheiber, Längenfeld
- Plattner & Co, Zirl

möchte ich mich ebenfalls recht herzlich bedanken.

Mein Dank gebührt nicht zuletzt meiner Familie, die mich während meines bisherigen Lebens- und Bildungsweges tatkräftig unterstützte.

Kurzfassung

Baurestmassen stellen den mit Abstand größten Anteil am Gesamtabfall. Allein durch diese Tatsache müssen effiziente Lösungen für die Wiederverwertung von Baurestmassen entwickelt und umgesetzt werden. Die Zielsetzung soll ein ökonomisch und ökologisch vernünftiger Umgang mit Baurestmassen sein.

Die derzeitigen gesetzlichen Rahmenbedingungen des Baurestmassenrecyclings und der Deponierung werden zusammengefasst und beschrieben. Die Gesetzgebung auf dem Deponie- und Recyclingsektor durchlebt ständige Änderungen mit einer Flut an neuen Gesetzen, Novellen und Richtlinien.

Die Richtlinien des Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes beinhalten genaue Produktbeschreibungen bezüglich Anforderungen, Einsatzbereiche und Qualitäten der Recyclingprodukte. Für eine erfolgreiche Umsetzung der Wiederaufbereitung ist es erforderlich, dass Qualitätsprodukte erzeugt werden, welche diesen Produktbeschreibungen entsprechen.

Es wurden Preisvergleiche und Kalkulationen von Recyclinganlagen vorgenommen. Als wesentliche Faktoren für die Wirtschaftlichkeit einer Aufbereitungsanlage ergeben sich die Durchsatzmenge und die Qualität des Recyclingproduktes.

Abstract

Building remainder masses are by far the largest portion of the total waste. Due to that efficient solutions for building remainder masses must be developed and applied. The aim is to use these building remainder masses in economic and ecological ways.

The current legislation regarding building remainder mass recycling is summarized and described. Environmental legislation is influenced by constant changes, new laws, novellas and guidelines.

The guidelines of the Austrian association of building material recycling (Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes) contain detailed recycling product descriptions concerning requirements, areas of application and qualities of the recycling products. The use of quality products represents an essential criterion for a successful reprocessing.

Price comparisons and calculations were made by recycling plants. The operational capacity and the product quality represents important factors for the economic of a processing plant.

Gliederung

- 1 Einleitung und Zielsetzung**
- 2 Begriffsbestimmungen**
- 3 Rechtliche Grundlagen**
- 4 Technische Aspekte des Baustoffrecyclings**
- 5 Wirtschaftliche Aspekte des Baustoffrecyclings**
- 6 Baurestmassenrecycling in Tirol**
- 7 Zusammenfassung**
- 8 Ausblick**
- 9 Abbildungsverzeichnis**
- 10 Abkürzungsverzeichnis**
- 11 Literaturverzeichnis**
- 12 Anhangverzeichnis**

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Einleitung und Zielsetzung.....	4
2	Begriffsbestimmungen	5
2.1	Abfallbegriffe	5
2.2	Baurestmassen	7
2.2.1	Bodenaushub	8
2.2.2	Straßenaufbruch.....	9
2.2.3	Bauschutt	10
2.2.4	Baustellenabfälle	11
3	Rechtliche Grundlagen.....	12
3.1	Gesetzliche Grundlagen betreffend Baurestmassen	12
3.1.1	Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) BGBl. Nr. 102/2002.....	12
3.1.2	Tiroler Abfallwirtschaftsgesetz (TAWG) LGBl. Nr. 44/2003	12
3.1.3	Altlastensanierungsgesetz (ALSAG) BGBl. Nr. 299/1989 idF BGBl. I Nr. 71/2003	13
3.1.4	Deponieverordnung (DepVo) BGBl. Nr. 164/1996	14
3.1.5	Baurestmassentrennverordnung BGBl. Nr. 259/1991	15
3.1.6	Abfallnachweisverordnung BGBl. Nr. 65/1991	16
3.1.7	Verordnung über mobile Anlagen zur Behandlung von Abfällen BGBl. Nr. 472/2002.....	17
3.1.8	Freiwillige Vereinbarung über Heranziehung von Recycling- Material.....	18
4	Technische Aspekte des Baustoffrecyclings.....	19
4.1	Grundlagen des Recyclings	19
4.1.1	Möglichkeiten für die Primärrohstoffschonung	19
4.1.2	Die Gewinnung und der Bedarf an Rohstoffen	20
4.1.3	Abbau von mineralischen Primärrohstoffen.....	20
4.1.4	Rohstoffbewirtschaftung	21
4.1.5	Landesspezifische Aspekte.....	22
4.1.6	Potenzial für recycelte Sekundärbaustoffe.....	22
4.1.7	Hemmnisse für Planen und Bauen mit Recycling-Baustoffen	22
4.2	Arten und Einsatzbereich von Recycling-Baustoffen	23
4.2.1	Recycling-Baustoffbezeichnung gemäß Tiroler Aufbereitungsbetrieben	23
4.2.2	Recycling-Baustoffbezeichnung gemäß dem Baustoff-Recycling Verband und deren Verwendung.....	24
4.3	Anforderungen an Recycling-Baustoffe gemäß der Bauregelwerke	25

4.3.1	ÖNORMEN	25
4.3.2	Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS)	25
4.3.3	Richtlinien des Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes.....	26
4.4	Verfahrenstechnik.....	31
4.4.1	Abbruchmethoden	31
4.4.2	Aufbereitungsanlagen.....	32
5	Wirtschaftliche Aspekte des Baustoffrecyclings	43
5.1	Qualität des Aufbereitungsproduktes im Vergleich zur Wirtschaftlichkeit	43
5.2	Vergleich Deponierung, Transport und Recycling.....	43
5.3	Gegenüberstellung der Aufbereitungs- und Deponierungskosten.....	44
5.3.1	Verwertung	44
5.3.2	Annahmepreise von Recyclingbetrieben	45
5.3.3	Verwertungskosten	45
5.3.4	Verwertungserlöse	49
5.3.5	Entsorgung.....	50
5.4	Entsorgungslogistik	50
5.5	Kalkulationsgrundlagen bei der Wiederaufbereitung.....	50
5.6	Derzeitiger Stand von Recyclinganlagen in Tirol und ihre Auslastung	51
6	Baurestmassenrecycling in Tirol	53
6.1	Abfallwirtschaft in Tirol	53
6.1.1	Geschichtlicher Überblick der Bauabfallentsorgung in Tirol.....	53
6.1.2	Abfallmengen in Tirol	53
6.1.3	Baurestmassenmengen in Tirol	56
6.1.4	Standorte der Tiroler Recyclingbetriebe.....	60
6.1.5	Mitglieder des Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes.....	61
6.2	Deponien in Tirol.....	61
6.3	Exemplarische Beschreibung von Recyclingbetrieben	61
6.3.1	Betriebsbeschreibung von der Firma Plattner & Co.....	61
6.3.2	Betriebsbeschreibung von der Firma Derfesser Recycling & Entsorgung Pill GmbH	63
6.3.3	Betriebsbeschreibung von der Firma Gebrüder Scheiber.....	64
7	Zusammenfassung.....	67
8	Ausblick	69
9	Abbildungsverzeichnis.....	70
10	Abkürzungsverzeichnis	72
11	Literaturverzeichnis.....	73
12	Anhangverzeichnis	75

1 Einleitung und Zielsetzung

Etwa die Hälfte aller anfallenden Abfälle in der westlichen Welt sind Baurestmassen. Durch effiziente Aufbereitung dieser enormen Mengen könnte die Kreislaufwirtschaft in diesem Bereich forciert werden. Da durch die Wiederaufbereitung wertvolle Ressourcen geschont, Deponievolumen klein gehalten und somit auch unsere Umwelt für nachfolgende Generationen lebenswert erhalten werden können. Die Baurestmassen enthalten wertvolle Rohstoffe, die durch entsprechende Trennung und Aufbereitung dem Stoffkreislauf zugeführt werden können. Heutzutage werden immer noch primäre mineralische Rohstoffe dort eingesetzt, wo ein qualitativ hochwertiger Recyclingbaustoff die Aufgaben zumindest gleich oder sogar besser erfüllen könnte. Deshalb sollte eine vermehrte Anwendung aufbereiteter Baurestmassen erreicht werden.

In dieser Arbeit werden die derzeitigen gesetzlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen auf dem Sektor der Baurestmassenwiederverwertung in Tirol aufgezeigt. Die Anwendungsgebiete von Sekundärbaustoffen wurden untersucht und mit dem Einsatz von Primärbaustoffen verglichen. Weiters wurden die grundlegenden Baustoffaufbereitungstechniken erläutert und die aktuelle Situation der Baurestmassenaufbereitungsfirmen in Tirol wurden recherchiert und dokumentiert. Erhebungen der Abfall- bzw. Baurestmassenmengen und deren Zusammensetzungen wurden durchgeführt. Ob eine Wirtschaftlichkeit bei der Baurestmassenaufbereitung erreicht werden kann, wurde anhand Berechnungs- bzw. Kalkulationsansätzen analysiert.

2 **Begriffsbestimmungen**

2.1 **Abfallbegriffe**

Abfälle:

Laut Abfallwirtschaftsgesetz sind Abfälle bewegliche Sachen, deren sich der Eigentümer oder Inhaber entledigen will oder entledigt hat oder deren Erfassung und Behandlung als Abfall im öffentlichen Interesse steht.¹

Baurestmassen:

Dieser Überbegriff steht für sämtliche anfallende Abfälle, die bei einer Bautätigkeit anfallen. In der technischen Literatur wird auch noch der Begriff der Baureststoffe verwendet. Baurestmassen werden in 4 primäre Gruppen eingeteilt:

- Bodenaushub
- Straßenaufbruch
- Bauschutt
- Baustellenabfälle

Das Tiroler Abfallwirtschaftsgesetz verweist hingegen auf die Deponieverordnung, die wie folgt lautet: „Baurestmassen sind ein Gemenge von bei Bau- oder Abbrucharbeiten anfallenden Materialien, wie insbesondere Bodenaushub, Betonabbruch, Asphaltaufbruch und mineralischer Bauschutt.“²

Bauschutt- und Bodenaushubdeponie:

Bezeichnung einer Bodenaushubdeponie im Sinne der Deponieverordnung. Hier wird primär Bodenaushub deponiert, es kann aber teilweise auch inerter Bauschutt abgelagert werden.³

¹ vgl. AWG 2002, S. 4 (§2).

² Deponie Verordnung, §2 (4).

³ vgl. Schiffer / Mölgg / Neuraüter, S. 5.

Restmüldeponie:

Laut Deponieverordnung wird diese Deponie als Massenabfalldeponie bezeichnet. Auf ihr wird unter anderem Restmüll, der nach der Abfalltrennung übrig bleibt, entsorgt.⁴

Schlüsselnummer:

Jede Abfallart hat eine bestimmte Schlüsselnummer, nach der sie charakterisiert und eingeteilt werden.

⁴ vgl. Schiffer / Mölgg / Neuraüter, S. 5.

2.2 Baurestmassen

Baurestmassen stellen in Tirol den größten Anteil am gesamten Abfallaufkommen dar. Der Anteil der Baurestmassen am Gesamtabfall umfasst ca. 70%. Aufgrund dieses hohen Prozentsatzes sollte den Baurestmassen erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden. So können die Deponierungsmengen gesenkt werden, denn ein Großteil dieses Materials wird leider noch viel zu oft auf Deponien endgelagert. Dabei könnte man in den bereits vorhandenen Recyclinganlagen Baurestmassen ökonomisch, wie ökologisch sinnvoll trennen und wiederverwerten.

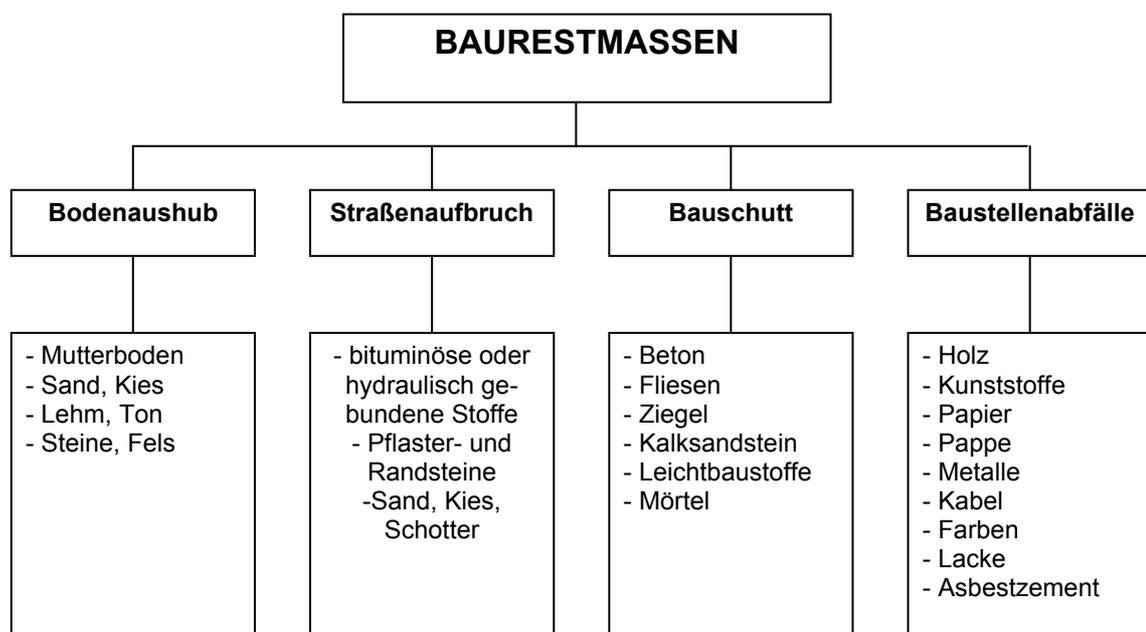


Abb. 01: Arten von Baureststoffen⁵

⁵ vgl. Lechner, S. iii.

2.2.1 Bodenaushub

Unter Bodenaushub werden alle bei Aushubtätigkeit anfallende Locker- und Festböden verstanden, die in ihrer stofflichen Zusammensetzung nicht nachteilig beeinflusst und nicht kontaminiert sind. Bodenaushub fällt fast bei allen Bautätigkeiten im Hoch-, Tief- und Erdbau an, wie etwa bei der Verlegung von Leitungen oder beim Baugrubenaushub von baulichen Anlagen.⁶

Die Zusammensetzung hängt von den örtlichen geologischen Gegebenheiten ab. Mit ca. $\frac{3}{4}$ der Gesamtbaurestmassenmenge stellen sie in Tirol den mengenmäßig größten Anteil der Baurestmassen dar.

Schlüsselnummer: 31411 „Bodenaushub“



Abb. 02: Bodenaushub, Baustelle in Imst

⁶ vgl. Lechner, S. ii.

2.2.2 Straßenaufbruch

Bei baulichen Tätigkeiten an Verkehrsflächen fallen Asphalt- bzw. Straßenaufbrüche an. Die Zusammensetzung des Aufbruches ist von den eingesetzten Materialien für die Deck- und Tragschichten von Fahrbahnen abhängig. Der Anfall kann sich über hydraulisch gebundene (Beton), bituminös gebundene (Asphalt) oder ungebundene Stoffe (Schüttgut) erstrecken.⁷

Schlüsselnummer: 54912 „Bitumen, Asphalt“



Abb. 03: Straßenaufbruch bituminös (Asphaltbruch), Firma Plattner & Co

⁷ vgl. Lechner, S. ii.

2.2.3 Bauschutt

Bauschutt besteht überwiegend aus mineralischen Abfällen, die bei Abbruch-, Rückbau- oder Umbauarbeiten von Bauwerken anfallen und nicht kontaminiert sind. Die Zusammensetzung von Bauschutt ist meist heterogen. Die Bestandteile von Bauschutt hängen von der Bauweise, dem Alter, des Einsatzzweckes und der Bautechnik, ab.

Zum Beispiel: Beton, Ziegel, Mörtel, Natursteine, Fliesen, Sand oder Kalkstein.⁸

Bei der zukünftigen Bauschuttzusammensetzung wird ein Anstieg von Beton, Aluminium, Kunststoffen, Gipskartonleichtbauplatten und diverser „Bauchemikalien“ aufgrund der heute üblichen Bauweisen zu erwarten sein.

Schlüsselnummer: 31409 „Bauschutt und/oder Brandschutt“



Abb. 04: Bauschutt, Derfesser Recycling & Entsorgung Pill

⁸ vgl. Schiffer / Mölgg / Neurauter, S. 7.

2.2.4 Baustellenabfälle

Baustellenabfälle umfassen sämtliche Rückstände, die bei Baumaßnahmen anfallen und keiner der vorhergehenden Gruppen zugeordnet werden können, wie zum Beispiel Baustoffverpackungen, Bau- und Abbruchholz, Materialreste, Leergebinde, Draht und Rohre.

Schlüsselnummer: 91206 „Baustellenabfälle“



Abb. 05: Baustellenabfall

3 Rechtliche Grundlagen

3.1 Gesetzliche Grundlagen betreffend Baurestmassen

3.1.1 Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) BGBl. Nr. 102/2002

Dieses Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft ist die Basis der abfallrechtlichen Bestimmungen, dessen wesentlicher Inhalt ist:

- Definitionen von Abfällen, Abfallanlagen und Abfallbehandlung
- Verpflichtungen bei der Sammlung, Beförderung und Behandlung von Abfällen
- Verwertungsgebot beim Abbruch von Baulichkeiten
- Deponierung
- Strafbestimmungen

3.1.2 Tiroler Abfallwirtschaftsgesetz (TAWG) LGBl. Nr. 44/2003

Das Land Tirol muss „die Errichtung und den Betrieb der lt. Abfallwirtschaftskonzept erforderlichen öffentlichen Behandlungsanlagen und Deponien sicherstellen.“⁹ Diverse Abfallverbände können Abfallbehandlungsanlagen errichten und betreiben. Bei den Baurestmassen hingegen besteht keine Verpflichtung für das Land die Entsorgung zu übernehmen, auf diesem Sektor regiert die freie Marktwirtschaft.

Im § 2 (4) wird erwähnt: „Baurestmassen sind die in der Anlage 2 der Deponieverordnung, BGBl. Nr. 164/1996, genannten Abfälle, sofern sie bei Abbruch- oder Sanierungsarbeiten anfallen.“¹⁰

Aufgrund der Novelle zum Tiroler Abfallwirtschaftsgesetz dürfen Gemeinden, aber auch Privatpersonen, Bodenaushub- und Bauschuttdeponien errichten und betreiben. Die Zuständigkeit der Landesregierung ist somit nicht gegeben.

⁹ vgl. www.tirol.gv.at, 30.07.2003.

¹⁰ TAWG, LGBl. Nr. 44/2003.

3.1.3 Altlastensanierungsgesetz (ALSAG) BGBl. Nr. 299/1989 idF BGBl. I Nr. 71/2003¹¹

Das primäre Ziel dieses Gesetzes ist es, die Nachhaltigkeit der Finanzierung und Sanierung von Altlasten zu gewährleisten. Das ALSAG schreibt Altlastenbeiträge für jede langfristige Deponierung von Abfällen, das Verfüllen von Geländeunebenheiten und das Befördern von Abfall bzw. Baurestmassen zur langfristigen Ablagerung außerhalb Österreichs vor. Es ist allerdings nicht für alle Abfälle ein ALSAG – Beitrag zu zahlen. Werden die Baurestmassen bei einer Aufbereitungsanlage abgegeben und einer Wiederverwertung zugeführt fallen keine ALSAG - Beiträge an.

Wegen der ständig wechselnden Rahmenbedingungen wurden an diesem Gesetz seit 1989 bereits 14 Änderungen vorgenommen.

Abb. 06: ALSAG – Beiträge in Euro je angefangener Tonne:

Material	Ab 1.1.2001 [Euro]	Ab 1.1.2004 [Euro]	Ab 1.1.2006 [Euro]
Für Baurestmassen bzw. (verunreinigten) Erdaushub (Aushub von Boden)	7,20	7,20	7,20
Für (verunreinigten) Erdaushub, von Aushub- oder Abraum von Boden, welcher nicht den Kriterien der Baurestmassendeponie entspricht (überschreitet)	14,50	21,80	21,80
Übrige Abfälle	43,60	65,00	87,00

Abb. 07: ALSAG – Beitragserhöhung in Euro je angefangener Tonne bei Deponien welche über kein ausreichendes Basisabdichtungssystem verfügen:

Material	Zuschlag ab 1. Jänner 2002 [Euro]
Baurestmassen	+ 2,10
Baurestmassenähnliche Abfälle	+ 14,50
Übrige Abfälle	+ 29,00

¹¹ vgl. www.brvt.at, 15.07.2003.

Abb. 08: ALSAG – Beiträge in Euro je angefangener Tonne bei Ablagerung auf Deponien laut dem Stand der Technik lt. Deponieverordnung:

Deponietyp	Ab 1.1.2001 [Euro]	Ab 1.1.2004 [Euro]
Baurestmassendeponien	5,80	7,20
Reststoffdeponien	10,90	14,50
Massenabfalldeponien	14,50	21,80

3.1.4 Deponieverordnung (DepVo) BGBl. Nr. 164/1996¹²

Diese Verordnung gilt für neu genehmigte Deponien und legt den Stand der Technik fest. Alle bestehenden Deponien müssen aufgrund der Wasserrechtsnovelle an diesen Stand der Technik angepasst werden.

Es werden 4 Deponietypen unterschieden:

- Bodenaushubdeponie
(Dep.Vo. § 4 Abs. 1)
- Baurestmassendeponie
(Dep.Vo. § 4 Abs. 2)
- Reststoffdeponie
(Dep.Vo. § 4 Abs. 3)
- Massenabfalldeponie
(Dep.Vo. § 4 Abs. 4)

Ziel dieser Verordnung ist es, die Deponien in Österreich in bautechnischer und umwelttechnischer Sicht sicher zu gestalten, den Betrieb der Deponie zu regeln und nur reaktionsarme Abfälle zu deponieren.

Reaktionsarme Abfälle sind laut Verordnung:

- TOC (Total Organic Carbon) < 5 Masse - %
- Heizwert < 6000 kJ/kg (Trockensubstanz, oberer Heizwert)¹³

¹² vgl. www.abfallwirtschaft.steiermark.at, 01.08.2003.

¹³ oberer Heizwert = freiwerdende Wärmemenge / Masse des Stoffes (zusätzliche gebildete Wasser liegt in flüssiger Form vor).

Eine Vermischung von Abfällen zur Einhaltung der Grenzwerte ist nicht zulässig. Ausnahmen im Zusammenhang mit der Nichteinhaltung des TOC – Grenzwertes von 5 Masse -% werden in der Deponieverordnung (§ 5) angeführt (z.B. Baurestmassen).

Mineralische Baurestmassen gemäß DepVo sind:

Beton, Ziegel, Mörtel und Verputz, Kies, Asphalt, Faserzement, Klinker, Stuckaturmaterial, Sand, Bitumen, Asbestzement, gebrochene natürliche Materialien, Mauersteine auf Gipsbasis, Kaminsteine und Schamotte, Kalksandstein, Naturstein, Silikatbeton, Gasbeton, Glas, Fliesen und Porzellan.

In diesen mineralischen Baurestmassen dürfen Bauwerksbestandteile wie z.B. Metall, Kunststoff, Holz und Papier mit höchstens 10 Volumenprozenten enthalten sein.

Die Deponieverordnung sieht ein zusätzliches Kriterium für die Abfallbeurteilung gegenüber den bislang üblichen Vorgaben (z.B. der ÖNORM S 2072), den Gesamtgehalt, vor.

„Mit 1. Juli 1999 gilt für Boden- und Baurestmassendeponien auch, dass die Abfallqualität im Sinne der DepVo (inkl. der vorgesehenen Prüfungen, genannt „Gesamtbeurteilung“) einzuhalten ist.“¹⁴

3.1.5 Baurestmassentrennverordnung BGBl. Nr. 259/1991¹⁵

In dieser Verordnung werden die getrennte Sammlung und Verwertung der verwertbaren Baurestmassen geregelt. Dem Bauherrn wird in dieser Verordnung die Trennungs- und Verwertungspflicht auferlegt.

Die Baurestmassentrennung hat bei einer Überschreitung folgender Mengenschwellen zu erfolgen.¹⁶

¹⁴ Car, S. 17.

¹⁵ vgl. BGBl. 259/1991.

¹⁶ vgl. § 1 Baurestmassentrennverordnung BGBl. Nr. 259/1991

Stoffgruppe	Mengenschwelle
Bodenaushub	20 t
Betonabbruch	20 t
Asphaltaufbruch	5 t
Holzabfälle	5 t
Metallabfälle	2 t
Kunststoffabfälle	2 t
Baustellenabfälle	10 t
Mineralischer Bauschutt	40 t

Abb. 09: Mengenschwellen der Baurestmassentrennverordnung

An den Mengenschwellen erkennt man, dass bereits bei sehr kleinen Baurestmassmengen eine Trennung gesetzlich vorgeschrieben ist. Diese Mengenschwellen können bereits bei einem kleineren Einfamilienhaus überschritten werden.

Die Trennung der Baurestmassen muss eine entsprechende Verwertung ermöglichen, die Sortierung kann am Anfall-Ort oder in einer Behandlungsanlage erfolgen.

Die Verpflichtung zur Trennung ist gegeben, wenn im Umkreis von 50 km des Anfall-Ortes eine Verwertungsanlage angefahren werden kann und die Verwertungskosten im Vergleich zu einer Deponierung die Entsorgungskosten um nicht mehr als 25% überschreiten (vgl. § 3 der Verordnung).

Weiters sind gefährliche von nicht gefährlichen Abfällen zu trennen. (vgl. § 4 der Verordnung).

3.1.6 Abfallnachweisverordnung BGBl. Nr. 65/1991¹⁷

Diese Verordnung regelt die Aufzeichnung-, Melde- und Nachweispflicht der Abfallbesitzer nach dem Abfallwirtschaftsgesetz. Für den Baubereich existieren eigene „Baurestmassennachweisformulare“ für nicht gefährlichen Abfall. Die Nachweise sind mindestens 7 Jahre vom Abfallbesitzer (Bauunternehmer) aufzubewahren.

¹⁷ vgl. www.abfallwirtschaft.steiermark.at, 01.08.2003.

3.1.7 Verordnung über mobile Anlagen zur Behandlung von Abfällen BGBl. Nr. 472/2002¹⁸

Mit dem 17. Dezember 2002 trat eine neue Verordnung über mobile Anlagen zur Behandlung von Abfällen in Kraft. Laut dieser Verordnung fallen Brechanlagen für mineralische Baurestmassen, Siebanlagen, Sichtanlagen usw. unter die Genehmigungspflicht gemäß § 52 des AWG 2002. Dort werden die erforderlichen Unterlagen für den Antrag auf Genehmigung angeführt. Darunter fallen zum Beispiel Art, Zweck und Umfang der vorgesehenen Behandlung, allgemeine Aufstellungskriterien, Anlagenbeschreibung und zu erwartende Emissionen.

Neben dem Antragsteller hat der Umweltanwalt des Bundeslandes Parteienstellung zur Wahrung des öffentlichen Interesses zu nehmen.

Wenn die Voraussetzungen gemäß § 43 AWG 2002 erfüllt werden, kann eine Genehmigung erteilt werden.

Einige Genehmigungsvoraussetzungen dieses Paragraphen lauten:

- keine Gefährdung für Leben und Gesundheit des Menschen
- Emissionsbegrenzung
- keine unzumutbare Belästigung der Nachbarn (Lärm, Staub, Erschütterung)
- Abfallverwertung
- Gewässerschutz
- Umweltschutz

Eine genehmigte mobile Behandlungsanlage darf ohne abfallrechtliche Genehmigung an den entsprechenden Standorten aufgestellt und längstens 6 Monate betrieben werden. Wenn die Behandlungsanlage länger als 6 Monate an einem Standort betrieben wird, unterliegt die Anlage dem Genehmigungsverfahren für ortsfeste Behandlungsanlagen, auch wenn sie der Natur nach beweglich ist.

Behandlungsanlagen, die für die Dauer der Sanierung eines kontaminierten Standortes länger als 6 Monate am selben Ort betrieben und anschließend wieder entfernt werden, gelten ebenfalls als mobil. Behandlungsanlagen für eine Sanierung des Standortes können entweder für primäre Sanierungs- oder für Sicherungsmaßnahmen während der Sanierung eingesetzt sein. Wird ein kontaminierter Standort nur gesichert, kommt diese Ausnahmeregelung nicht zum Tragen, d.h. diese Behandlungsanlagen gelten nicht als

¹⁸ vgl. AWG 2002, 472. Verordnung und dessen Erläuterungen.

mobil. Dies ergibt sich schon aufgrund der wesentlich längeren Dauer des Betriebes dieser Anlagen, der in der Regel mehrere Jahre, mitunter sogar Jahrzehnte, dauern kann. Werden mobile Behandlungsanlagen wiederkehrend in einer ortsfesten Anlage betrieben, sind mögliche Auswirkungen der mobilen Behandlungsanlagen bei der Genehmigung der ortsfesten Anlage mit zu berücksichtigen, d.h. dass die Auswirkungen der mobilen Anlage bei der Genehmigung der ortsfesten Betriebs- oder Behandlungsanlage mit einzubeziehen sind.

Anlagen unterliegen aber nur dann der Genehmigungspflicht, wenn (auch) Abfälle damit behandelt werden. Wird z.B. eine Asphaltstraße aufgefräst, das gewonnene, nicht kontaminierte Material gebrochen und neuerlich unmittelbar für den Straßenbelag eingesetzt, liegt kein Abfall vor. Der Abbruch von Baulichkeiten stellt keine Behandlung von Abfällen dar, diesbezügliche mobile Anlagen unterliegen daher nicht dieser Verordnung. Anlagen zur Behandlung von Bodenaushub unterliegen nur dann der Genehmigungspflicht, wenn der Bodenaushub als Abfall anzusehen ist.

3.1.8 Freiwillige Vereinbarung über Heranziehung von Recycling-Material¹⁹

Zwischen den Fachorganisationen der Bauwirtschaft und dem Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten wurde diese Vereinbarung im Herbst 1990 abgeschlossen. Das Ziel ist es, die Recyclingquote anzuheben.

Diese Vereinbarung führte schlussendlich zur Baurestmassentrennverordnung. Heute ist schon aus ökonomischen Gründen ein vermischtes Deponieren nicht sinnvoll. Gemäß Erlass vom Juli 1993 zur Baurestmassentrennverordnung ist der Auftraggeber verpflichtet, selbst bei Mehrkosten im Ausmaß von 25% der Verwertung gegenüber einer Deponierung Vorrang einzuräumen.

¹⁹ vgl. www.brvt.at, 15.07.2003.

4 Technische Aspekte des Baustoffrecyclings

4.1 Grundlagen des Recyclings

4.1.1 Möglichkeiten für die Primärrohstoffschonung

„Nie zuvor in der Geschichte der Menschheit ist in so kurzer Zeit soviel wertvoller Rohstoff in Abfall verwandelt worden wie heute.“²⁰ Der Umweltschutz muss deshalb bereits bei der Auswahl von umweltverträglichen und rohstoffschonenden Baumaterialien bzw. bei der Entwicklung von stofflich wieder verwertbaren Bauprodukten beginnen.²¹

Bei der folgenden Abbildung werden die Entsorgungswege nach dem Grundsatz der 3 – V-Philosophie (Verhindern, Vermeiden, Verwerten) dargestellt.

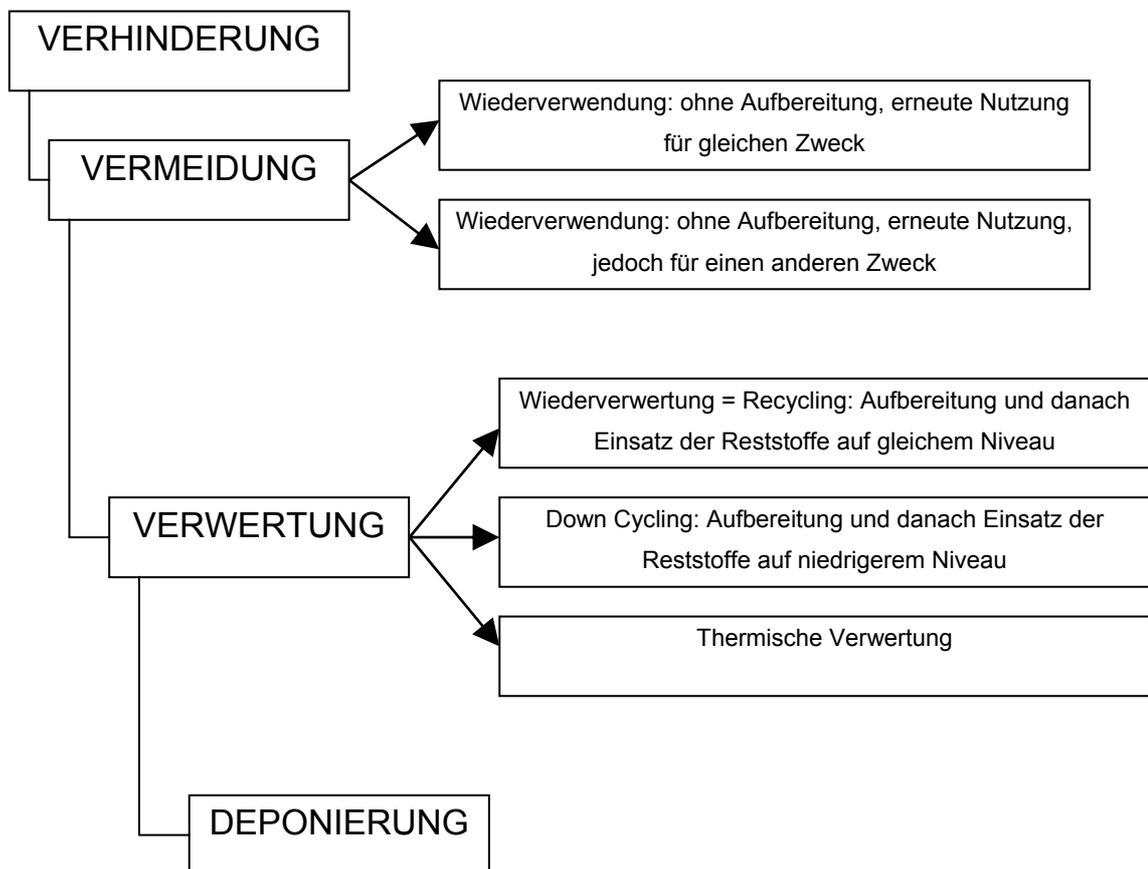


Abb. 10: Verwertungsschema²²

²⁰ Palinkas / Weber, S. 7.

²¹ vgl. Palinkas / Weber, S. 7.

²² Winkler, S. 17.

4.1.2 Die Gewinnung und der Bedarf an Rohstoffen²³

Die Rohstoffgewinnung in Österreich erfolgt zu 80% durch Abbau mineralischer Baurohstoffe. Darunter fallen hauptsächlich Kies, Sand, Ton, Lehm und Natursteine. Die restlichen 20% fallen auf den klassischen Bergbau, wie die Gewinnung von Kohlen und Erzen.

Jeder Österreicher benötigt derzeit für seine Unterkunft, sein Arbeitsfeld und die Ermöglichung seiner Mobilität zwischen 10 und 15 Tonnen mineralischen Rohstoff pro Jahr. Im Jahr 1997 wurde in Tirol noch von maximal 10 Tonnen pro Jahr und pro Einwohner Mineralrohstoffbedarf seitens der Arbeitsgruppe MinroG ausgegangen, woraus sich eine weitere Zunahme ableiten lässt. Diese Statistik wurde aus Produktionsdaten errechnet, da eine konkrete Abschätzung des tatsächlich benötigten mineralischen Rohstoffs fehlt. „Allerdings wird von Kennern der Sparte darauf hingewiesen, dass aufgrund einer strengeren Gesetzgebung im Bereich der Mineralrohstoffgewinnung in Deutschland und der Schweiz nicht unerhebliche Mengen der in Tirol gewonnenen Rohstoffe in den Export gehen dürften.“²⁴

4.1.3 Abbau von mineralischen Primärrohstoffen²⁵

In Österreich liegt die jährliche Förderrate von Locker- und Festgesteinen über 100 Millionen Tonnen. Mineralische Baustoffe stellen den Primärrohstoff für die Erzeugung von zum Beispiel Beton, Ziegelprodukten oder Zement dar. Bis zum Endverbrauch der Wertschöpfungskette tragen sie ca. 8% zum BIP (Bruttoinlandsprodukt) bei.

Beim Abbau von Rohstoffen entstehen aber leider immer wieder Umweltprobleme.

Die verbrauchernahe Lage der Bergbaue steht im Gegensatz zu Raumordnung und Fremdenverkehr, aber vor allem zum Umweltschutz. In erster Linie verfügt der Dauersiedlungsraum über den Großteil der potenziell verfügbaren Lagerstätten. Im Gebirgsland Tirol ist der Dauersiedlungsraum im Verhältnis zur Landesfläche äußerst gering. Die Bevölkerungszahlen steigen, somit wachsen der Siedlungsraum und natürlich der Bedarf an mehr Rohstoffen an. Dadurch reichen die Schottergruben und Steinbruchareale immer näher an die Siedlungen. Was verstärkt zu Belastungen der Anrainer durch

²³ vgl. Liebl, S. 122.

²⁴ Liebl, S. 125.

²⁵ vgl. Liebl, S.122.

Staub, Lärm während des Abbaues und bei den Abtransporten der Bergbauprodukte führt.

Die billigste und somit häufigste Gewinnungsart erfolgt durch den flächigen Tagebau. Diese Gewinnungsart bereitet oft Probleme mit den Wasserressourcen, insbesondere dem Grundwasser. Weiters unterliegt ein beachtlicher Teil Tirols naturschutzrechtlichen Einschränkungen und steht somit nur eingeschränkt oder gar nicht zur Verfügung.

Die Preise für mineralische Primärbaustoffe bewegen sich zwischen ca. 7 Euro und 13 Euro pro Tonne Rohstoff.

Die Abgabepreise für mineralische Primärbaustoffe wurden aus einzelnen Betriebsbesuchen und Preiserhebungen bei insgesamt über 18 Betrieben ermittelt. Die zusammengefassten Abgabepreise für mineralische Primärbaustoffe mit der statistischen Auswertung werden im Anhang angeführt.

4.1.4 Rohstoffbewirtschaftung²⁶

Mit dem Mineralrohstoffgesetz (MinroG) im Jahr 1999, sowie der MinroG-Novelle (2001) wurde ein wichtiger Akzent für eine nachhaltige Rohstoffbewirtschaftung gesetzt. Dieses Gesetz zielt auf eine effektive Koordination der verschiedenen Interessensblöcke (Umweltschutz, Fremdenverkehr, Raumordnung) mit der Rohstoffpolitik. Die Raumplanung der Länder und Gemeinden wurde im Genehmigungsverfahren eines Gewinnungsbetriebsplanes für das obertägige Gewinnen von mineralischen Rohstoffen verstärkt (§81 bzw. §82 MinroG).

Das auftretende Problem für die Gemeinden und Länder besteht im zumeist nicht vorhandenen Datenmaterial betreffend der regionalen oder überregionalen Lagerstättenverhältnisse. Diese notwendigen Grundlagen sollen nun in einem „österreichischen Rohstoffplan“ erarbeitet werden.

²⁶ vgl. Liebl, S. 123.

4.1.5 Landesspezifische Aspekte²⁷

In Tirol begegnet man Gewinnungsstätten, die verhältnismäßig nah am Siedlungsraum situiert sind. Aus diesem Grund sinkt die Lebensqualität, da das Landschaftsbild und somit der Erholungswert stark beeinträchtigt werden.

„Aus naturkundlicher Sicht kritisch zu sehen ist auch das Problem, dass offensichtlich teilweise ein mangelhafter Informationsfluss zwischen den Unternehmen, welche im Zuge von Bauvorhaben Material produzieren, und den Mineralrohstofflieferanten herrscht. So kann häufig bei anderen Tätigkeiten anfallendes Material nicht in den Produktionskreislauf eingebunden werden und es bleiben oft nicht unerhebliche Mengen an Rohstoffmaterial irgendwo auf Zwischendeponien.“ ... „Diese Problematik mag mit einer oft nicht entsprechenden Materialqualität zusammenhängen; es entsteht jedoch häufig der Eindruck, dass durch die Mineralrohstoffherzeuger im Land soviel und so billig Material produziert wird, dass man auf vorhandene Reserven nicht unbedingt zurückgreifen muss.“²⁸

4.1.6 Potenzial für recycelte Sekundärbaustoffe

Die Sekundärbaustoffe stehen in Konkurrenz zu den entsprechenden Primärprodukten und den aus diesen gefertigten Vorprodukten. Die Marktkonkurrenz findet im Wesentlichen über die Produkteigenschaft, Preis und Qualität statt. Der Preis der Sekundärbaustoffe hängt von Aufbereitungskosten und eingesparten Deponiegebühren ab.²⁹

4.1.7 Hemmnisse für Planen und Bauen mit Recycling-Baustoffen³⁰

Um einen vermehrten Einsatz von Sekundärbaustoffen zu erreichen, muss bereits in der Planungsphase und folglich auch in den Ausschreibungen eine Berücksichtigung stattfinden. Die Standard-Leistungsverzeichnisse müssten bereits den Einsatz von Recycling-Baustoffen vorsehen, um eine vermehrte Verwendung zu erreichen.

Das mangelnde Wissen, Vertrauen und die geringe Erfahrung mit Recycling – Baustoffen, aber auch die Haftung des Planers veranlassen Entscheidungen zu Gunsten der primären Baustoffe.

²⁷ vgl. Liebl, S.123 ff.

²⁸ Liebl, S. 125.

²⁹ vgl. Palinkas, S. 17.

³⁰ vgl. Thürriedl, Vortrag, 4.11.2003.

Ein weiteres Problem stellen schadstoffhaltige Baurestmassen dar, die aus Umweltschutzgründen nicht eingesetzt werden können.

4.2 Arten und Einsatzbereich von Recycling-Baustoffen³¹

Die wichtigste Recyclingform von Baurestmassen besteht in der Verwertung der mineralischen Stofffraktion. Die aufbereiteten Sekundärrohstoffe finden ihren Einsatz hauptsächlich in den ungebundenen Tragschichten und Frostschutzschichten des Straßenbaus. Deshalb unterliegen die meisten aufbereiteten Stoffe einem „Down – Cycling“, die Wiederverwendung findet in einer minderwertigen andersartigen Anwendung statt, weshalb die Produkte in niedrigere Qualität eingestuft werden. Durch diese Wiederverwertungsart nehmen der Wert bzw. der Nutzen der Baureststoffe laufend ab.

Für den Einsatzbereich der Recyclingbaustoffe haben Dichte, Kornfestigkeit, Korngrößenverteilung, Frostbeständigkeit, Wasseraufnahmefähigkeit und Verunreinigungen einen entscheidenden Einfluss. Beton, Asphalt und Ziegel besitzen zum Beispiel divergierende Eigenschaften in Punkten, wie der Festigkeit, Wasseraufnahmefähigkeit oder Dichte und sind somit auch nur für bestimmte Zwecke einsetzbar. Um eine Frostbeständigkeit gewährleisten zu können, darf ein bestimmter Feinteilanteil im Material nicht überschritten werden. Auch andere Einsatzbereiche, wie zum Beispiel die Eignung als Zuschlagstoff werden über eine vorgegebene Kornverteilung definiert.

4.2.1 Recycling-Baustoffbezeichnung gemäß Tiroler Aufbereitungsbetrieben

Bei den Aufbereitungsfirmen werden die Recyclingbaustoffe nach eigenen Regeln bezeichnet. Ein Großteil der Aufbereitungsfirmen stellt noch keine Recycling – bzw. Sekundärbaustoffe nach den Gütebestimmungen des Baustoffrecyclingverbandes her. Diese Firmen verwenden zum Beispiel folgende Begriffe für ihre Sekundärrohstoffe:

Kabelsand 0/4, 0/5, 0/8; Feinputzsand 0/1; Estrichsand GK4, GK8

Bettungsmaterial 0/16, 0/20; Schüttmaterial 0/200

Bruchasphalt 0/16, 0/32; Betonbruch 0/32, 0/70

³¹ vgl. Baumgärtner, S29-30.

4.2.2 Recycling-Baustoffbezeichnung gemäß dem Baustoff-Recycling Verband und deren Verwendung

Abbruch aus	Bezeichnung	Verwendung
Ziegelproduktion, Ziegelbau	RZ: Recycelter Ziegelsand und – splitt (vorwiegend Ziegel)	Zuschlagstoff für die Produktion von Mauerwerksteinen, Beton, Stabilisierungen, Füllungen, Schüttungen, Landschaftsbau
Wohn- und Hochbau	RHZ: Recycelter Hochbauziegelsand und -splitt	Zuschlagstoff für die Produktion von Mauerwerksteinen, Beton, Stabilisierungen, Füllungen, Schüttungen, Estriche
Industrie- und allgemeiner Hochbau	RH: Recycelter Hochbausand und -splitt	Stabilisierte Schüttungen und Künettenverfüllungen, Bauwerkshinterfüllung, Sportplatzbau, Landschaftsbau, Wegebau
Industrie- und allgemeiner Hochbau	RMH: Recycelte mineralische Hochbaurestmassen (Beton, Ziegel, natürliches Gestein)	Künettenverfüllungen, Hinterfüllungen, Schüttungen, Baustraßen
Industrie- und allgemeiner Hochbau	RS: Recycling-Sand	Bettung von Kabeln und Leitungen (Kabelsand)
Straßenbau	RA: Recyciertes gebrochenes Asphaltgranulat	ungebundene obere und untere Tragschichten, Parkplatzbau, Bankette, gebundene Tragschichten, Wegebau, Zuschlagstoff für Asphaltproduktion
Straßen- und Brückenbau, Industriebau	RB: Recyciertes gebrochenes Betongranulat	ungebundene obere und untere Tragschichten, zementgebundene Tragschichten, Wegebau, Zuschlagstoff für Betonproduktion, Künettenfüllmaterial, Dränageschichten
Straßenbau, Parkplätze, Brückenbau	RAB: Recyciertes gebrochenes Asphalt/Beton Mischgranulat	ungebundene obere und untere Tragschichten, gebundene Tragschichten, landwirtschaftlicher Wegebau
Straßenbau	RM: Recyciertes gebrochenes Mischgranulat aus Beton, Asphalt und natürlichem Gestein	ungebundene obere und untere Tragschichten, gebundene Tragschichten

Abb. 11: Verwendungszweck und Bezeichnung von Baurestmassen³²

³² vgl. Informationsblatt österreichischer BRV, Vorteile der Recycling-Baustoffe.

4.3 Anforderungen an Recycling-Baustoffe gemäß der Bauregelwerke

4.3.1 ÖNORMEN

4.3.1.1 ÖN S 2072 Eluatklassen (alt)³³

Diese ÖNORM war im vergangenen Jahrzehnt ein Qualifikationssystem für Abfälle auf Basis der Auslaugbarkeit. Die (wässrige) Schadstofflösung wurde mit 3 Grenzwertkategorien verglichen (Eluatklasse I bis III).³⁴ Die Eluatklasse IV war durch Überschreiten der Eluatklasse III definiert. Die Abfälle der Eluatklasse IV wurden häufig als gefährlicher Abfall eingestuft.

Durch die Deponieverordnung und die Wasserrechtsgesetznovelle Deponien wurde die ÖNORM S 2072 für Deponierung in Anlagen obsolet³⁵. Diese Norm wurde vom Österreichischen Normungsinstitut im Dezember 1999 zurückgezogen.

4.3.1.2 ÖNORM B 2251 „Abbrucharbeiten“³⁶

Diese ÖNORM sieht den „Rückbau“ als Normalabbruchsmethode vor.

Begriffsbestimmung durch diese Norm:

- Abbruch: Zerlegung von Bauteilen unter Anwendung der in der Norm angeführten Abbruchmethoden
- Demolierung: Abbruch ohne besondere Berücksichtigung der Trennung nach Stoffen
- Demontage: Auseinandernehmen von Konstruktionsteilen durch Lösen von Verbindungen oder Abtrennen von Teilen
- Rückbau: Abbruch mit besonderer Berücksichtigung der Trennung nach Stoffen

4.3.2 Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS)

Die Eignung der verschiedenen Baustoffe für den Straßenbau wird von den erforderlichen und gewünschten Materialeigenschaften bestimmt. Die für Recyclingbaustoffe maßgebenden RVS – Regelwerke sind in den Richtlinien des Österreichischen Baustoffverbandes angegeben.

³³ vgl. Car, S. 19, 20.

³⁴ Eluat = ausgewaschene oder ausgespülte Stoffe (in der Regel in Wasser gelöst).

³⁵ obsolet [lateinisch] = ungebräuchlich, veraltet, unüblich.

³⁶ vgl. Car, S. 18, 17.

4.3.3 Richtlinien des Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes

4.3.3.1 Richtlinie für Recyclingbaustoffe³⁷

Diese Richtlinie definiert und regelt die Art und den Umfang der Prüfungen an wiedergewonnenen Baustoffen. Sie dient zur Schaffung einer einheitlichen Bezeichnung und Beurteilung.

Bezeichnungen für Recycling-Baustoffe:

- RARecycliertes gebrochenes Asphaltgranulat
- RBRecycliertes gebrochenes Betongranulat
- RAB ..Recycliertes gebrochenes Asphalt/Beton Mischgranulat
- RMRecycliertes gebrochenes Mischgranulat aus Beton, Asphalt und natürlichem Gestein

Die Richtlinie verlangt Eigen- und Fremdüberwachung durch autorisierte Laboratorien und ist bundesweit als technisches Regelwerk für mineralische Recycling-Baustoffe anzusehen.

Die bautechnischen Anwendungsbereiche der Recycling-Baustoffe werden laut dieser Richtlinie in folgende Güteklassen geteilt:

Güteklasse I

Baustoffe für obere und untere ungebundene Tragschichten im Straßenbau und zur Erzeugung von hydraulischen oder bituminös gebundenen Tragschichten.

Güteklasse IIa

Baustoffe für untere ungebundene Tragschichten im Straßenbau und hydraulisch gebundene Tragschichten.

Güteklasse IIb, III

Baustoffe für hydraulisch gebundene Tragschichten, land- und forstwirtschaftlichen Wegebau, Parkplätze, Lärmschutzwälle, Auffüllungen, Künettenverfüllungen und Untergrundverbesserungen.

³⁷ vgl. Richtlinie für Recycling-Baustoffe, 5. Auflage, Juli 2003.

In der 5. Auflage dieser Richtlinie wurden die Recyclingbaustoffe entsprechend ihrer Umweltverträglichkeit in Qualitätsklassen eingeteilt:

Qualitätsklasse A+

Baustoffe, die in hydrogeologisch sensiblen Gebieten ungebunden ohne Deckschicht zum Einsatz kommen können.

Qualitätsklasse A

Baustoffe, die in hydrogeologisch sensiblen Gebieten in gebundener Form bzw. in ungebundener Form mit Deckschicht, oder in hydrogeologisch weniger sensiblen Gebieten in ungebundener Form ohne Deckschicht zum Einsatz kommen können.

Qualitätsklasse B

Baustoffe, die in hydrogeologisch weniger sensiblen Gebieten in gebundener Form oder ungebunden mit Deckschicht zum Einsatz kommen.

Lagerung:

Die Lagerung dieser Baustoffe hat getrennt nach Güteklassen zu erfolgen. Weiters ist darauf zu achten, dass keine Qualitätsbeeinträchtigung erfolgen kann.

Güteüberwachung:

Bei der Güteüberwachung unterscheidet man zwischen Erstprüfung, Eigenüberwachung und der Fremdüberwachung. Der Recycling-Betrieb ist verpflichtet die Eigenüberwachung durchzuführen. Die genauen Häufigkeiten von Prüfungen sind der Richtlinie für Recycling-Baustoffe zu entnehmen.

Bei Mängeln in der Gütesicherung können, je nach Schwere des Verstoßes, Ahndungsmaßnahmen verhängt werden.

Die Prüfungen bei ungebundenen und hydraulisch gebundenen Recycling-Baustoffen (maximalen Anteil an Asphaltgranulat von 50%) umfassen je nach Anwendung und Einsatz die

- Gewinnung, Anlieferung
- Aufbereitung, Lagerung
- Korngrößenverteilung

- Kornzertrümmerung
- Frostsicherheit
- Sandäquivalent
- Durchlässigkeit
- Fremdanteil
- Reinheit (Verunreinigung)
- chemische Verunreinigung

Die Prüfungen bei bituminös gebundenen Recycling-Baustoffen (Anteil an Asphaltgranulat über 50%) umfassen je nach Anwendung und Einsatz die

- Gewinnung, Anlieferung
- Aufbereitung, Lagerung
- Stückgrößenverteilung
- Korngrößenverteilung
- Stückform
- Frostsicherheit
- Bindemittelgehalt
- Fremdanteil
- Reinheit (Verunreinigung)
- chemische Verunreinigung

4.3.3.2 Richtlinie für Recycling-Baustoffe aus Hochbau-Restmassen Anwendungsbereich: Zementgebundene Massen³⁸

Der Anwendungsbereich dieser Richtlinie beschränkt sich auf die Herstellung von zementgebundenen Baustoffen und Bauteilen, wie zum Beispiel Beton oder Estrichen für aus dem Hochbau gewonnene Recycling-Baustoffe. Die Güteanforderungen und Prüfbestimmungen für diese gewonnenen Recycling-Baustoffe werden in dieser Richtlinie beschrieben.

³⁸ vgl. Richtlinie für Recycling aus Hochbau-Restmasse, Anwendungsbereich: Zementgebundene Massen, Mai 1995.

Aus Ziegel-Sand und Ziegel-Splitt wird Recycelter Ziegelsand (RZ)
 Hochbau-Ziegel-Sand bzw. Splitt wird Recycelter Hochbau-Ziegelsand (RHZ)
 Hochbau-Sand und Hochbau-Splitt wird Recycelter Hochbau-Ziegelsand (RH)
 hergestellt.

Anhang A

Anwendungsmöglichkeiten

Baustoff	Beton und Leichtbeton <B120 >B160	Leichtbeton Raumgewicht < 1,2kg/dm ³	Stabilisierte Schüttungen	Stabilisierte Künettenverfüllungen
RZ	■	■ ●	■ ●	▲
RHZ	■	▲ ●	▲ ●	■
RH	▲	▲ ●	▲ ●	■

Anhang A

■ bevorzugte Anwendung
 ● geeignet
 ▲ normativer Nachweis erforderlich

Abb. 12: Anwendungsmöglichkeiten für Recyclingbaustoffe aus Hochbaurestmassen³⁹

4.3.3.3 Richtlinie für Recycling-Baustoffe aus Hochbau-Restmassen Anwendungsbereich: Ungebundene Massen⁴⁰

Diese Richtlinie enthält die Güteanforderungen und Prüfbestimmungen für aus dem Hochbau gewonnene Recycling-Baustoffe, die für folgende Bereiche verwendet werden:

- Verdichtete Schüttungen (Künetten, Wegebau, Lärmschutzwälle)
- Unverdichtete Schüttungen (Hinterfüllung, Auffüllungen)
- Hydraulisch gebundene Anwendung

³⁹ Richtlinie für Recycling aus Hochbau-Restmassen, Anwendungsbereich: Zementgebundene Massen, Mai 1995, S.7

⁴⁰ vgl. Richtlinie für Recycling aus Hochbau-Restmassen, Anwendungsbereich: Ungebundene Massen, Juli 1996.

Die Bezeichnung für diese Baustoffe lautet RMH und bedeutet Recycelte mineralische Hochbaurestmassen. Dieses RMH-Material wird in folgende Güteklassen eingeteilt:

- Güteklasse IIb: Baustoffe für verdichtete Schüttungen
- Güteklasse III: Baustoffe für unverdichtete Schüttungen

Die Materialkriterien für die Frostsicherheit, die Fremdanteile und die Umweltverträglichkeit werden festgelegt.

4.3.3.4 Richtlinie für die Aufbereitung kontaminierter Böden und Bauteile⁴¹

Kontaminierte Böden und Bauteile sind durch Verunreinigung mit Schadstoffen, die durch anthropogene⁴² bzw. technische Einflüsse in den Boden oder Bauteil gelangt sind, charakterisiert. Dies sind beispielsweise Böden oder Bauteile, die Verunreinigungen durch gewerbliche Anlagen, Ablagerung von mit Schadstoffen belasteten Stoffen, Transportunfälle oder durch Versickerungen aufweisen.

Wenn aufgrund der stoffspezifischen Eigenschaft die Grenzwerte überschritten werden, gelten Böden und Bauteile als nicht kontaminiert.

Bei der Untersuchung und Bewertung von kontaminierten Böden und Bauteilen werden die Art der Verwertung oder die Deponierungsmöglichkeiten bestimmt. Die jeweiligen detaillierten Bestimmungen werden weiters in den Merkblättern „Umgang mit kontaminierten Böden und kontaminierten mineralischen Baurestmassen“ und „Verwendung von Boden als Schüttungen“ vom Österreichischen Baustoff-Recycling Verband angeführt.

4.3.3.5 Richtlinie für Recycling-Sand aus mineralischen Baurestmassen⁴³

Diese Richtlinie enthält die Güteanforderungen und Prüfbestimmungen für einen aus Baurestmassen gewonnenen Recycling-Baustoff. Dieser Baustoff wird als Kabelsand bezeichnet und für die Bettung von Kabeln und Leitungsrohren verwendet.

Die wichtigsten Prüfparameter setzen sich wie folgt zusammen:

- Anlieferungszustand
- Korngrößenverteilung

⁴¹ vgl. Richtlinie für die Aufbereitung kontaminierter Böden und Bauteile, September 1995.

⁴² anthropogen = durch den Menschen beeinflusst, vom Menschen verursacht.

⁴³ vgl. Richtlinie für Recycling-Sand aus mineralischen Baurestmassen, Oktober 1998.

- Verdichtungswilligkeit
- Wassergehalt
- Fremdanteil
- Schüttdichte

Die Güteüberwachung inkludiert eine Erstprüfung, Eigenüberwachung und eine Fremdüberwachung. Die Anforderungen an den Baustoff sind in dieser Richtlinie festgelegt.

4.3.3.6 Merkblatt für RFM – fließfähiges, selbstverdichtendes Künettenfüllmaterial mit recyciertem, gebrochenem Material (August 2003)⁴⁴

Dieses Merkblatt beschreibt die Einsatzmöglichkeiten und Vorteile dieser neuen Methode zur Verfüllung von Leitungsgräben.

Je nach Einsatzzweck wird nach verschiedenen Körnungen unterschieden:

RFM 0/4: für die Leitungszone

RFM 0/16: für die Verfüllzone

RFM 0/32: für die Verfüllzone

Die Eigenschaften dieses Materials werden durch eine spezielle Zusammensetzung erreicht. Aufgrund des Feinteilanteiles und der Zusetzung von Kalk und/oder Dolomit erhält man ein volumenstabiles und somit setzungsunempfindliches Material. Die genaue Rezeptur dieser Mischung bleibt aber ein Firmengeheimnis.⁴⁵

4.4 Verfahrenstechnik

4.4.1 Abbruchmethoden⁴⁶

Grundsätzlich gibt es keine Standardlösung, um ein Bauwerk richtig abzureißen. Es sind die unterschiedlichsten Auswahlkriterien zu berücksichtigen, bevor man sich für die Abbruchverfahren entscheidet. Jedes Projekt muss für sich betrachtet und begutachtet werden.

⁴⁴ vgl. Merkblatt, RFM – fließfähiges, selbstverdichtendes Künettenfüllmaterial mit recyciertem, gebrochenem Material, August 2003.

⁴⁵ Telefonat mit Herrn Dipl.-Ing. Martin Car, Österreichischer Baustoffverband am 2.2.2004.

⁴⁶ vgl. Wessely, S. 10 ff.

Grundsätzliche Überlegungen:

- Bauwerksart
- Ausmaß der Abbrucharbeiten
- Örtliche Gegebenheiten (wie zum Beispiel Zufahrt, Platzverhältnisse oder Anrainer)
- Abbruchmaterialzusammensetzung

Durch herkömmliche Abbruchmethoden wie Einreißen, Umstoßen, Einschlagen oder Sprengen entstehen meist nur geringe Abbruchkosten. Die Nachfolgekosten für Sortierung, Trennung und Aufbereitung steigen jedoch durch konventionelle Abbruchmethoden. Durch einen selektiven Rückbau steigen zwar die Abbruchkosten, allerdings kann man die Gesamtkosten für den Abbruch mit anschließender Wiederverwertung bzw. Entsorgung geringer halten.

Folgende Abbruchgeräte bzw. -methoden werden für Abbrucharbeiten verwendet:

- Abbruchschere / Abbruchzange
- Sortiergreifer
- Aushebmagnet
- Einschlagen mit Fallgewicht am Seilbagger
- Greifer am Seilbagger
- Hydraulikabbauhammer
- Eindrücken mit Hydraulikbagger

4.4.2 Aufbereitungsanlagen⁴⁷

Wiederaufbereitungsanlagen besitzen eine große Ähnlichkeit mit den Anlagen für die konventionelle Rohstoffgewinnung und -verarbeitung.

Hinsichtlich der Mobilität werden drei verschiedenen Aufbereitungsanlagen unterschieden, wobei die Funktion der Anlage bei allen Arten gleich ist.

⁴⁷ vgl. Wessely, S. 15 ff.

Unterscheidung nach dem Aufstellungsort bzw. der Mobilität:

- Mobile Anlagen (Fahrgestell)
- Semimobile Anlagen (Kufenunterbau)
- Stationäre Anlagen

Entscheidungskriterien für die richtige Aufbereitungsanlage:

- Menge des anfallenden Abbruchmaterials
- Preis des natürlichen Baustoffes
- Wiederverwendbarkeit des aufbereiteten Materials
- Entfernung zu Zwischenlagern oder Deponien
- Deponiegebühren

4.4.2.1 Mobile Aufbereitung**Vorteile von mobilen Anlagen:**

- + Geringe Transportkosten
- + Kein Grundstückserwerb nötig
- + Große Flexibilität und Mobilität des Einsatzes
- + Möglicher Einbau des aufbereiteten Materials vor Ort

Nachteile von mobilen Anlagen:

- Meist nur ein einziges Produkt möglich
- Keine Fahrzeugwaage
- Kosten für An- und Abtransport, Auf- und Abbau der Anlage
- Umweltbelästigung durch Lärm und Staub

Beispiel einer mobilen Aufbereitungsanlage:

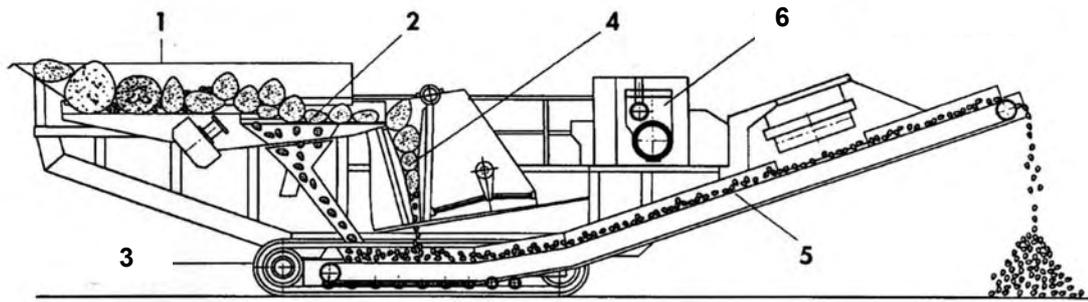


Abb. 13: Flussschema einer raupenmobilen Backenbrechanlage⁴⁸

Backenbrechanlagenbeschreibung:

- | | | |
|-----|------------------|---|
| (1) | Aufgabetrichter: | meist eine stabile und verschleißfeste Stahlkonstruktion |
| (2) | Aufgaberinne: | stabile Stahlkonstruktion mit einem integrierten Stufenspaltrost |
| (3) | Fahrwerk: | je nach Aufgabenspezifik als Kufenanlage, Radanlage oder Raupenanlage |
| (4) | Brecher: | Herzstück der Anlage (Kurbel- oder Pendelschwingebackenbrecher) |
| (5) | Abzugsförderer: | Materialaustrag aus dem Brechbereich mittels einem Gurtbandförderer |
| (6) | Antriebseinheit: | Dieselaggregat oder durch elektrische Fremdeinspeisung |

4.4.2.2 Stationäre Aufbereitung

Vorteile von Stationären Anlagen:

- + Anlagenkonzept kann individuell angepasst werden
- + Größere Zwischenlagerflächen möglich
- + Geringere Kosten → kein Fahrwerk
- + Zwischenlagerung bei vorübergehenden Absatzstockungen
- + Umsetzkosten entfallen

⁴⁸ Lander, S. 18.

- + Verminderte Umweltbelastung → Lärmschutzwände und staubdichte Kapselung möglich

Nachteile von Stationären Anlagen:

- Transporte (Anlieferung)
- Grundstück
- Genehmigung

Die stationären Anlagen können in folgende 3 Kategorien eingeteilt werden:

- Offene stationäre Aufbereitungsanlage

Dieser Anlagentyp zeichnet sich durch niedrige Investitionskosten und einfache Bauweise aus. Diese Anlage unterscheidet sich von einer mobilen Aufbereitungsanlage meist nur durch den stationären Charakter, sprich, sie besitzt ein festes Fundament.

- Teilweise eingehauste stationäre Aufbereitungsanlage

Dieser Typ verfügt meist über eine Sortierhalle. Klassieranlagen, wie Trommelsiebe und Windsichter, machen eine breitere Produktpalette möglich. Solche Anlagen besitzen neben der Brechanlage, weitere Anlagenteile wie z.B. Magnetabscheider und Gurtbandförderer.

- Komplette eingehauste stationäre Aufbereitungsanlage

Solche Anlagen haben einen höchst möglichen Aufbereitungsstandard, wodurch Qualitätsprodukte auf hohem verfahrenstechnischen und produktionstechnischen Niveau hergestellt werden können. Solche Anlagen besitzen neben Magnetabscheidern, Sortierhallen, Sieb- und Rostanlagen und den Brechanlagen noch weitere spezifische Anlagenteile. In diesen Aufbereitungshallen können während dem gesamten Jahr Recyclingprodukte hergestellt werden.

4.4.2.3 Aufbereitungsanlagenteile

Das Kernstück einer Aufbereitungsanlage stellt die Brechanlage dar.

- Prallbrecher⁴⁹

Dieser Brechertyp besteht aus dem Gehäuse (a) und einem schnell drehenden Rotor (b) mit aufgesetzten Pralleisten (c). Der Zerkleinerungsgrad wird durch schwenkbar aufgehängte Prallplatten (d) ermöglicht. Diese Platten vermeiden Beschädigungen durch nicht zerkleinerbare Fremdstoffe und dienen somit als Überlastschutz.

Ein besonders großer Verschleiß tritt an den Kanten der Pralleisten auf.

Die Zerkleinerung findet durch Aufprall des Materials auf die bewegten Pralleisten des Rotors statt, von dort auf die Prallplatten, sowie durch gegenseitigen Partikelstoß.

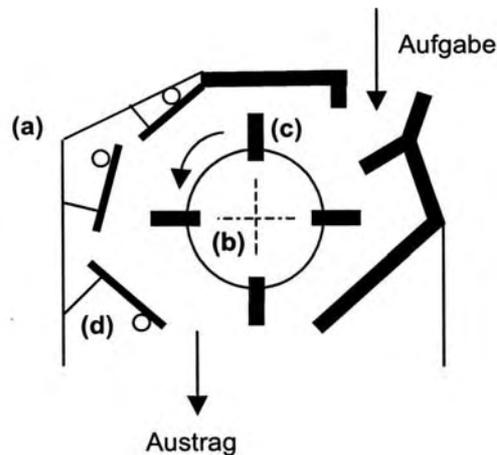


Abb. 14: Schema eines Prallbrechers⁵⁰

Beobachtungen und Erfahrungen bei der näheren Betrachtung der Aufbereitungsschritte

Brecher-Zerkleinerungsprozess am Beispiel des Prallbrechers⁵¹

In Versuchen mit einem Prallbrecher hat Hagen durch Variation der Einflussgrößen Umfangsgeschwindigkeit, obere und untere Spaltweite, Betonfestigkeit und Brecher-

⁴⁹ vgl. Lander, S.12.

⁵⁰ Lander, S. 12.

⁵¹ vgl. Hagen, S. 1.

füllstand die Auswirkungen auf Durchsatz, Energiebedarf, Verschleiß und Produktqualität untersucht.

Beim Zerkleinern von Beton in einem Prallbrecher beeinflussen Faktoren, welche nur schwer zu analysieren sind, den Zerkleinerungsprozess. Um repräsentative Aussagen treffen zu können, müssen bekannte Faktoren stufenweise variiert und die anderen konstant gehalten werden. Insgesamt wurden über 150 Versuche am Versuchsprallbrecher der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, sowie an Brechanlagen von beteiligten Industriepartnern durchgeführt.

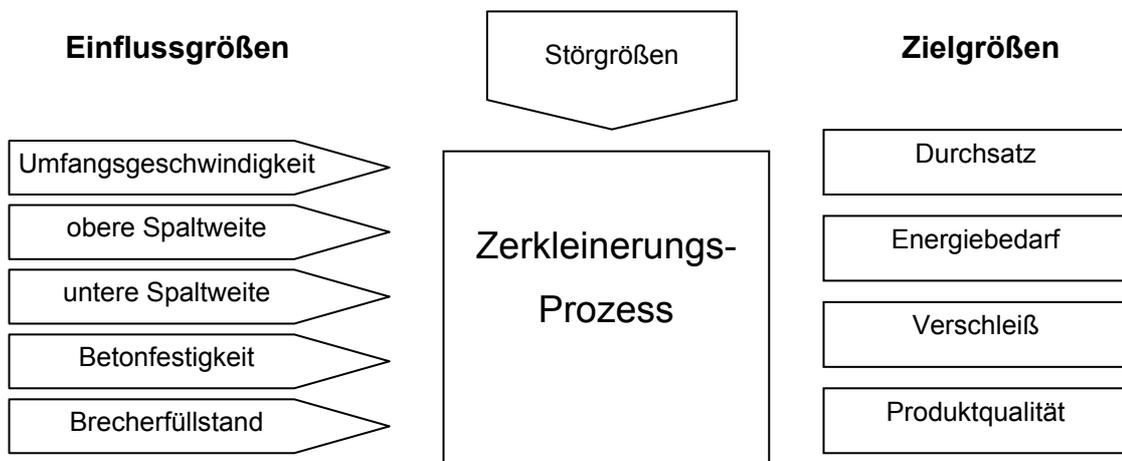


Abb. 15: Einfluss und Zielgrößen bei der Betonzerkleinerung

Dabei zeigte sich:

- Einen hohen Durchsatz erreicht man durch einen hohen Feststoffvolumenanteil im Prallraum, welcher durch einen hohen Brecherfüllstand gewährleistet wird. Die Umfangsgeschwindigkeit des Rotors im Schlagkreis hat nur geringen Einfluss auf den Durchsatz, wobei der Füllstand des Brechers die Haupteinflussgröße auf den Durchsatz darstellt. Diese Erkenntnisse wurden empirisch nachgewiesen und in Abb. 16 dargestellt.

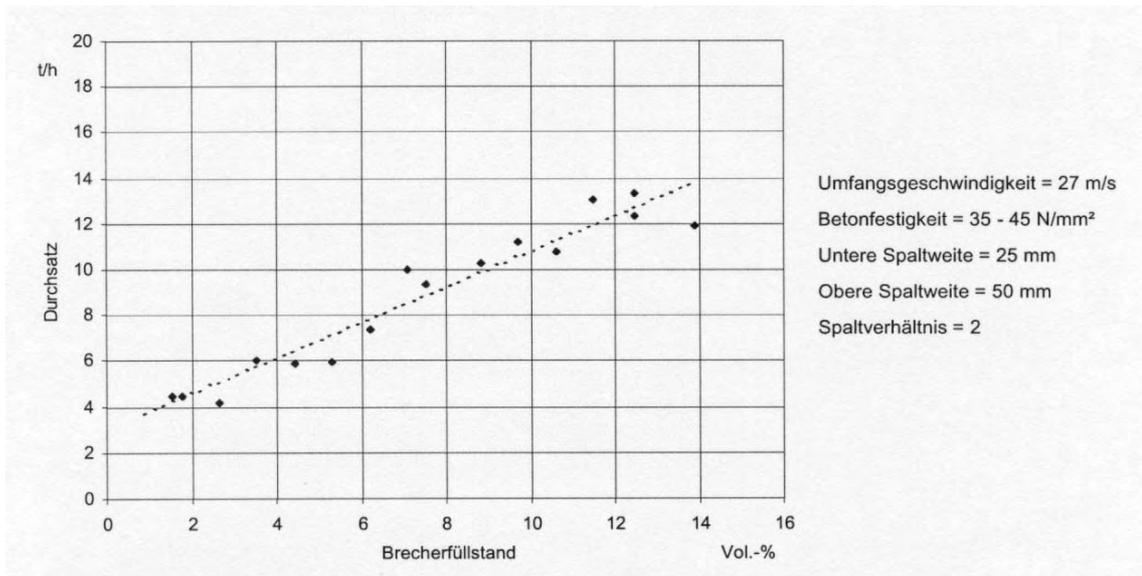


Abb. 16: Durchsatz in Abhängigkeit vom Brecherfüllstand

- Der Energiebedarf kann entweder auf die zerkleinerte Masse Beton oder auf die entstandene Oberfläche bezogen werden. Bei den durchgeführten Versuchen bestand die Zielsetzung, durch Minimieren des Feinkornanteils den spezifischen Energiebedarf zu senken. Dadurch wird ein Oberflächenzuwachs vermieden. Die Umfangsgeschwindigkeit des Rotors im Schlagkreis stellt einen maßgeblichen Einfluss auf den Energiebedarf dar. Durch langsamere Umfangsgeschwindigkeiten wird der Feinkornanteil gesenkt und der spezifische Energiebedarf wird reduziert. Dies wird mit der Abb. 17 verdeutlicht.

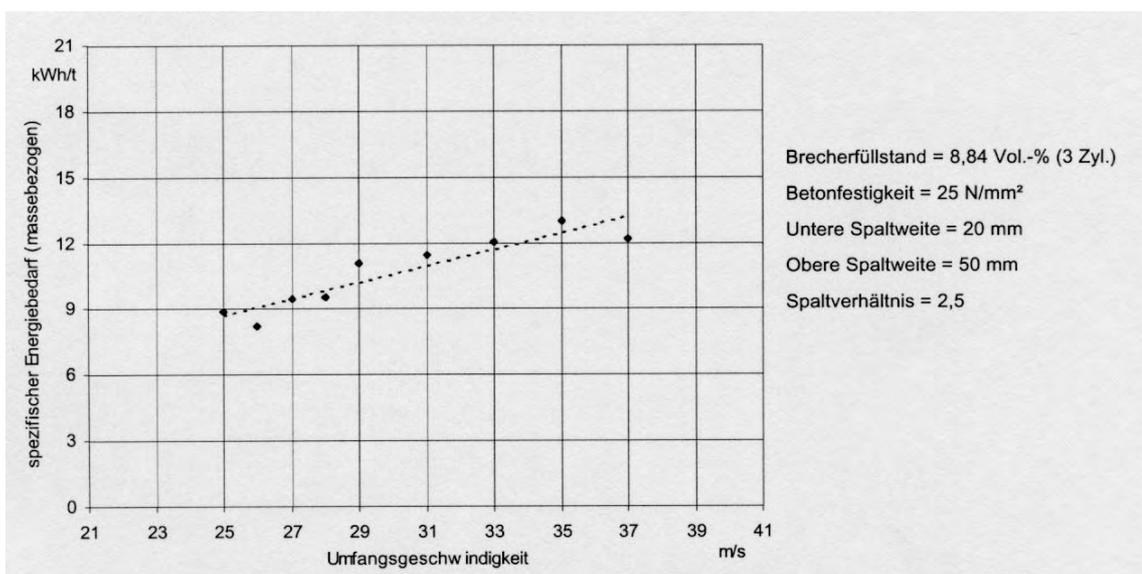


Abb. 17: Energiebedarf in Abhängigkeit von der Umlaufgeschwindigkeit

- Der Verschleiß an den Schlagleisten in Prallbrechern wird hauptsächlich durch folgende Punkte beeinflusst:
 - Wahl der Zerkleinerungsparameter
 - Festigkeit des aufgegebenen Materials
 - Form und Material der Schlagleisten
 - Anfahrverhalten des Brechers
 - Brecherfüllstand

Bei einem hohen Feststoffvolumenanteil im Prallraum wird das gegenseitige Zusammenstoßen der Bruchstücke erhöht, das heißt durch das zufällige Aufeinandertreffen der Bruchstücke wird die kinetische Energie der beschleunigten Teilchen für eine gegenseitige Zerkleinerung aufgebraucht und nicht an die Zerkleinerungswerkzeuge abgegeben.

Die Abb. 18 zeigt, dass bei einer kontinuierlichen Zerkleinerung von Betonbruch ein härterer Beton spröder und deshalb verschleißärmer zu zerkleinern ist.

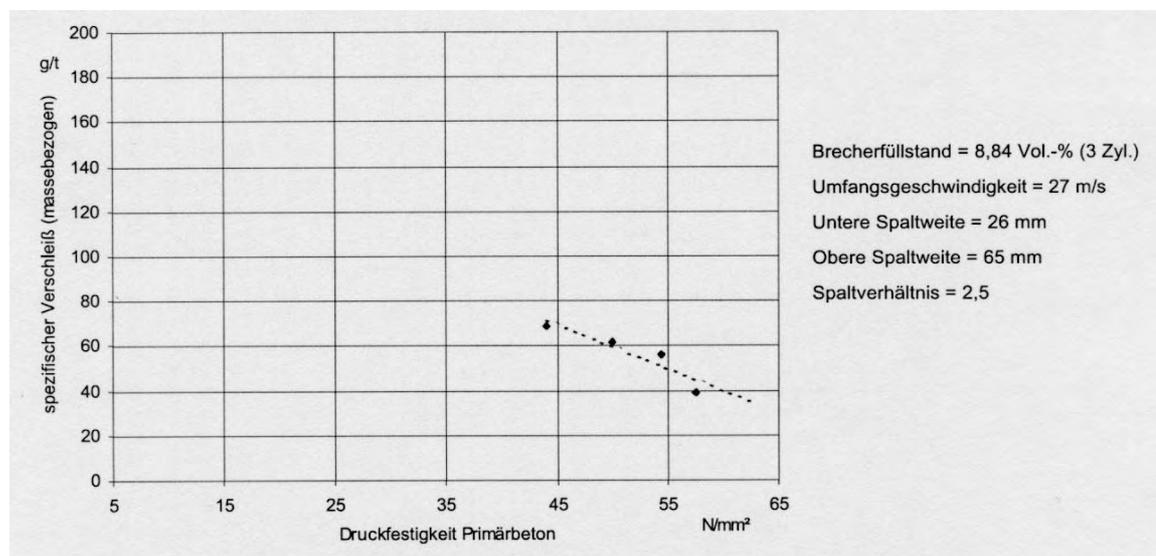


Abb. 18: Verschleiß an den Schlagleisten in Abhängigkeit von der Druckfestigkeit des Primärbetons

- Für die Qualität der Recyclingprodukte stellt die Korngrößenverteilung eine Kenngröße zur Beschreibung der geometrischen, bodenphysikalischen und bodenmechanischen Eigenschaften der Recyclingprodukte dar. Der Anteil an den unerwünschten Brechsanden < 2 mm soll möglichst klein gehalten werden, da

diese Sande keine besondere Verwendung finden. Die Abb. 19 zeigt, dass der Feinkornanteil im Betonsplitt durch optimale Umfangsgeschwindigkeiten des Rotors auf unter 30 Massenprozent gesenkt werden kann.

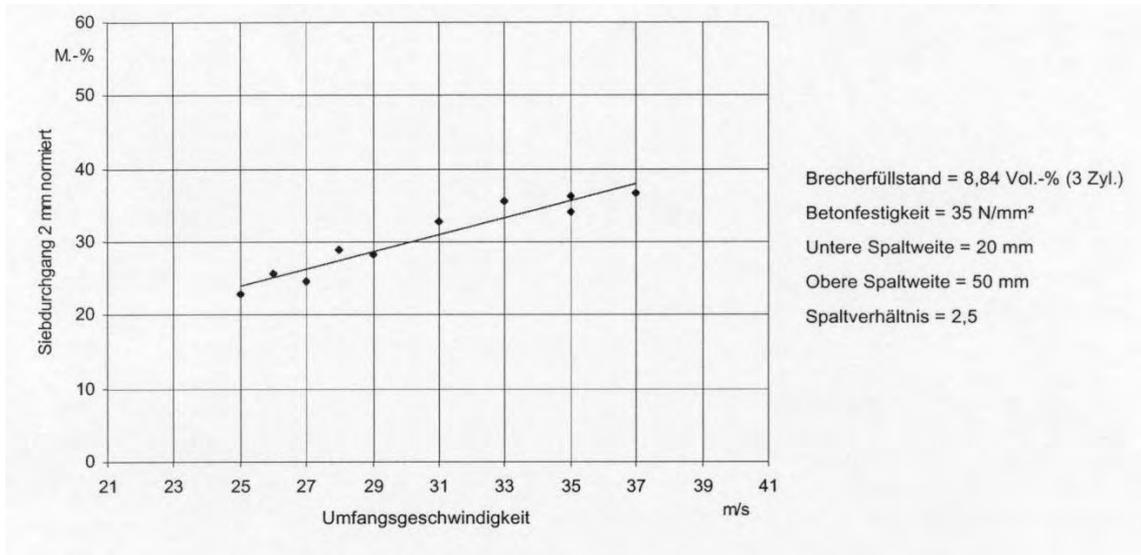


Abb. 19: Feinkornanteil (0/2mm) in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit des Rotors im Schlagkreis

- Backenbrecher

Das Brechgut wird im Arbeitsraum mit periodischen Pendelbewegungen der beweglichen Brechbacke im Spalt zwischen der beweglichen und der festen Backe beansprucht und gebrochen. Das Material rutscht im Intervall nach und verlässt nach entsprechender Zerkleinerung den Prozessraum.⁵²

Backenbrecher dienen zur Zerkleinerung von weniger harten und abrasiven⁵³ Materialien, sind aber auch für sehr harte bis mittelharte Gesteine und Materialien geeignet.

⁵² vgl. Lander, S. 6.

⁵³ Abrasion = Abschabung, Abtragung.

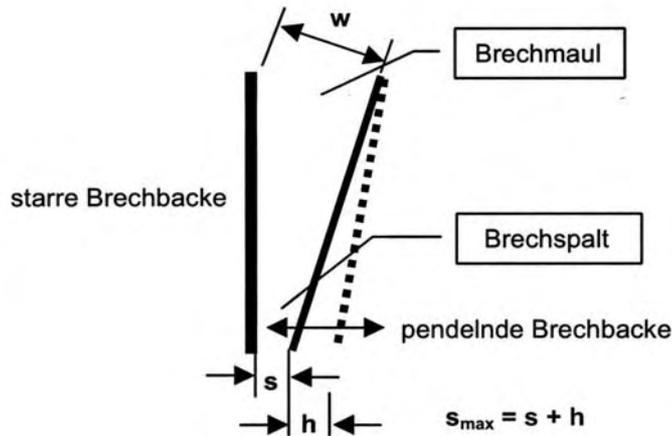


Abb. 20: Schematische Darstellung des Prozessraums eines Backenbrechers⁵⁴

- Kegelbrecher⁵⁵

Zwischen dem starren Brechmantel (a) und dem bewegten Brechkegel (b) findet die Zerkleinerung statt. Die leicht geneigte Brechkegelachse (c) und die Exzentrizität⁵⁶ des unteren Lagers führt zu einer periodisch, kreisenden Bewegung. Das Zerkleinerungsprinzip ähnelt dem des Backenbrechers. Der Kegelbrecher arbeitet jedoch gleichmäßig und kontinuierlich, da die Öffnungs- und Schließphase jeweils 180° versetzt stattfindet. Die Spaltweite und somit die Korngröße des Brecherproduktes kann durch Heben und Senken des Brechmantels variiert werden.

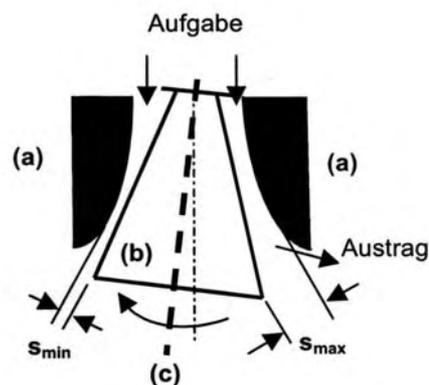


Abb. 21: Schema eines Kegelbrechers⁵⁷

⁵⁴ Lander, S. 6.

⁵⁵ vgl. Lander, S. 8.

⁵⁶ Exzentrizität = das Abweichen, Abstand vom Mittelpunkt.

⁵⁷ Lander, S. 8.

- Magnetabscheider⁵⁸

Zur Abtrennung von eisenhaltigen Bestandteilen wird ein Magnetabscheider verwendet, hierbei wird ein Magnetfeld durch einen Elektromotor erzeugt. Als Problem können sich Eisenteile herausstellen, die unter dem Material liegen. Diese können oft nicht erfasst werden, weil die Magnetabscheider nicht sehr stark sind. Metalle verursachen bei der Zerkleinerung oft große Schwierigkeiten. Weiters verursacht die elektrische Aufladung durch verschiedene Fraktionen, wie Folien, eine Verunreinigung, die entfernt werden muss. Auf alle Fälle rechtfertigt sich eine Aussortierung, da mit Metallen ein Erlös erzielt werden kann.

- Siebe und Roste⁵⁹

Mit Hilfe von Sieben und Rosten wird ein Stoffgemenge in Grob- und Feingutfraktion getrennt. Somit kann die Herstellung verkaufsfähiger Produkte mit bestimmter Korngröße gewährleistet werden. Als Klassiermaschinen werden häufig Trommelsiebe eingesetzt. Die Siebe bestehen aus robusten, zylindrischen Trommeln, die mit austauschbaren gelochten Blechen verkleidet sind.

- Windsichter

Trennung erfolgt im Luftstrom nach Form und Dichte.

- Handsortierung⁶⁰

Eine gute Überschaubarkeit des Materialstromes muss gewährleistet sein, damit einzelne Produkte, wie zum Beispiel Holz, Pappe oder Folie aussortiert werden können. Meist wird das aussortierte Material von den Sortierbändern über Abwurfschächte in darunter stehende Container geworfen.

⁵⁸ Herbort, S. 18.

⁵⁹ vgl. Herbort, S. 17.

⁶⁰ vgl. Herbort, S. 18.

5 Wirtschaftliche Aspekte des Baustoffrecyclings

Die Bauwirtschaft ist ein entscheidender Konjunkturmotor. Enorme finanzielle Mittel fließen in diesem Gewerbe, wobei die Bauwirtschaft auch viele Umweltprobleme schafft.

„Ziel muss es daher sein, die durch Bauaktivitäten ständig verursachten Belastungen der Natur durch geeignete Material-, Verfahrens- und Designauswahl auf das nach Stand unseres Wissens mögliche Maß zu minimieren.“⁶¹ „Die Wahrheit von gestern ist der Irrtum von heute.“⁶² Trotzdem sollte jeweils stets das aktuelle Wissen nach dem Stand der Technik und des Umweltschutzes vorgeschrieben und umgesetzt werden.

5.1 Qualität des Aufbereitungsproduktes im Vergleich zur Wirtschaftlichkeit

Die übergeordnete Zielvorstellung lautet, eine möglichst hochwertige Wiederverwendung anzustreben, um sich einem Recycling und nicht einem Downcycling anzunähern.

Für eine hochwertige und wirtschaftliche Wiederverwertung muss eine stationäre Anlage gewählt werden. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit wäre es günstig, solche Anlagen mit bereits bestehenden Kieswerken zu kombinieren. Wodurch die Mitbenützung einiger Betriebseinrichtungen möglich wäre.

5.2 Vergleich Deponierung, Transport und Recycling

In der Abb. 22 werden bestimmte Parameter der Aufbereitungsarten bzw. Aufbereitungsstufen bewertet. In der ersten Spalte werden die möglichen Aufbereitungsarten von Baurestmassen angeführt. In der zweiten Spalte wird der Recyclinggedanke der jeweiligen Aufbereitungsart bewertet. Die Entstehung der Materialtransportbelastungen wird in der dritten Spalte dargestellt. In der Spalte mit Deponierung wird die Aufbereitungsart mit sehr positiv deklariert, wenn die entstehenden Deponierungsmengen klein bleiben bzw. mit negativ, wenn größere Mengen anfallen. Die gesamte Umweltbelastung

⁶¹ Palinkas / Weber, S. 8.

⁶² Winkler, S. 5.

der jeweiligen Aufbereitungsart wird in der fünften Spalte beschrieben. In der Spalte der Thermischen Verwertung wird bewertet, welche Auswirkungen die Aufbereitung auf eine anschließende Verwertung in einer Müllverbrennung haben könnte.

Aufbereitungsart bzw. Aufbereitungsstufe	bewertete Parameter				
	Recycling	Transport	Deponierung	Umwelt	Thermische Verwertung
maximale Aufbereitung	++	0	++	++	+
Wirtschaftlichste Aufbereitung	+	0	+	+	0
Vor Ort Aufbereitung	++	++	+	+	0
Stationäre Aufbereitung	++	0	+	+	+
keine Aufbereitung	--	0	-	--	--

LEGENDE:

++	sehr positiv
+	positiv
0	neutral
-	negativ
--	sehr negativ

Abb. 22: Bewertung der Aufbereitungsarten

5.3 Gegenüberstellung der Aufbereitungs- und Deponierungskosten⁶³

5.3.1 Verwertung

Baurestmassen werden nur dann recycelt, wenn die Aufbereitungskosten geringer als die Aufwendungen für die Deponierung einschließlich der Baustoffbeschaffung sind. Die Wirtschaftlichkeit des Baurestoffrecyclings lässt sich nur mit Hilfe des Altlastensanierungsbeitrages erreichen, welcher bei einer langfristigen Deponierung zu zahlen ist.

⁶³ vgl. Baumgärtner, S. 29 ff.

5.3.2 Annahmepreise von Recyclingbetrieben

Die Annahmepreise für die diversen Baurestmassenarten schwanken von Recyclingbetrieb zu Recyclingbetrieb, aber auch mit der Art der Baurestmasse. Der Vergleich der Baurestmassenannahmepreise stellte sich als schwierig heraus. Die Baurestmassen werden am Eingang der Recyclingbetriebe per Augenschein eingestuft, wodurch natürlich keine exakte Abschätzung über die genaue Art und den Verunreinigungsgrad der jeweiligen Baurestmasse festgestellt werden kann. Weiters werden keine einheitlichen Sortenbezeichnungen und zum Teil andere Verrechnungseinheiten für die Sekundärrohstoffe verwendet. Eine Umrechnung zwischen den gebräuchlichen Einheiten Kubikmeter und Tonne kann aufgrund der unterschiedlichen Dichten der Baurestmassen nur ungenau durchgeführt werden.

Die Annahmepreise für Bodenaushub bewegen sich im Mittel je nach Qualität zwischen ca. 1,4 und 5,4 Euro pro Tonne. Bauschutt kann in sortenreiner Form für ca. 10 Euro abgegeben werden, unsortiert erhöhen sich die Kosten auf ca. 19 Euro. Bei einer starken Verunreinigung des Bauschuttes steigen die Annahmepreise auf rund 160 Euro.

Altasphalt kann bereits zwischen 3,5 Euro und 7,0 Euro pro Tonne entsorgt werden. Reiner Betonabbruch kostet zwischen 7,3 Euro und 14,5 Euro pro Tonne. Diese Preise sind alle exklusive Mehrwertsteuer, weiters muss der ALSAG – Beitrag hinzugerechnet werden.

Die Annahmepreise für Baurestmassen wurden aus einzelnen Betriebsbesuchen, Preishebungen bei insgesamt 28 Betrieben, Deponien und aus der Broschüre „Abfallbehandler und Deponien in Österreich 2003“ der Wirtschaftskammer Österreich ermittelt. Die zusammengefassten Annahmepreise mit der statistischen Auswertung werden im Anhang angeführt.

5.3.3 Verwertungskosten

Die Kosten für die Verwertung variieren in Abhängigkeit vom angelieferten Material. Mineralischer Bauschutt wird mit unterschiedlichem Verunreinigungsgrad angenommen und kann von sortenrein bis stark verunreinigt bis zu Baustellenabfall schwanken. Deshalb hängen die Verwertungskosten auch maßgeblich von der für die Aufbereitung nötigen Sortierarbeit ab.

5.3.3.1 Investitionskosten für die Anlage

In der Abb. 23 wird die Abhängigkeit der Investitionskosten von dem Durchsatz dargestellt. Die obere und untere Grenze von den Investitionskosten zur Durchsatzleistung wurde aus der Markt- und Technologiestudie „Vermeidung und Verwertung von Bau- restmassen und Wiederverwendung von Bauteilen“ von Thomas Palinkas und Jörg Weber entnommen. In diesen ermittelten Grenzen wird von einer stationären Anlage mit „Radlader, Stangensizer⁶⁴, Kratzkettenförderer, Walzenbrecher als Vorbrecher, Magnetabscheider, Sieb- und Sichteinrichtung und einer Prallmühle als Nachbrecher“⁶⁵ ausgegangen. Die Anlagenparameter für die stationären Anlagen stammen von Tiroler Aufbereitungsfirmen. Bei der komplett eingehausten Anlage müsste die Durchsatzleistung erhöht werden, um innerhalb die wirtschaftlichen Grenzen zu gelangen. Bei einer gedachten Verlängerung der beiden Grenzlinien liegt die offene stationäre Anlage innerhalb der Grenzen.

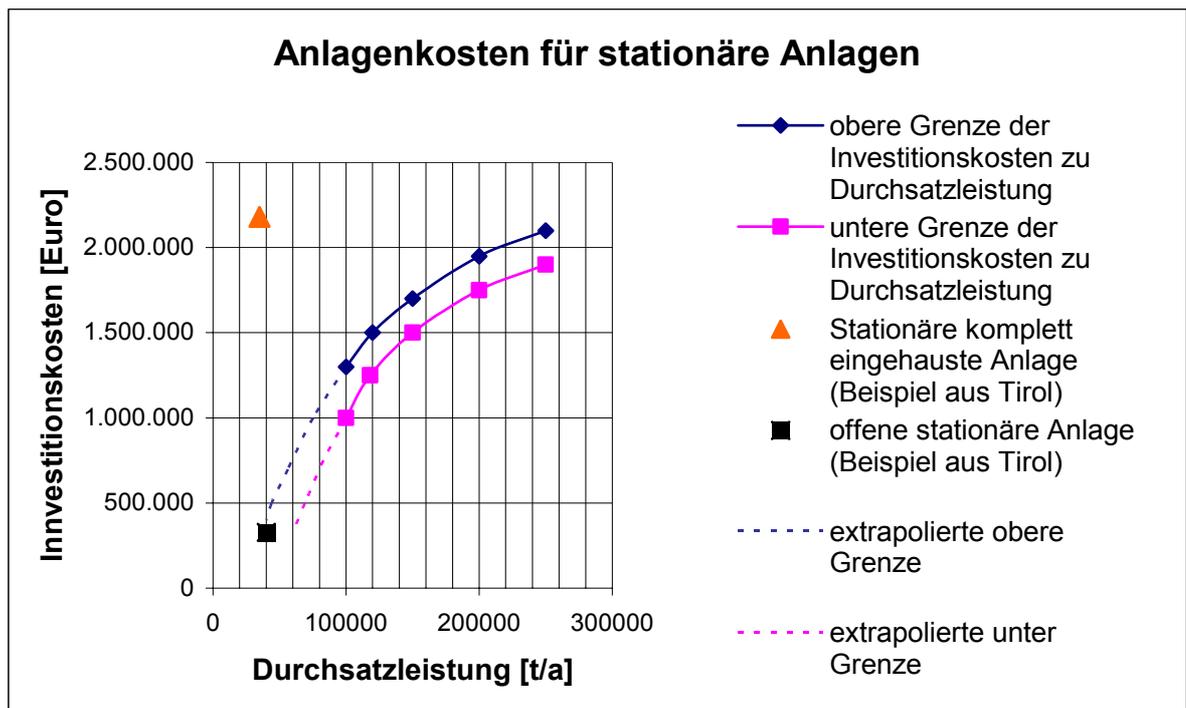


Abb. 23: Investitionskosten zu Durchsatz

⁶⁴ Stangensizer = große, vibrierende Stangengitter (für die Trennung von Grobteilen von den übrigen Bestandteilen).

⁶⁵ Palinkas, S.164.

5.3.3.2 Aufbereitungskosten für Baurestmassen

Die Aufbereitungskosten werden der Durchsatzleistung in der Abb. 24 gegenübergestellt. Die obere und untere Grenze von den Bauschutttaufbereitungskosten zur Durchsatzleistung wurde aus der Markt- und Technologiestudie „Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen“ von Thomas Palinkas und Jörg Weber entnommen. In diesen ermittelten Grenzen wird von einer stationären Anlage wie in Abb. 23 ausgegangen. Die eingezeichneten Werte der Aufbereitungskosten für Asphalt, Bodenaushub und Beton beziehen sich auf eine einzelne offene stationäre Anlage in Tirol. Die Bauschutttaufbereitungskosten sind aufgrund der unterschiedlichen Bauschuttzusammensetzung und Sortenreinheit großen Schwankungen unterworfen. Diese Aufbereitungskosten pro Tonne Bauschutt können zwischen 3 und 11 Euro schwanken. Im Normalfall bewegen sich die Aufbereitungskosten pro Tonne Bauschutt für eine teilweise eingehauste Anlage zwischen 6 und 7 Euro.

Die Abbildung zeigt einen degressiven⁶⁶ Einfluss des Durchsatzes auf die Kosten. Bei größeren Anlagen sollte der Durchsatz möglichst über 100.000 Tonnen pro Jahr liegen, um die Anlage wirtschaftlich betreiben zu können.

Die dargestellten Werte der Aufbereitungspreise für Asphalt, Bodenaushub, Beton und Bauschutt stellen nur einen Einzelwert dar und können somit nicht als allgemein gültig betrachtet werden.

⁶⁶ degressiv = abfallend, kontinuierlich vermindern.

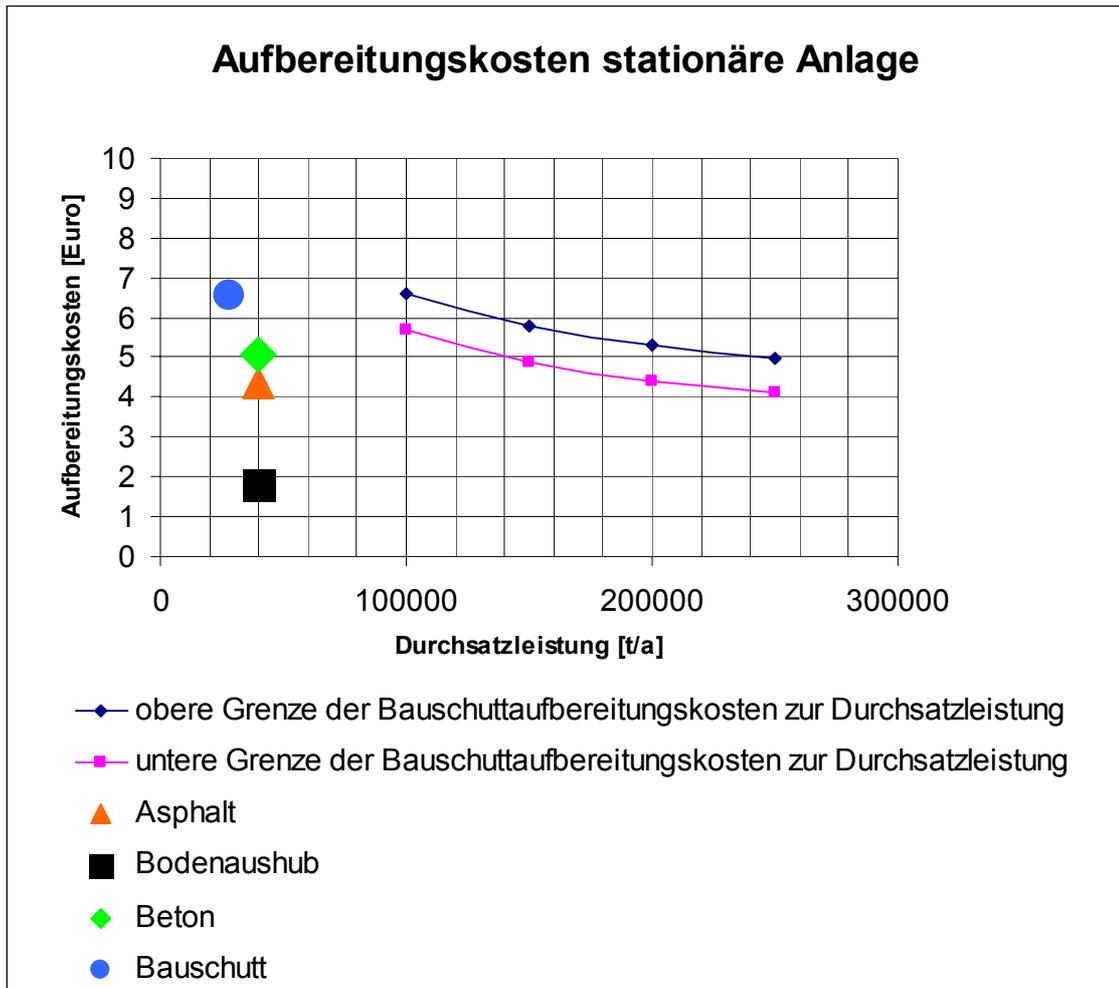


Abb. 24: Kosten zu Durchsatz

In der Abb. 25 wurde der Anstieg der Aufbereitungskosten pro Tonne Bauschutt im Vergleich zur Abnahme der Durchsatzleistung errechnet. Die ermittelten Werte beziehen sich auf eine stationäre Anlage und stellen nur grobe Anhaltswerte dar, da jede einzelne Anlage individuell betrachtet werden muss. Der rapide Anstieg der Aufbereitungskosten pro Tonne Bauschutt bei Abnahme der Durchsatzmenge kann als allgemein gültig angesehen werden. Die Werte über einem Durchsatz von 100.000 to/a stammen aus der Markt- und Technologiestudie „Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen“ von Thomas Palinkas und Jörg Weber. Die Werte unter 100.000 to/a wurden mit erarbeiteten Kalkulationsblättern errechnet.

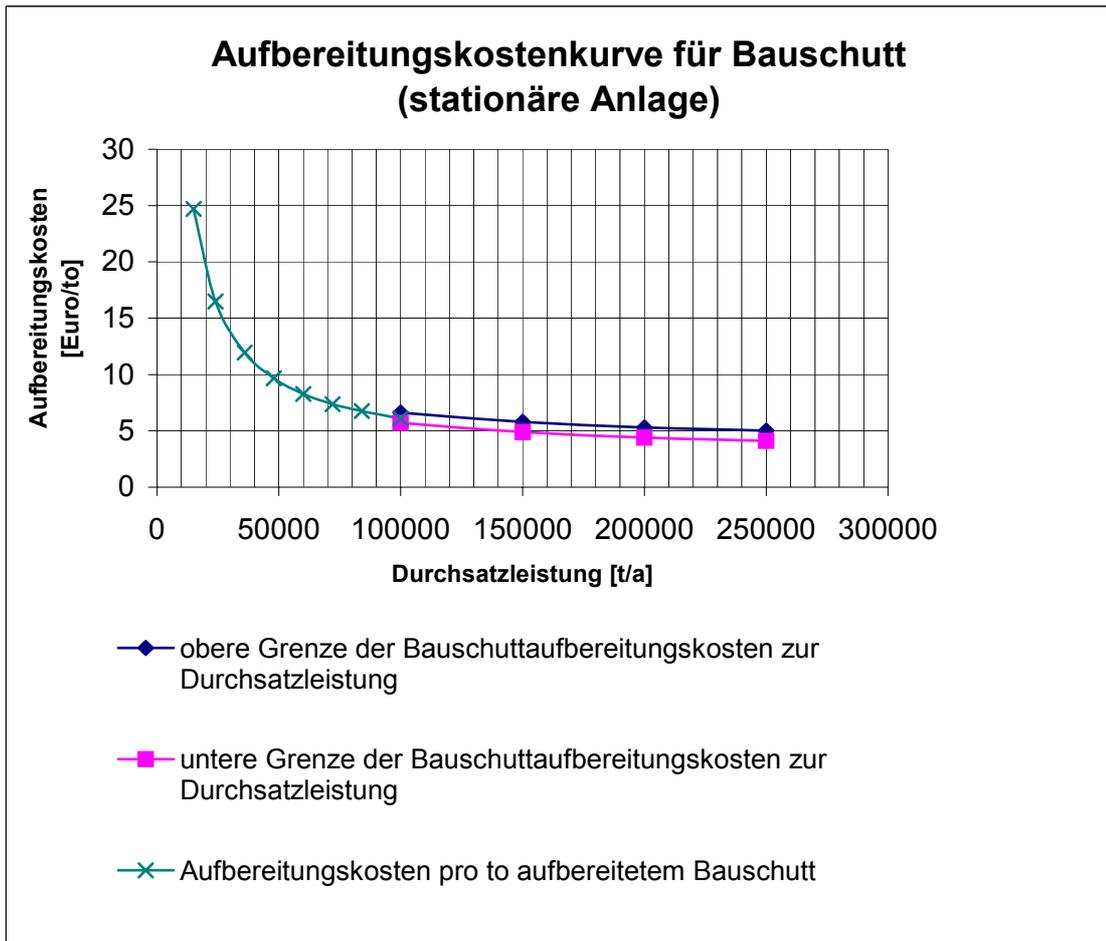


Abb. 25: Kosten für die Bauschutttaufbereitung

5.3.4 Verwertungserlöse

Bei den Verwertungserlösen können ebenfalls nur Richtwerte angegeben werden, da die aktuellen Preise variieren. Die Recyclingfirmen bereiten die Baurestmassen zu verschiedenen Körnungsklassen auf und verkaufen ihre Produkte auf dem freien Markt.

Mineralische Recyclingbaustoffe kosten im Mittel zwischen 5 Euro und 8 Euro pro Tonne, diese Preise sind alle exklusive Mehrwertsteuer.

Die Abgabepreise für mineralische Recyclingbaustoffe stammen aus einzelnen Betriebsbesuchen und Preiserhebungen bei Betrieben. Die zusammengefassten Annahmepreise mit der statistischen Auswertung werden im Anhang angeführt.

5.3.5 Entsorgung

Baurestmassen werden üblicherweise in dafür vorgesehenen Deponien entsorgt. Die dafür zu entrichtenden Entsorgungsgebühren richten sich nach der Sortenreinheit der angelieferten Baurestmassen. Sortenreinere Produkte werden somit zu günstigeren Tarifen als Gemische übernommen. Die Deponiekosten können durch Sortierarbeiten vermindert werden.

5.4 Entsorgungslogistik

Bei der Entsorgungslogistik hat der Güterfluss eigentlich das Ende seines ursprünglichen Verwendungszweckes erreicht. „Dieses vorliegende Material bzw. Rückstände können in Sekundärrohstoffe und Abfälle geteilt werden. Der Materialstrom fließt vom Absatzmarkt zum Entsorgungsmarkt, das heißt in eine Deponie, Verbrennungsanlage oder in eine Verwertungsanlage. Die Sekundärrohstoffe verschieben sich vom Absatzmarkt zum Beschaffungsmarkt.

Die Entscheidung, ob die Baurestmassen verwertet oder entsorgt werden, ist von einigen Faktoren, wie gesetzliche Vorschriften, technische und organisatorische Möglichkeiten, Wiedereinsatzbarkeit von Sekundärbaustoffen und Sortenreinheit der Rückstände abhängig.“⁶⁷

5.5 Kalkulationsgrundlagen bei der Wiederaufbereitung

Kalkulationsbeispiele von zwei stationären Aufbereitungsanlagen wurden erarbeitet und durchgerechnet. Dabei zeigte sich die Durchsatzleistung als wesentlicher Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit. „Praktische Erfahrungen mit anderen Aufbereitungsanlagen haben ergeben, dass wegen des Kostendegressionseffektes stationäre Anlagen erst ab einem Minstdurchsatz von 100.000 to/a wirtschaftlich arbeiten.“⁶⁸

Die Zielsetzung dieser Kalkulationen stellt sich weniger auf absolute Angaben als auf die Kostenstrukturen von Investition, Betriebskosten und der Einfluss von Annahmeerlöse der Baurestmassen und Abgabepreise von den Sekundärprodukten, welche untersucht werden sollten.

⁶⁷ vgl. Konrad, S.10.

⁶⁸ Palinkas, S.170

Als erstes wurde eine offene stationäre Anlage zur Baurestmassenaufbereitung kalkuliert. Die fiktive Anlage besteht aus einer Prallbrechanlage und der dazu nötigen Ausrüstung, wie zum Beispiel Radlader und Waage. Die Anzahl der Arbeiter wurde mit 3 angenommen. Der Baurestmassenanfall wurde wie bei einer bereits in Tirol bestehenden Aufbereitungsfirma angenommen. (Anhang: Kalkulation Recycling, Baurestmassendurchsatz: 77.000 to/Jahr) Der Durchsatz betrug 77.000 Tonnen pro Jahr. Die Annahmeerlöse für die Baurestmassen wurden aus den ermittelten Mittelwerten von Tiroler Aufbereitungsfirmen entnommen, ebenso wurde der Durchschnittserlös für Recyclingbaustoffe aus dieser Ermittlung bezogen. Diese Anlage ergab einen Gewinn von über 300.000 Euro.

Wird der Durchsatz auf 15.800 Tonnen pro Jahr reduziert, kommt man auf einen Verlust von rund 290.000 Euro im Jahr. (Anhang: Kalkulation Recycling, Baurestmassendurchsatz: 15.800 to/Jahr)

Bei einem Durchsatz von 55.000 Tonnen pro Jahr erwirtschaftet man noch einen Gewinn von ca. 56.000 Euro. (Anhang: Kalkulation Recycling, Baurestmassendurchsatz: minimal wirtschaftlichster Durchsatz)

Als zweites wurde eine eingehauste stationäre Anlage betrachtet. Die Anlagenkosten dieser Anlage sind bei weitem höher, eine solche Anlage besteht aus einer kompletten Aufbereitungshalle mit mehrstufigen Aufbereitungsschritten.

Der Baurestmassenanfall wurde wie bei einer bereits in Tirol bestehenden Aufbereitungsfirma angenommen. (Anhang: Kalkulation Recycling, Baurestmassendurchsatz: 15.800 to/Jahr) Der Durchsatz beträgt dabei 15.800 Tonnen pro Jahr, dabei ergab sich ein Verlust von über 580.000 Euro. Damit ein Gewinn von knapp über 65.000 Euro erreicht wird, muss der jährliche Durchsatz mindestens 85.000 Tonnen betragen.

5.6 Derzeitiger Stand von Recyclinganlagen in Tirol und ihre Auslastung

Die derzeit bestehenden Anlagen müssten imstande sein, die anfallenden Baurestmassen aufzubereiten. Allerdings spielen die einzelnen Ausstattungen, Lagerplätze und andere Aufbereitungseinflüsse eine weitere entscheidende Rolle für die Aufbereitungsmöglichkeiten. Der Transport von weiter entfernten aufzubereitenden Baurestmassen spielt eine weitere Rolle für eine wirtschaftliche Aufbereitung.

Die meisten Anlagen in Tirol sind zu wenig ausgelastet, bei befragten Firmen wurden Auslastungsraten zwischen 60% und 80% angegeben. Die Aufbereitungsmengen könnten somit auf 20% bis 40% erhöht werden, diese Auslastungsrate bezieht sich auf die Monate März bis November. In den verbleibenden Monaten wird aus klimatischen Gründen meist keine Aufbereitung durchgeführt.

Eine genaue Ermittlung der Auslastung der Recyclingfirmen ist aufgrund mangelnder Daten nicht möglich.

6 Baurestmassenrecycling in Tirol

6.1 Abfallwirtschaft in Tirol

6.1.1 Geschichtlicher Überblick der Bauabfallentsorgung in Tirol

Vor einigen Jahrzehnten präsentierte sich die Situation der Baurestmassenproblematik noch anders als heute. Damals wurden weniger Bauwerke abgebrochen und auch lang nicht so viele neue Bauwerke errichtet. Bodenaushub fiel zu jener Zeit auch wenig an, da die Gebäude nur selten unterkellert wurden. Auch der Bau von Tiefgaragen für Kraftfahrzeuge war damals noch nicht das große Thema. Heute sind der Motorisierungsgrad und der Grundstückspreis hoch, darum wird auch vermehrt in die Tiefe gebaut.

Früher wurden die anfallenden Baurestmassen zumeist in der gemeindeeigenen Deponie gemeinsam mit dem Hausmüll abgelagert. Diese Gemeindedepo­nien wurden aber vermehrt geschlossen, wodurch eigene Deponien für diese Baurestmassen benötigt werden. Entweder wurden diese Hausmülldeponien als Inertstoffdeponien weiter betrieben oder neue Standorte gesucht. Für die Genehmigung einer derartigen Deponie waren die Bestimmungen des Wasserrechtes einzuhalten.

Zurzeit werden in Tirol ca. 120 genehmigte Bodenaushub- und Bauschuttdeponien betrieben.⁶⁹

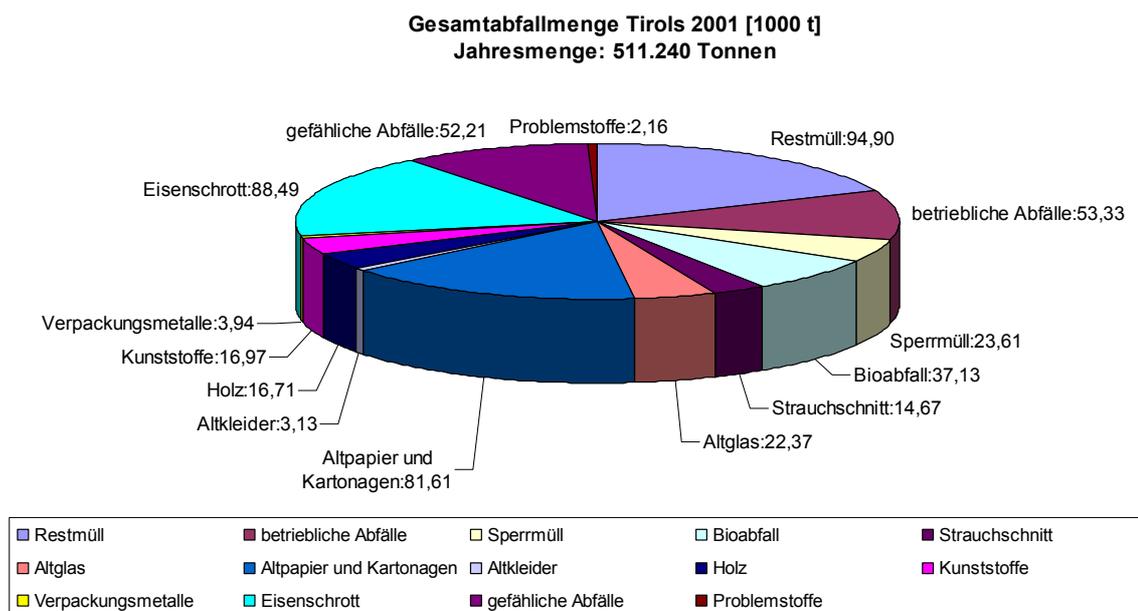
6.1.2 Abfallmengen in Tirol

Die folgenden angeführten Abfallmengen sind veröffentlichte Abfallzahlen des Lands Tirols. Es handelt sich hierbei um Daten, die dem Amt der Tiroler Landesregierung gemeldet wurden. Man kann davon ausgehen, dass die tatsächlichen Zahlen etwas höher sein werden. In den folgenden Abfallmengenvergleichen wird deutlich, dass die Baurestmassen den größten Anteil am Gesamtabfallaufkommen darstellen.

Die Bevölkerungszahl von Tirol für die Errechnung vom Prokopfaufkommen der Abfallmengen wird laut dem Amt der Tiroler Landesregierung mit 682.638 Einwohnern angegeben (Stand Oktober 2003).

⁶⁹ www.sauberes-tirol.at, 12.9.2003.

Abfallmengenart	[to / Jahr]	[Kg / Einwohner / Jahr]	[Prozent]
Gesamtabfall (ohne Baurestmassen) Tirol 2001	511.240	ca. 749	30,1
Baurestmassen Tirol 2001	1.188.900	ca. 1.742	69,9
Summe	1.700.140	ca. 2.491	100,0

Abb. 26: Abfallmengen Tirols 2001⁷⁰Abb. 27: Gesamtabfallmengen Tirols 2001⁷¹⁷⁰ vgl. www.tirol.gv.at, 13.10.2003.⁷¹ vgl. www.tirol.gv.at, 25.08.2003.

Abfallmengenart	[to / Jahr]	[Kg / Einwohner / Jahr]	Prozent
Gesamtabfallmenge (ohne Baurestmassen) Tirol 2002	535.370	ca. 784	26,7
Baurestmassenmenge Tirol 2002	1.471.800	ca. 2.156	73,3
Summe	2.007.170	ca. 2.940	100,0

Abb. 28: Abfallmengen Tirols 2002⁷²

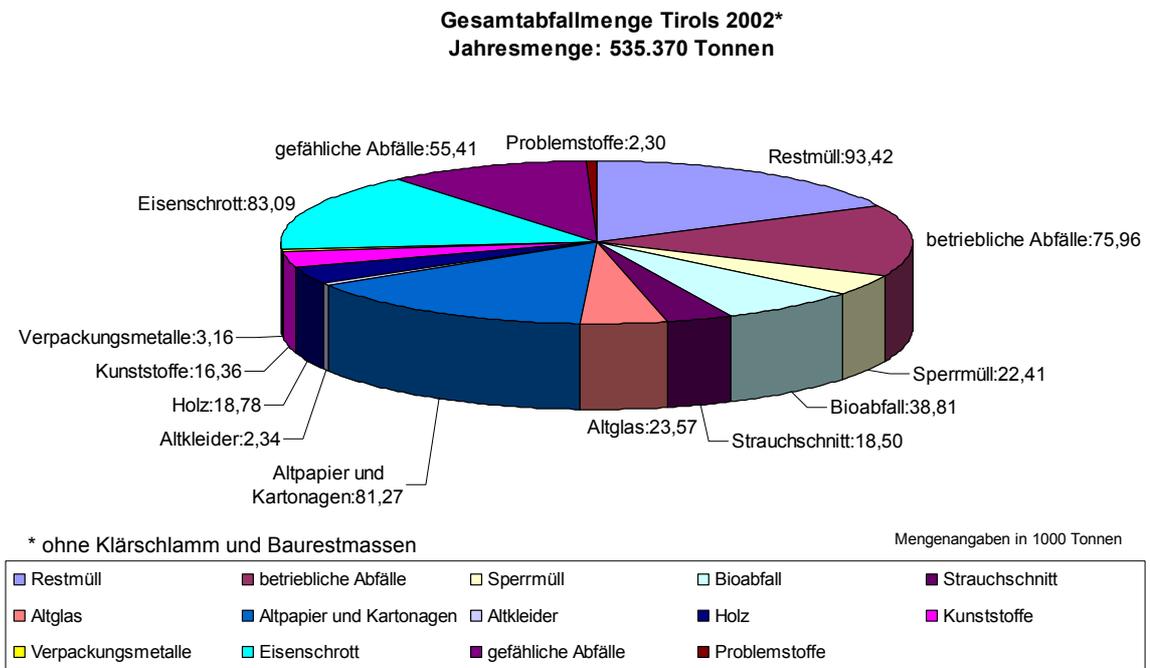


Abb. 29: Gesamtabfallmengen Tirols 2002⁷³

Im Vergleich vom Jahr 2001 zum Jahr 2002 lässt sich eine Steigerung der Gesamtabfallmengen erkennen.

⁷² vgl. www.tirol.gv.at, 25.08.2003.

⁷³ vgl. www.tirol.gv.at , 03.11.2003.

6.1.3 Baurestmassenmengen in Tirol

In den nachfolgenden Tabellen wird das Baurestmassenaufkommen vom Jahr 2001 mit dem des Jahres 2002 verglichen. Diese Mengenangaben wurden dem Amt der Tiroler Landesregierung gemeldet. Das tatsächliche Baurestmassenaufkommen dürfte aller Voraussicht nach höher sein.

Baurestmassenart	[to / Jahr]	[Kg / Einwohner / Jahr]	[Prozent]
Betonabbruch	57.640	84,4	4,9
Bodenaushub	919.430	1346,9	77,3
Asphaltaufbruch	41.580	60,9	3,5
Bauschutt	170.250	249,4	14,3
Summe	1.188.900	1741,6	100,0

Abb. 30: Baurestmengen Tirols 2001⁷⁴

Baurestmassenart	[to / Jahr]	[Kg / Einwohner / Jahr]	[Prozent]
Betonabbruch	88.240	129,3	6,0
Bodenaushub	1.103.150	1616,0	75,0
Asphaltaufbruch	58.020	85,0	3,9
Bauschutt	222.390	325,8	15,1
Summe	1.471.800	2156,1	100,0

Abb. 31: Baurestmengen Tirols 2002⁷⁵

⁷⁴ vgl. www.tirol.gv.at, 03.11.2003.

⁷⁵ vgl. www.tirol.gv.at, 03.11.2003.

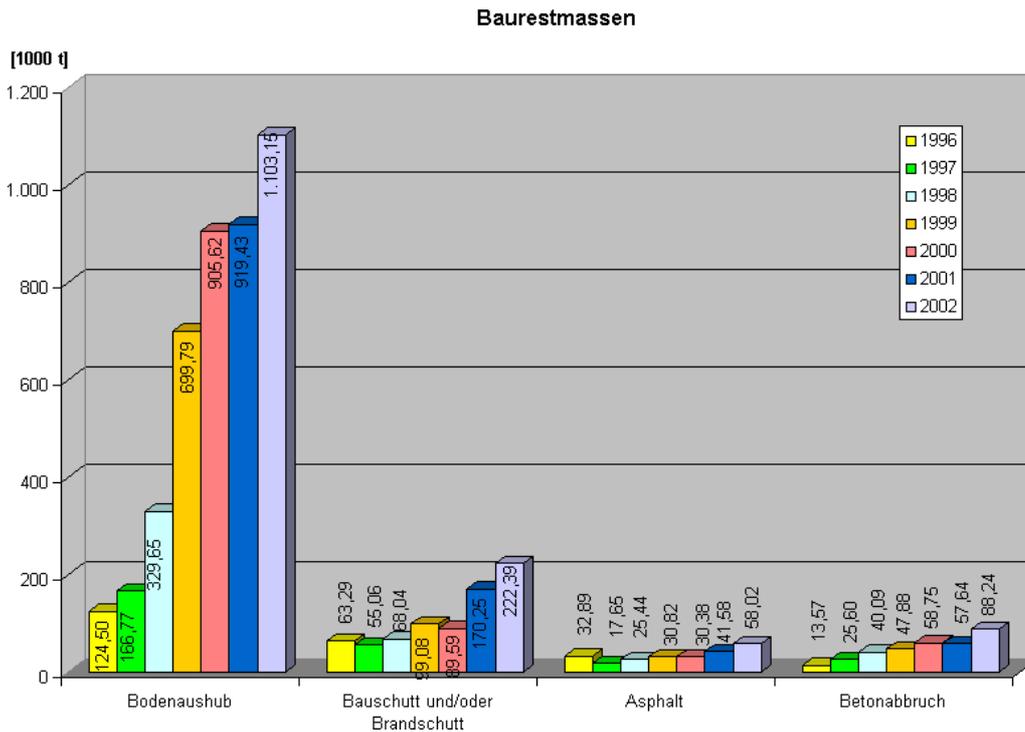


Abb. 32: Baurestmassenmengenentwicklung in Tirol⁷⁶

Im Jahr 2002 wurden insgesamt 420.420 Tonnen Baurestmassen in Aufbereitungsanlagen angenommen und aufbereitet. Der Gesamtanteil der Baurestmassen die 2002 aufbereitet wurden betrug knapp 30%. Beim Betonabbruch- und den Asphaltaufbruchmassen wurden fast die gesamten anfallenden Restmassen aufbereitet. Beim Bauschutt wurde etwa die Hälfte in eine Aufbereitungsanlage gebracht. Beim Bodenaushub beträgt der Anteil der Aufbereitung nur 15%.

Art der Baurestmassen	Menge Baurestmassen [to / Jahr]	Input Aufbereitungsanlage [to / Jahr]	Anteil der Aufbereitung
Betonabbruch	88.240	86.860	98,4 %
Bodenaushub	1.103.150	165.250	15,0 %
Asphaltaufbruch	58.020	54.850	94,5 %
Bauschutt	222.390	113.460	51,0 %
Summe	1.471.800	420.420	28,6 %

Abb. 33: Bauschutttaufbereitungsanlagen INPUT 2002 in Tirol⁷⁷

⁷⁶ www.tirol.gv.at, 03.11.2003.

⁷⁷ vgl. www.tirol.gv.at, 03.11.2003.

Baurestmengenart	Baurestmassenanfall [to / Jahr]	Input Aufbereitungsanlage [to / Jahr]	Output Aufbereitungsanlage [to / Jahr]
Betonbruch			126.120
Kies, Schotter			97.600
Mineralische Recyclingbaustoffe			64.570
Bruchasphalt			55.030
Hinterfüllmaterial			38.060
Asphalt / Beton Mischgranulat			23.460
Humus			8.030
Summe	1.471.800	420.420	412.870
Input und Output bezogen auf den Baurestmassenanfall in [%]	100 %	28,6 %	28,1 %
Baurestmassenoutput bezogen auf das Baurestmasseninput in [%]		100 %	98,2 %

Abb. 34: Bauschutttaufbereitungsanlagen OUTPUT 2002 in Tirol⁷⁸

In den Abb. 33 und Abb. 34 wird die In- und Outputsituation von den Tiroler Baurestmassenaufbereitern tabellarisch angeführt und statistisch ausgewertet.

⁷⁸ vgl. www.tirol.gv.at, 03.11.2003.

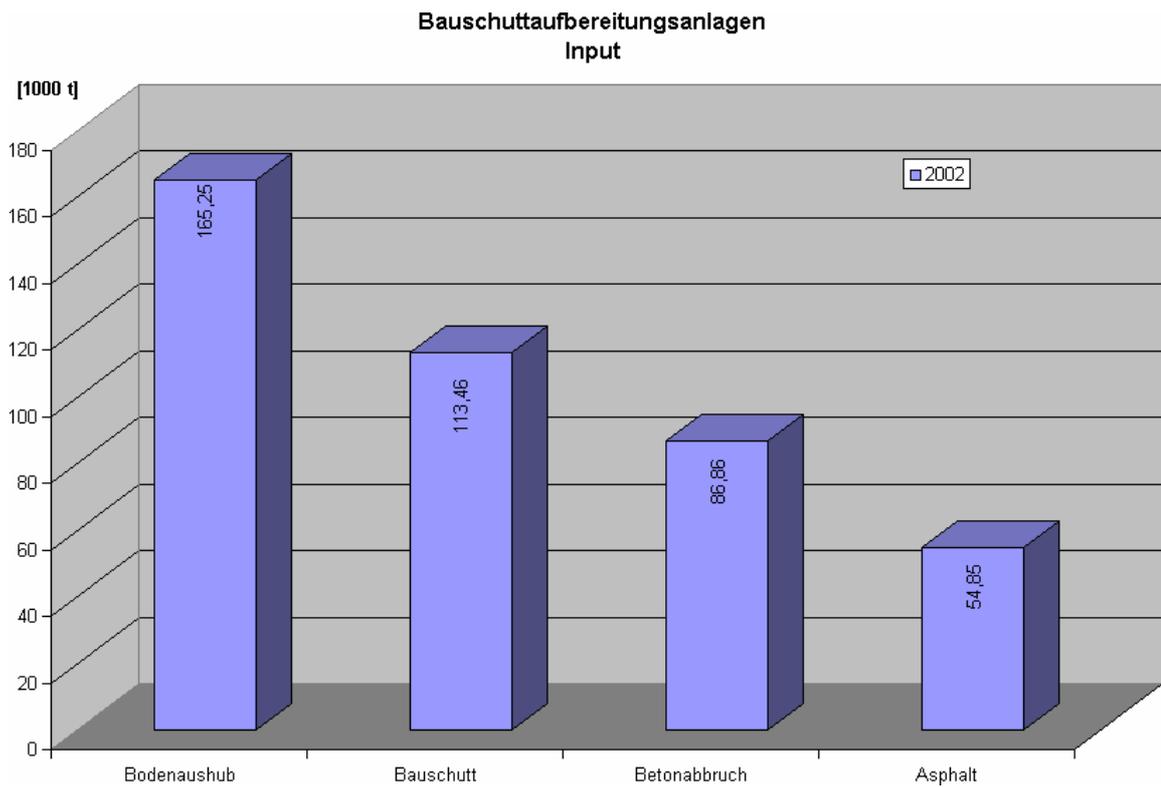


Abb. 35: Bauschutttaufbereitungsanlagen Input 2002 in Tirol⁷⁹

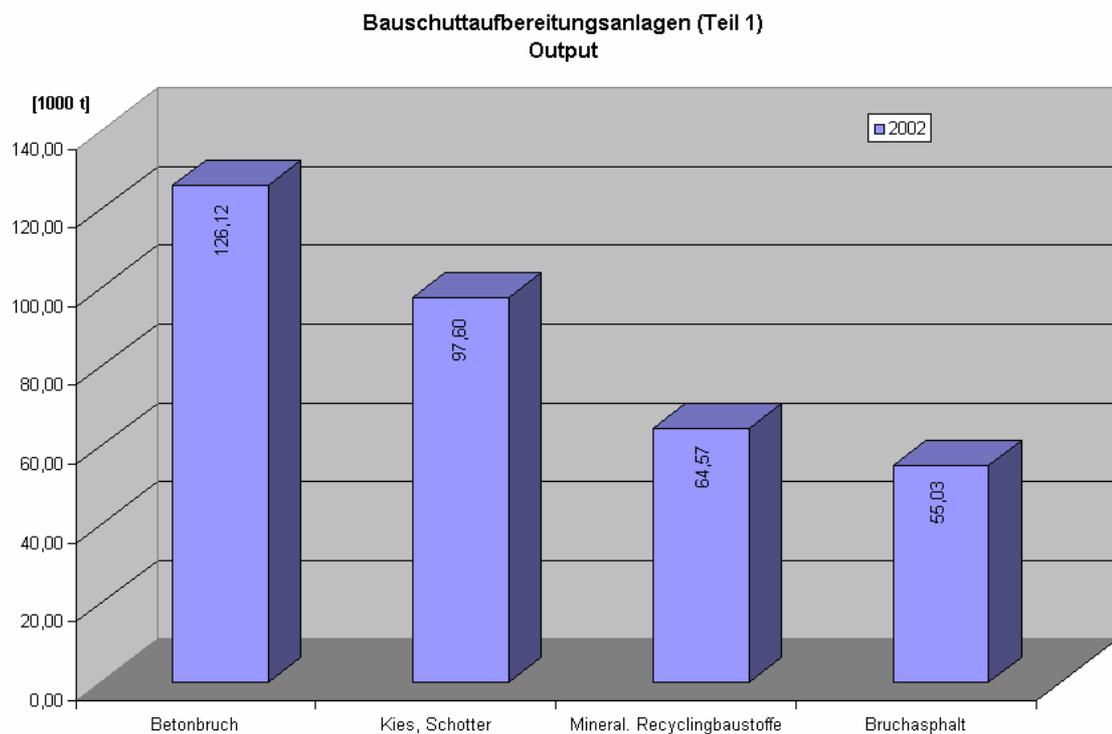


Abb. 36: Bauschutttaufbereitungsanlagen Output 2002 (Teil 1) in Tirol⁸⁰

⁷⁹ www.tirol.gv.at, 03.11.2003.

⁸⁰ www.tirol.gv.at, 03.11.2003.

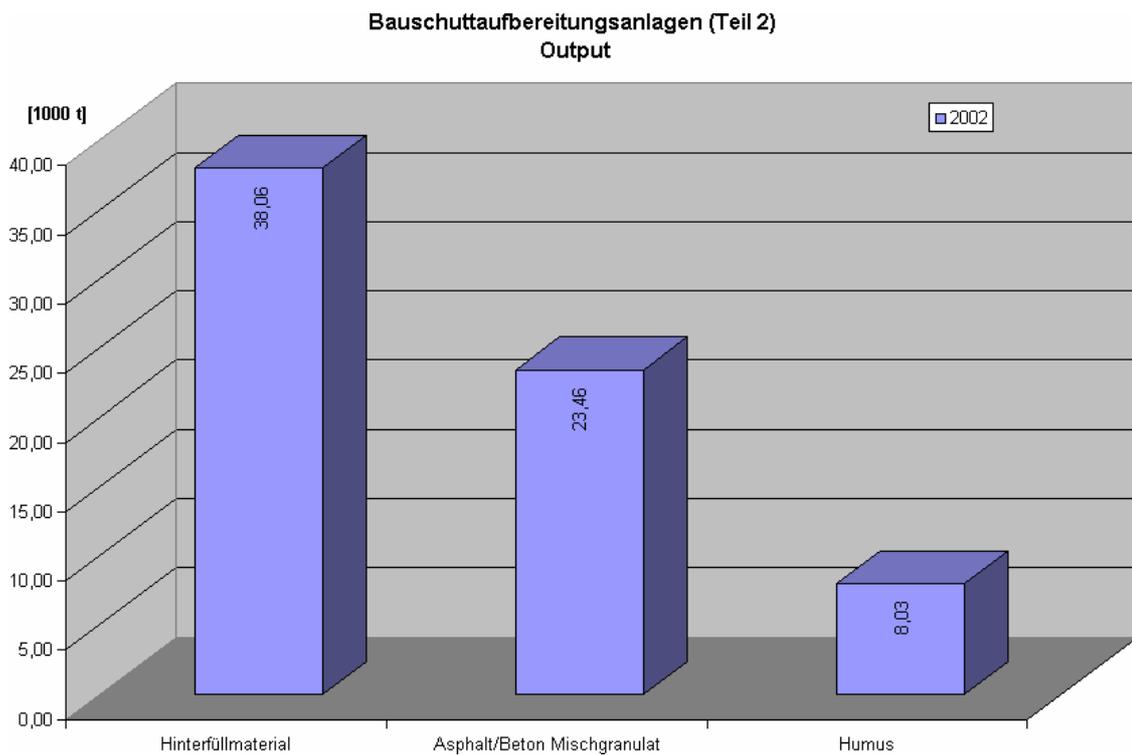


Abb. 37: Bauschutttaufbereitungsanlagen Output 2002 (Teil 2) in Tirol⁸¹

In der Abb. 35 sieht man den Input-Anteil in Tiroler Aufbereitungsanlagen. An erster Stelle bei den Inputmengen steht der Bodenaushub gefolgt, von Bauschutt, Betonabbruch und Asphalt.

In der Abb. 36 und Abb. 37 wird der Output von Bauschutttaufbereitungsanlagen dargestellt. Die größten produzierten Mengen stellen dabei der Betonbruch gefolgt von Kies, Schotter und anderen mineralischen Recyclingbaustoffen dar.

6.1.4 Standorte der Tiroler Recyclingbetriebe

Baurestmassen werden im gesamten Tiroler Raum aufbereitet. Recyclingbetriebe sind oftmals entweder in der Nähe von Deponien oder bei Schottergruben und Steinbrüchen angesiedelt.

⁸¹ www.tirol.gv.at, 03.11.2003.

6.1.5 Mitglieder des Österreichischen Baustoff-Recycling Verbandes⁸²

- Ing. Hans Bodner Bauges.m.b.H. & Co KG, Kirchbichl, mobil
- Edenstrasser Verwaltungs-Ges.m.b.H. Sand-Kieswerke, Wörgl, mobil
- Hartseinwerk Kitzbühel Ges.m.b.H, Oberndorf, stationär
- Josef Kurz & Co KG Bauunternehmen, Langkampfen, semimobil
- Plattner & Co, Zirl, stationär
- STRABAG AG, Kundl, stationär
- Derfesser Recycling & Entsorgung Pill GmbH
- Erich Schöpf Mobiles Baustoff-Recycling, Hall in Tirol

6.2 Deponien in Tirol

In Tirol werden folgende Massenabfalldeponien betrieben:

- Deponie Ahrental
- Deponie Riederberg
- Deponie Jochberg
- Deponie Roppen
- Deponie Sölden
- Deponie Lavant

In zahlreichen Tiroler Gemeinden werden Bodenaushubdeponien betrieben. Die genauen Standorte der Deponien werden auf den diversen Internetseiten vom Land, dem Umweltbundesamt oder der Wirtschaftskammer verlautbart.

6.3 Exemplarische Beschreibung von Recyclingbetrieben

6.3.1 Betriebsbeschreibung von der Firma Plattner & Co

„Die Firma Plattner betreibt seit dem 19. Jahrhundert im Bereich Zirl – Martinsbühel einen Steinbruch, dort werden hauptsächlich gebrochene und klassierte Körnungen hergestellt. Dieses Material wird vor allem an Fertigbeton-, Betonfertigteil- und Asphalt-

⁸² vgl. Baustoff-Recycling-Anlagen in Österreich, Stand September 2003.

werke und als Wintersplitt verkauft. Neben diesen primären Rohstoffen aus dem Steinbruch werden auch Sekundärbaustoffe hergestellt bzw. angeboten.⁸³

Die Aufbereitungsschiene wird von der Firma Plattner erst seit kurzem gefahren. „Eine stationäre Wiederaufbereitungsanlage wird seit 3 Jahren auf dem Areal der Firma betrieben. Weiters steht eine mobile Brechanlage seit 2 Jahren zur Verfügung, welche Tirolweit auf verschiedenen Baustellen zum Einsatz kommt.“⁸⁴

Die in Abb. 38 dargestellte offene stationäre Anlage steht auf dem Firmenareal der Firma Plattner in Zirl. Mit dieser Anlage wird Bruchasphalt, Betonbruch und Bauschutt aufbereitet. Den größten Anteil der angenommenen Baurestmassen stellt der Bodenaushub mit ca. 70.000 Jahrestonnen dar, gefolgt vom Bauschutt mit ca. 50.000 Jahrestonnen und bituminösem Straßenaufbruch mit ca. 10.000 Jahrestonnen. Beim Bodenaushub kann ca. die Hälfte aufbereitet werden, beim Bauschutt ca. 60% und beim Asphalt werden nahezu 100% wiederverwertet.

Die Firma Plattner besitzt 2 befestigte Lagerplätze mit insgesamt ca. 16.000 m².



Abb. 38: offene stationäre Aufbereitungsanlage (Firma Plattner)

⁸³ vgl. www.plattner.co.at, 14.10.2003.

⁸⁴ Gespräch und Anlagenbesichtigung mit Betriebsleiter Kirchmair, Firma Plattner & Co, 16.10.2003.

6.3.2 Betriebsbeschreibung von der Firma Derfesser Recycling & Entsorgung Pill GmbH⁸⁵

Im Gewerbegebiet Pill betreibt die Firma Derfesser Recycling & Entsorgung Pill GmbH eine Aufbereitungsanlage für Baurestmassen. Auf dem befestigten ca. 5.000 m² großen Lagerplatz werden jährlich ca. 20.000 Tonnen Bauschutt zwischengelagert. Der Bauschutt kann so nach und nach mit der stationären Aufbereitungsanlage behandelt werden. Diese Anlage besteht bereits seit 6 Jahren und es werden Recyclingprodukte hergestellt.



Abb. 39: Stationäre Aufbereitungsanlage (Firma Derfesser Recycling & Entsorgung Pill)

Die Firma Derfesser Recycling & Entsorgung stellt mit ihrer in Abb. 39 dargestellten Aufbereitungsanlage Recyclingprodukte laut den Richtlinien vom Österreichischen Baustoff-Recycling Verband her. Die Firma Derfesser produziert Recycelte mineralische Hochbaurestmassen (RMH) mit den Körnungen 0/32 mm (Produkt 1) und 32/63 mm (Produkt 2) der Güteklasse II.

⁸⁵ Gespräch und Anlagenbesichtigung mit Dr. Löderle, Firma Derfesser, 31.10.2003.

6.3.3 Betriebsbeschreibung von der Firma Gebrüder Scheiber⁸⁶

Die Gebrüder Scheiber betreiben in Längenfeld seit dem Frühjahr 2000 eine komplett eingehauste Aufbereitungsanlage. In dieser Anlage werden mineralische Baurestmassen vorwiegend aus dem Ötztal aufbereitet. In der Abb. 40 sieht man die Aufbereitungshalle der Firma Scheiber. Auf der Längsseite befinden sich Speicherplätze für die getrennte Lagerung der Kornfraktionen.



Abb. 40: Stationäre Aufbereitungshalle (Firma Scheiber)

Die Abb. 41 und Abb. 42 zeigen das Innere der Aufbereitungshalle.

Auf der Abb. 41 erkennt man die Steuerzentrale, in der sich die Computersteuerung befindet, mittels der Filteranlage erfolgt die Abscheidung der kleineren Körnungen.

⁸⁶ Gespräch und Anlagenbesichtigung mit Herrn Scheiber und Herrn Raich, Firma Scheiber, 7.11.2003.



Abb. 41: Stationäre Aufbereitungshalle innen links (Firma Scheiber)



Abb. 42: Stationäre Aufbereitungshalle innen rechts (Firma Scheiber)

In der Abb. 42 erkennt man einen Magnetabscheider für die Abtrennung von eisenhaltigen Inhaltsstoffen. In der orangefärbigen Sortierhalle werden Fremdstoffe heraussortiert und in die darunter stehenden Container abgeworfen.

Der Bodenaushub stellt mengenmäßig mit ca. 14.000 Jahrestonnen die größte angenommene Baurestmassenart dar, gefolgt von ca. 8.000 bis 9.000 Tonnen pro Jahr Bauschutt und ca. 2.000 to Bruchasphalt.

Es werden verschiedene Körnungen von Recyclingsand, Recyclingbruch, Asphaltbruch und Aushubmaterial hergestellt und verkauft.

7 Zusammenfassung

Zwei Drittel des Gesamtabfalls in Tirol bestehen aus Baurestmassen, dessen Massenanteil beinhaltet wiederum ca. 75% Bodenaushub und 25% Bauschutt, Betonabbruch und Asphaltaufruch. Der quantitativ hohe Anfall an Baurestmassen verlangt eine möglichst effektive Wiederverwertung der ausgedienten Baureststoffe.

„Durch die Verpflichtung zur getrennten Erfassung und Verwertung sollen folgende Ziele erreicht werden:

- Verwertung von sortenreinen Baumaterialien als Sekundärrohstoffe und/oder als Füllmaterial
- Reduktion der abzulagernden Reststoffe und damit geringerer Verbrauch von Deponievolumen
- Minimierung der Kosten durch geringere Massen an letztendlich abzulagernden Abfällen
- Ordnungsgemäße Ablagerung der Reststoffe auf geeigneten Deponien mit Eingangskontrolle
- Schonung der natürlich vorkommenden Primärmaterialien (Landschaftsschutz durch geringere Materialentnahme und verbesserter Grundwasserschutz)⁸⁷

Die Rahmenbedingungen für das Baurestmassenrecycling ändern sich laufend. Gründe dafür sind die sich rasch ändernden und immer umfangreicher werdenden gesetzlichen Vorgaben, die steigenden qualitativen Anforderungen an die Produkte sowie die Wirtschaftlichkeit der Aufbereitung.

Der Baustoff-Recycling Verband regelt in seinen Richtlinien die Anwendungsbereiche, Qualitätskontrollen und die Qualitätsanforderungen für eine bautechnische Eignung von wiederaufbereiteten Baurestmassen.

Anhand einzelner Firmen wurde die Situation der Baurestmassenaufbereitung in Tirol betrachtet:

⁸⁷ Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2001, S. 112

Die Palette der Aufbereitung ist vielfältig und reicht von einfachen mobilen Anlagen, bis hin zu komplett überdachten stationären Aufbereitungshallen.

Aufgrund der Vielfalt der Produkte und Anlagentypen hat sich die Analyse von Kosten und Preisen bei der Aufbereitung als schwierig gestaltet, dennoch wurden Preisvergleiche zwischen Primär- und Sekundärbaustoffen angestellt. Die Abgabepreise der mineralischen Recyclingbaustoffe lagen bzw. sind zumeist unter denen der mineralischen Primärbaustoffe.

Die Untersuchung der effektiven Aufbereitungskosten zeigt, dass eine wirtschaftliche Aufbereitung maßgeblich von der Durchsatzmenge abhängt. Um wirtschaftlich zu arbeiten sollte bei kleineren stationären Anlagen der Durchsatz bei der Aufbereitung über 55.000 Tonnen pro Jahr liegen. Bei größeren stationären Anlagen müsste der Durchsatz auf über 85.000 Jahrestonnen ansteigen.

Die derzeit betriebenen Aufbereitungsanlagen sind zu wenig ausgelastet. Die Aufbereitungsmengen könnten theoretisch um ca. $\frac{1}{4}$ erhöht werden.

8 Ausblick

Die Produktion hochwertiger Sekundärrohstoffe kann an vielen Stellen Primärrohstoffe ganz oder teilweise ersetzen. Durch selektiven Rückbau bzw. durch moderne Aufbereitungstechnologie kann und wird eine hohe Qualität der aufbereiteten Materialien ermöglicht. Mit der Verknappung der Rohstoffe steigen die Primärrohstoffpreise, weiters erhöhen sich die Deponiekosten für Baurestmassen aufgrund des Altlastensanierungsgesetzes. Die Sekundärrohstoffe werden dadurch mehr an Bedeutung gewinnen.

Für den vermehrten Einsatz von aufbereiteten Produkten müssten diese in den diversen Ausschreibungen und Standard-Leistungsbeschreibungen mehr Berücksichtigung finden. Somit könnten die derzeit vorhandenen Aufbereitungsanlagen mit höherer Auslastung betrieben, und die hergestellten Recyclingprodukte zu wirtschaftlichen Preisen verkauft werden.

Die Sinnhaftigkeit des Baustoffrecycling zur Umwelt- und Ressourcenschonung steht außer Zweifel, allerdings müssen die Wege dorthin noch weiter geebnet werden.

9 **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 01: Arten von Baureststoffen	7
Abb. 02: Bodenaushub, Baustelle in Imst.....	8
Abb. 03: Straßenaufbruch bituminös (Asphaltbruch), Firma Plattner & Co	9
Abb. 04: Bauschutt, Derfesser Recycling & Entsorgung Pill	10
Abb. 05: Baustellenabfall	11
Abb. 06: ALSAG – Beiträge in Euro je angefangener Tonne:.....	13
Abb. 07: ALSAG – Beitragserhöhung in Euro je angefangener Tonne bei Deponien welche über kein ausreichendes Basisabdichtungssystem verfügen:	13
Abb. 08: ALSAG – Beiträge in Euro je angefangener Tonne bei Ablagerung auf Deponien laut dem Stand der Technik lt. Deponieverordnung:	14
Abb. 09: Mengenschwellen der Baurestmassentrennverordnung.....	16
Abb. 10: Verwertungsschema.....	19
Abb. 11: Verwendungszweck und Bezeichnung von Baurestmassen	24
Abb. 12: Anwendungsmöglichkeiten für Recyclingbaustoffe aus Hochbaurestmassen.....	29
Abb. 13: Flussschema einer raupenmobilen Backenbrechanlage.....	34
Abb. 14: Schema eines Prallbrechers	36
Abb. 15: Einfluss und Zielgrößen bei der Betonzerkleinerung	37
Abb. 16: Durchsatz in Abhängigkeit vom Brecherfüllstand.....	38
Abb. 17: Energiebedarf in Abhängigkeit von der Umlaufgeschwindigkeit	38
Abb. 18: Verschleiß an den Schlagleisten in Abhängigkeit von der Druckfestigkeit des Primärbetons	39
Abb. 19: Feinkornanteil (0/2mm) in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit des Rotors im Schlagkreis.....	40
Abb. 20: Schematische Darstellung des Prozessraums eines Backenbrechers.....	41
Abb. 21: Schema eines Kegelbrechers	41
Abb. 22: Bewertung der Aufbereitungsarten.....	44
Abb. 23: Investitionskosten zu Durchsatz	46
Abb. 24: Kosten zu Durchsatz	48
Abb. 25: Kosten für die Bauschuttzubereitung	49
Abb. 26: Abfallmengen Tirols 2001	54
Abb. 27: Gesamtabfallmengen Tirols 2001	54
Abb. 28: Abfallmengen Tirols 2002	55
Abb. 29: Gesamtabfallmengen Tirols 2002	55
Abb. 30: Baurestmengen Tirols 2001	56

Abb. 31: Baurestmengen Tirols 2002	56
Abb. 32: Baurestmassenmengenentwicklung in Tirol	57
Abb. 33: Bauschutttaufbereitungsanlagen INPUT 2002 in Tirol	57
Abb. 34: Bauschutttaufbereitungsanlagen OUTPUT 2002 in Tirol	58
Abb. 35: Bauschutttaufbereitungsanlagen Input 2002 in Tirol	59
Abb. 36: Bauschutttaufbereitungsanlagen Output 2002 (Teil 1) in Tirol	59
Abb. 37: Bauschutttaufbereitungsanlagen Output 2002 (Teil 2) in Tirol	60
Abb. 38: offene stationäre Aufbereitungsanlage (Firma Plattner)	62
Abb. 39: Stationäre Aufbereitungslage (Firma Derfesser Recycling & Entsorgung Pill)	63
Abb. 40: Stationäre Aufbereitungshalle (Firma Scheiber)	64
Abb. 41: Stationäre Aufbereitungshalle innen links (Firma Scheiber)	65
Abb. 42: Stationäre Aufbereitungshalle innen rechts (Firma Scheiber)	65

10 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ALSAG	Altlastensanierungsbeitrag
AWG	Abfallwirtschaftsgesetz
BRV	Baustoffrecyclingverband
BGBL	Bundesgesetzblatt
DepVo	Deponieverordnung
GK	Größtkorn
idF.	in der Fassung
kg	Kilogramm
Mg	Megagramm = 1000 kg = 1 Tonne
Minrog	Mineralrohstoffgesetz
ÖN	ÖNORM = Österreichische Norm
RVS	Richtlinien und Vorschriften für den Straßenverkehr
TAWG	Tiroler Abfallwirtschaftsgesetz
LGBl.	Landesgesetzblatt
TOC	total organic Carbon (= gesamter organischer Kohlenstoff)

11 Literaturverzeichnis

Baumgärtner, Manfred, Forschungsarbeit zum Einsatz von Baurestmassen und Rückbaustoffe als Hilf- oder Zuschlagstoffe für die Bodensanierung/-verbesserung und die Rekultivierung kontaminierter Baugrundstücke, Stuttgart 1998

Buchinger, Barbara, Abfallbehälter und Deponien in Österreich, November 2003

Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2001 Hauptband, Bundesminister für Umwelt

Car, Martin, Dipl.-Ing., LV Umweltgerechte Leistungen – Einheitliches Umwelt - LV, Wien 1999

Hagen Jeschke / Poppy, Wolfgang, Optimierung der Prallzerkleinerung im Prallbrecher, Magdeburg 2002

Herbort, Christian, Entsorgung anfallender Sortierreste ab dem Jahr 2005 am Beispiel der SRR Rostock GmbH, Rostock 2001

Konrad, Wolfgang, Baureststoffe in der Entsorgungslogistik, Innsbruck 1996

Lander, Stefan, Grobzerkleinerung von Rohstoffen und Bauabfällen, Weimar 2002

Lechner, Peter, Dr., Baurestmassen Vermeidung, Verwertung, Behandlung, Bundesministerium für Umwelt, Klagenfurt/Wien 1995

Liebl, Gerhard, Dr., Tiroler Umweltschutzbericht 2001 – 2002, Amt der Tiroler Landesregierung Abteilung Umweltschutz, März 2003

Palinkas, Thomas / Weber Jörg, Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen und Wiederverwendung von Bauteilen, Dortmund 1996

Schiffer, Klaus / Mölgg, Martin, Mag. / Neuraüter, Rudolf, Dipl.-Ing., Baurestmassen, Leitfaden vom Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. Umweltschutz, August 1998

Thürriedl, Klaus, Planen mit Recycling-Baustoffen, Wels 2003

Wessely, Andreas, Baurestmassenrecycling, Innsbruck 1992

Winkler, Antje, Herstellung von Baustoffen aus Baurestmassen, Aachen 2001

Abfallnachweisverordnung, BGBl 65/191

ALSAG, Altlastensanierungsgesetz, BGBl. 299/1989 idF BGBl. I Nr. 71/2003

AWG 2002, Abfallwirtschaftsgesetz 2002, BGBl. I Nr. 102/2002

Baurestmassentrennverordnung BGBl. 259/1991

DepVo, Deponieverordnung, BGBl. 164/1996

TAWG 2003, Tiroler Abfallwirtschaftsgesetz, LGBl. Nr. 44/2003

Verordnung Mobiler Anlagen zur Behandlung von Abfällen 472/2002

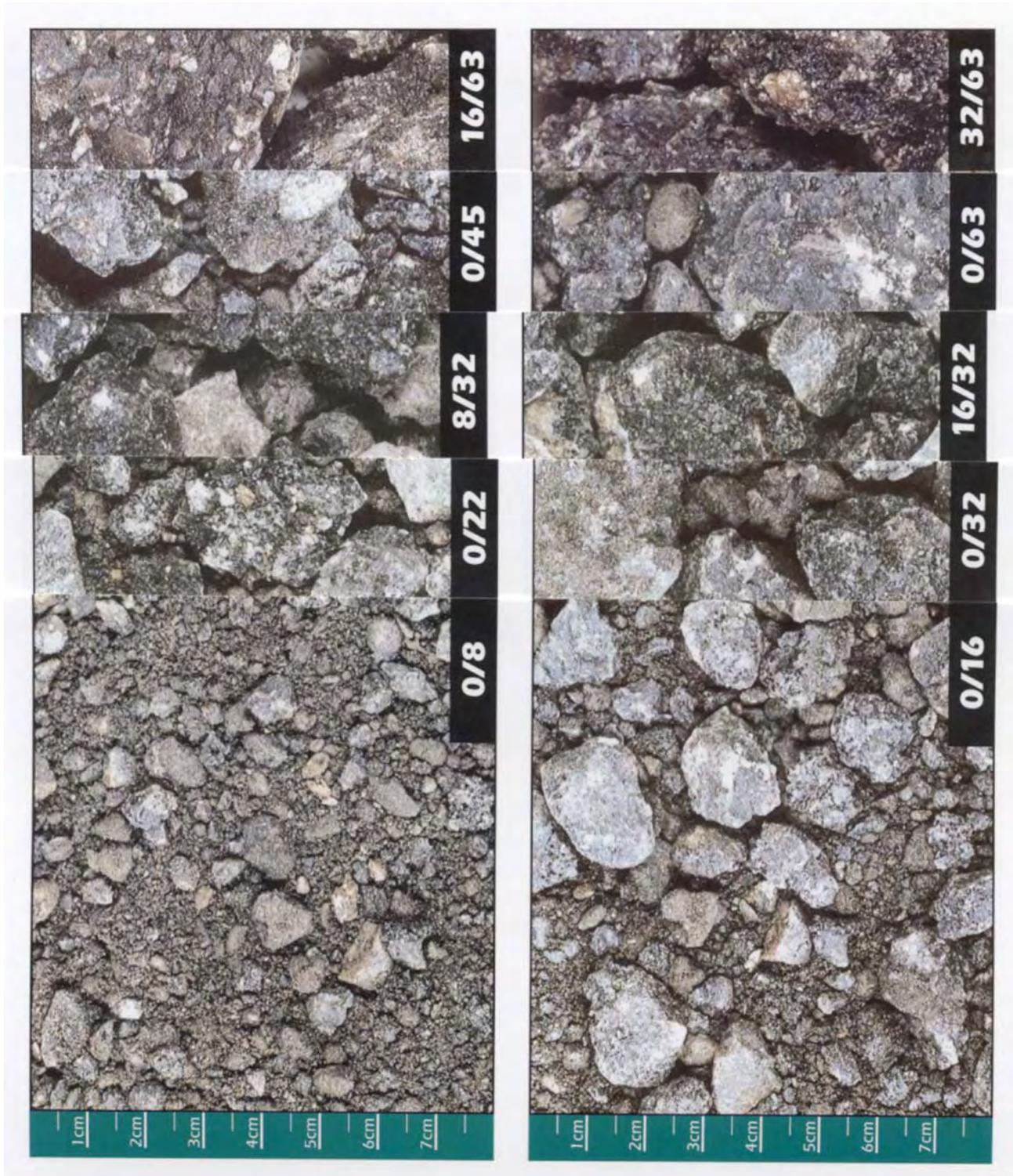
Richtlinien, Merkblätter und Verzeichnisse des Österreichischen Baustoff Recyclingverbandes

12 Anhangverzeichnis

Anhang	Bezeichnung	Blattanzahl
Anhang A	Recyclingbaustoffe	8
Anhang B	Preislisten für Annahme- und Abgabepreise für Bau- restmassen, mineralische Primärbaustoffe und Recyclingbaustoffe	3
Anhang C	Kalkulationsbeispiele für stationäre Recyclinganlagen	24

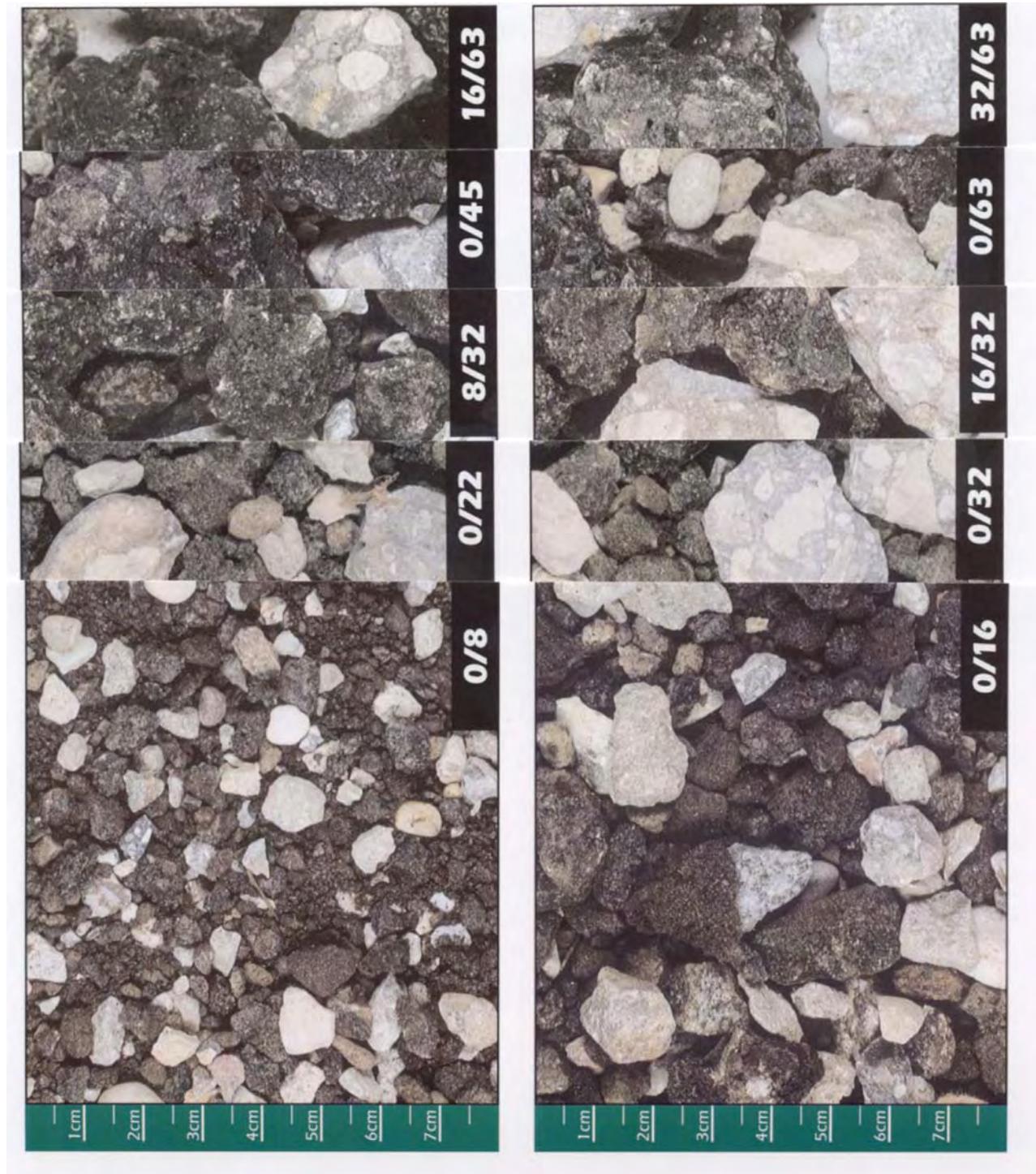
Asphaltgranulat RA

(Quelle: Österreichischer Baustoffverband)



Beton / Asphalt- Mischgranulat RAB

(Quelle: Österreichischer Baustoffverband)



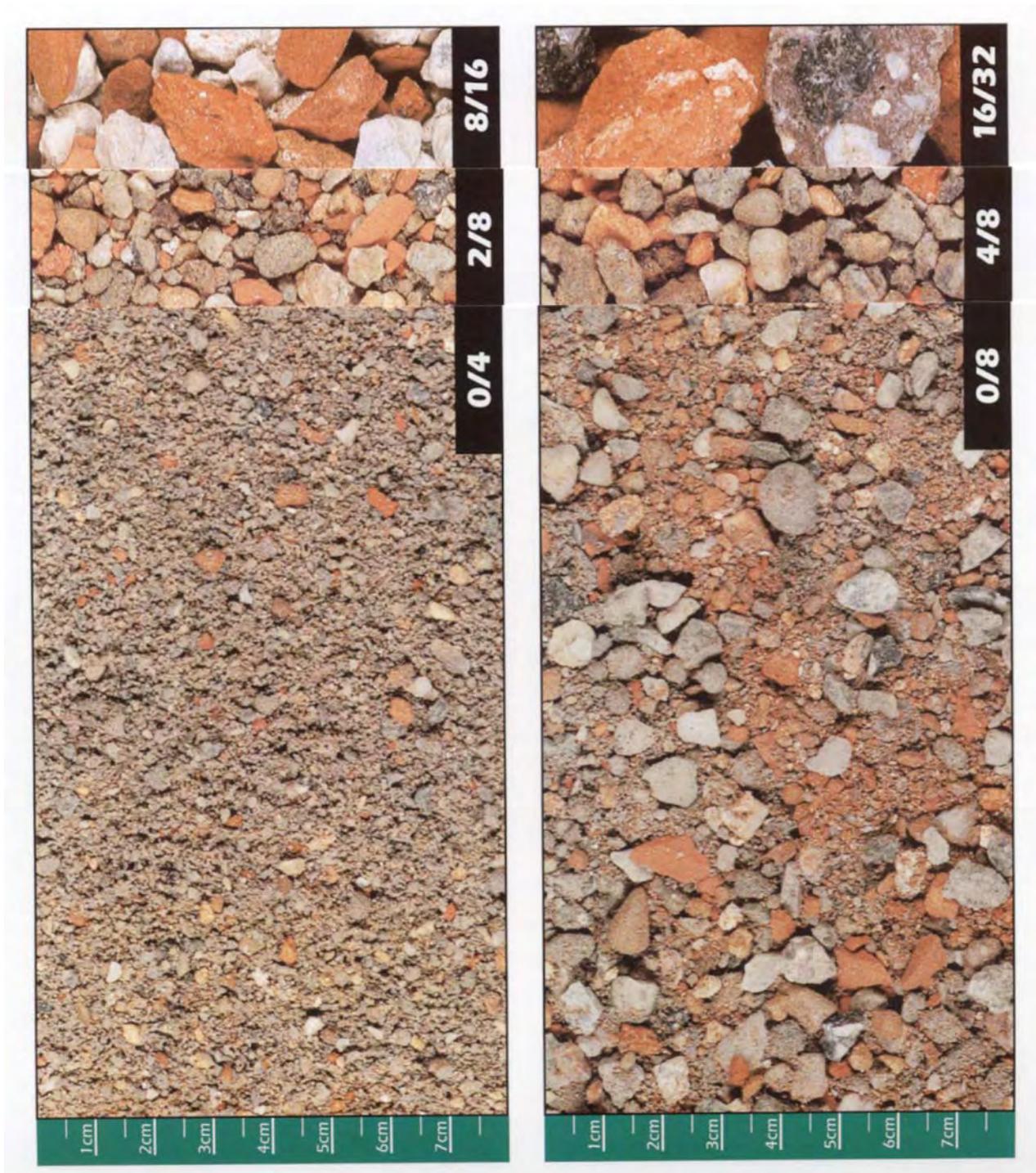
Betongranulat RB

(Quelle: Österreichischer Baustoffverband)



Hochbausplitt, Hochbausand RH

(Quelle: Österreichischer Baustoffverband)



Hochbauziegelsplitt RHZ

(Quelle: Österreichischer Baustoffverband)



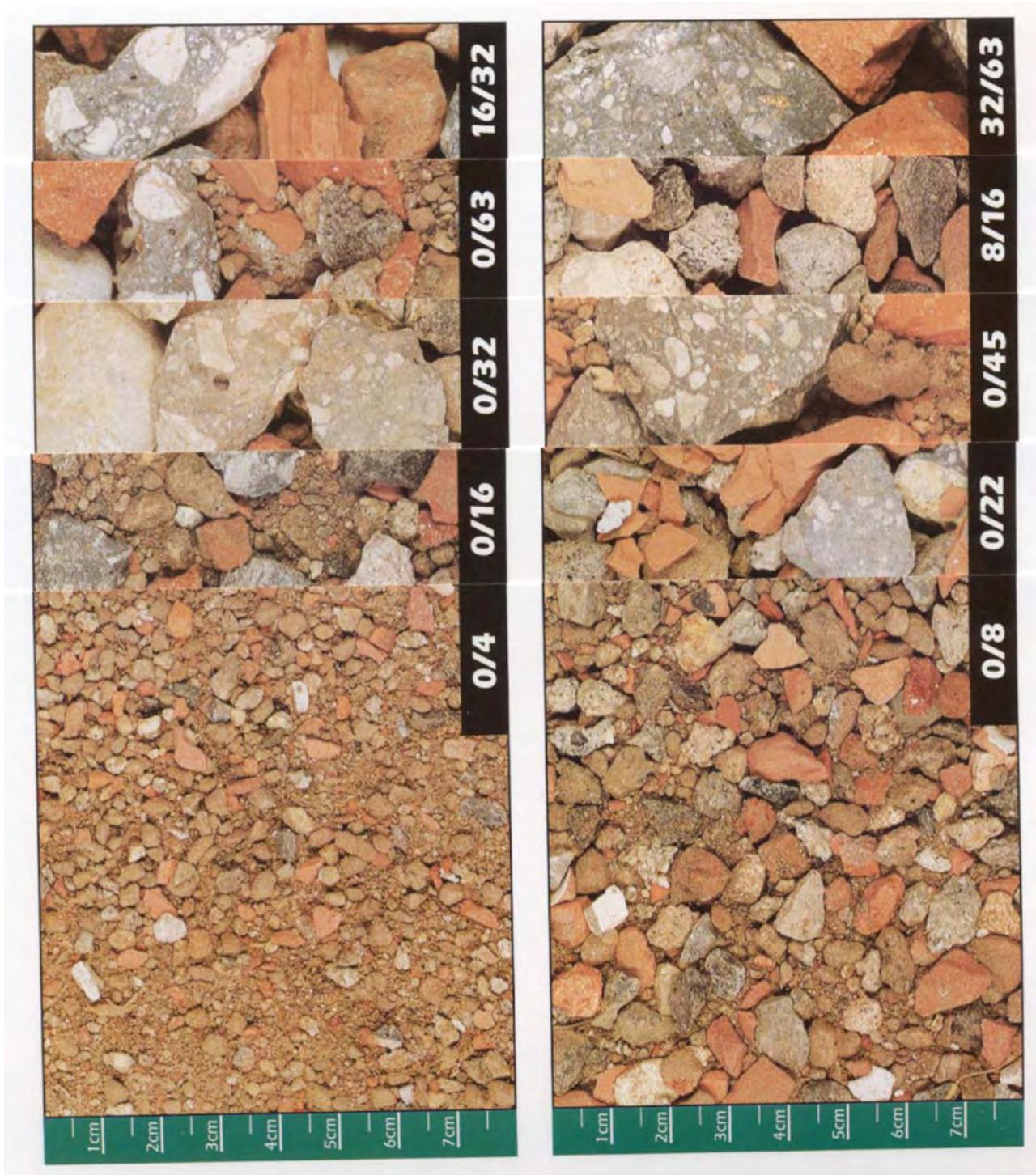
Beton / Asphalt / Gestein-Mischgranulat RM

(Quelle: Österreichischer Baustoffverband)



Mineralische Hochbaurestmassen RMH

(Quelle: Österreichischer Baustoffverband)



Ziegelsplitt, Ziegelsand RZ

(Quelle: Österreichischer Baustoffverband)



Die folgenden zusammengestellten Annahmepreise von Baurestmassen wurden anhand derzeit aktueller Preislisten (2003 und 2004) von Tiroler Sand-, Kies- und Schotterwerken, Deponien und Aufbereitungsbetrieben ermittelt.

Annahmepreise Baurestmassen					
Sortenbezeichnung	minimale Annahmehgebühr	maximale Annahmehgebühr	Mittelwert Annahmehgebühr	Anzahl der vorhandenen Werte	Standardabweichung vom Mittelwert
	Europreis exclusive MwSt. / Tonne				
Bodenaushub schottrig /rein	1,1	2,0	1,4	3	0,44
Bodenaushub schottrig /lehmig	1,6	3,0	2,3	6	0,46
Bodenaushub lehmig	3,2	7,3	5,4	10	1,38
Bauschutt sortenrein	6,2	17,5	9,8	13	2,83
Bauschutt unsortiert	13,0	36,0	19,0	14	6,76
Bauschutt stark verunreinigt über 50%	109,0	174,5	158,4	5	24,82
Bauschutt stark verunreinigt über 30%	140,5	140,5	140,5	1	-
Altasphalt rein	2,0	6,4	3,5	13	1,35
Altasphalt vermischt	4,2	14,3	7,0	14	2,65
Betonabbruch rein unbewehrt	5,4	10,8	7,3	13	1,49
Betonabbruch rein bewehrt	9,5	23,6	14,5	16	4,55
Baustellenabfälle	170,8	264,1	190,3	5	36,94

Die folgenden zusammengestellten Abgabepreise von mineralischen Primärbaustoffen wurden anhand derzeit aktueller Preislisten (2003 und 2004) von Tiroler Sand-, Kies- und Schotterwerken und Aufbereitungsbetrieben ermittelt.

Abgabepreise mineralischer Primärbaustoffe					
Sortenbezeichnung	minimale Abgabegebühr	maximale Abgabegebühr	Mittelwert Abgabegebühr	Anzahl der vorhandenen Werte	Standardabweichung vom Mittelwert
	Europreis exclusive MwSt. / Tonne				
Bruchsand 0/3	9,4	16,5	12,7	9	2,14
Bruchsand 0/4	9,1	13,5	11,7	9	1,55
Splitt 3/5 4/8 8/11 11/16	8,5	14,2	11,8	8	1,68
Feinsplitt 2/4	7,2	14,0	11,3	6	2,68
Korngemisch 4/8 8/16	7,2	13,0	9,1	7	1,94
Korngemisch 16/32 32/70	6,5	15,0	9,2	12	2,39
Korngemisch 0/20 0/30	5,4	12,3	8,5	11	2,08
Korngemisch 0/X	5,5	9,0	7,3	5	1,28
Frostkoffer 0/70	4,1	10,4	7,0	11	2,20
Wasserbausteine	7,9	23,0	15,6	3	6,17
Wintersplitt 3/5 4/8	14,0	14,0	14,0	1	-
Kalksteinmehl	34,0	34,0	34,0	1	-

Die folgenden zusammengestellten Abgabepreise von mineralischen Recyclingbaustoffen wurden anhand derzeit aktueller Preislisten (2003 und 2004) von Tiroler Sand-, Kies- und Schotterwerken und Aufbereitungsbetrieben ermittelt.

Abgabepreise mineralischer Recyclingbaustoffe					
Sortenbezeichnung	minimale Abgabegebühr	maximale Abgabegebühr	Mittelwert Abgabegebühr	Anzahl der vorhandenen Werte	Standardabweichung vom Mittelwert
	Europreis exclusive MwSt. / Tonne				
Bruchasphalt 0/16	5,7	7,5	6,7	7	0,69
Bruchasphalt 0/32	5,6	6,3	6,0	4	0,27
Bruchasphalt 0/70	4,2	7,1	5,3	4	1,11
Betonbruch 0/70	4,5	9,5	7,0	3	2,04
Recyclingmaterial 0/70	3,0	6,5	5,0	4	1,39
Betonbruch 0/32	5,5	9,0	6,7	3	1,63
Bettungsmaterial 0/16 0/20	4,5	9,0	6,8	2	-
Kabelsand 0/4 0/5	4,5	9,7	6,6	9	1,77
Kabelsand 0/8	5,5	7,5	6,3	3	0,87
Schüttmaterial 0/200	0,7	12,0	5,7	3	4,69
Recycling-Grädermaterial 8/16	7,1	8,0	7,5	2	-
Recycling-Grädermaterial 0/16	5,3	9,0	6,3	4	1,54
Recyclingbruch 16/32	5,8	5,8	5,8	1	-
Recyclingbruch 3/5 5/8	6,3	6,3	6,3	1	-
Recyclingbruch 8/11 11/16	5,7	5,7	5,7	1	-

Kalkulation Recycling

Aufbereitung in einer offenen stationären Anlage (Baurestmassendurchsatz: 77.000 to/Jahr)

Investitionskosten		
Anlagekosten	330.000,00	[Euro]
Infrastruktur (Wege, Fundamente, Erschließung, etc.)	140.000,00	[Euro]
1 Radlader / 1 Bagger / 1 LKW	240.000,00	[Euro]
1 Betonschere	3.500,00	[Euro]
1 Felsmeißel	800,00	[Euro]
Büro- und Aufenthaltscontainer	25.000,00	[Euro]
Waage	17.000,00	[Euro]
Mietpreis für Grundstück 10000m ² für 10 Jahre	480.000,00	[Euro]
Summe Investitionen	1.236.300,00	[Euro]
Kapitalkosten		
Anschaffungswert	1.236.300,00	[Euro]
Restwert	0,00	[Euro]
Nutzungsjahre	10,00	[a]
Abschreibung	123.630,00	[Euro]
Fremdkapital	618.150,00	[Euro]
p [Zinsfuß in % p.a. pro Jahr]	5,00	[%]
n [Laufzeit in Jahren]	10,00	[a]
$r=1+(p/100)$	1,05	
a Annuitätsfaktor	0,13	
a Annuität = Tilgung und Zins	800.532,53	
Kalkulatorische Zinsen pro Jahr	80.053,25	[Euro]
Versicherungskosten bzw. kalkulatorische Wagnisse	0,00	[Euro]
SUMME KAPITALKOSTEN	203.683,25	[Euro]

Betriebskosten		
Durchsatz pro Jahr [to]	77.000,00	
Stundensatz Arbeiter	30,00	[Euro]
Anzahl der Arbeiter	3,00	
Arbeitsstunden pro Jahr	1.720,00	[h]
Personalkosten	154.800,00	[Euro]
Preis für 1 kWh	0,10	[Euro]
Einsatzstunden pro Jahr	1.800,00	[h]
Leistung der Anlage	260,00	[kW]
Energiekosten	46.800,00	[Euro]
Verschleiß am Brecher / to	0,50	[Euro]
Ersatzteile Anlage / to	0,05	[Euro]
Wartung / to	0,05	[Euro]
Kosten für Wartung, Pflege und Verschleiß	46.200,00	[Euro]
Fremdüberwachungskosten (Körnungen)	2.000,00	[Euro]
Versicherung % von Summe Investition	0,30	[%]
Versicherung (Summe Investition)	3.708,90	[Euro]
Wagnis % von Summe Investition	3,50	[%]
Wagnis (Summe Investition)	43.270,50	[Euro]
Sonstige Kosten	0,00	[Euro]
SUMME BETRIEBSKOSTEN	296.779,40	[Euro]

Input der Recyclinganlage		
angenommener Bauschutt	40.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	60,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	40,00	[%]
Bauschuttmenge die aufbereitet wird /a	24.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	16.000,00	[to]
angenommener Betonbruch	10.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	80,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	20,00	[%]
Betonbruchmenge die aufbereitet wird /a	8.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	2.000,00	[to]
angenommener Asphaltbruch	10.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	100,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	0,00	[%]
Asphaltbruchmenge die aufbereitet wird /a	10.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	0,00	[to]
angenommener Bodenaushub	70.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	50,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	50,00	[%]
Bodenaushubmenge die aufbereitet wird /a	35.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	35.000,00	[to]
Gesamtmenge die aufbereitet wird	77.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung:	53.000,00	[to]

Output auf Deponie		
Gesamtmenge die aufbereitet wird	77.000,00	[to]
Entsorgungsmenge der Reststoffe nach Aufbereitung	10,00	[%]
Entsorgungsmenge der Reststoffe nach Aufbereitung	7.700,00	[to]
Bearbeitungskosten und Transport pro Tonne	10,00	[Euro]
Entsorgungskostenmittelwert auf Inertstoffdeponie / to	7,20	[Euro]
ALSAG - Beitrag	2,10	[Euro]
Entsorgungskosten	148.610,00	[Euro]

Erlöse		
angenommener Bauschutt	40.000,00	[to]
Bauschuttmenge die aufbereitet wird /a	24.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	16.000,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Bauschutt (Mittelwert aus sortenreinem und unsortiertem Bauschutt)	14,40	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Bauschutt (stark verunreinigt über 50%) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	174,50	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Bauschutt	345.600,00	
angenommener Betonbruch	10.000,00	[to]
Betonbruchmenge die aufbereitet wird /a	8.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	2.000,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Betonbruch (Mittelwert aus reinem bewehrten und unbewehrten Betonabbruch)	10,90	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Betonbruch (Preis wie Baustellenabfall) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	190,30	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Betonbruch	87.200,00	
angenommener Asphaltbruch	10.000,00	[to]
Asphaltbruchmenge die aufbereitet wird /a	10.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	0,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Asphaltbruch (Mittelwert aus reinem und vermischtem Altasphalt)	5,25	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Asphaltbruch (Preis wie Baustellenabfall)kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	190,30	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Asphaltbruch	52.500,00	
angenommener Bodenaushub	70.000,00	[to]
Bodenaushubmenge die aufbereitet wird /a	35.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	35.000,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Bodenaushub (schottrig)	1,40	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Bodenaushub (lehmig) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	5,40	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Bodenaushub	49.000,00	
Annahmeerlös für Annahme Baurestmasse	534.300,00	[Euro]
Durchschnittserlös pro to Recyclingbaustoff	6,10	[Euro]
Durchschnittserlös für Recyclingbaustoff /a	422.730,00	[Euro]

Gesamterlös pro Jahr	957.030,00	[Euro]
Gesamtkosten pro Jahr	649.072,65	[Euro]
Gewinn:	307.957,35	[Euro]

Kalkulation Recycling

Aufbereitung in einer offenen stationären Anlage (Baurestmassendurchsatz: 15.800 to/Jahr)

Investitionskosten		
Anlagekosten	330.000,00	[Euro]
Infrastruktur (Wege, Fundamente, Erschließung, etc.)	140.000,00	[Euro]
1 Radlader / 1 Bagger / 1 LKW	240.000,00	[Euro]
1 Betonschere	3.500,00	[Euro]
1 Felsmeißel	800,00	[Euro]
Büro- und Aufenthaltscontainer	25.000,00	[Euro]
Waage	17.000,00	[Euro]
Mietpreis für Grundstück 10000m ² für 10 Jahre	480.000,00	[Euro]
Summe Investitionen	1.236.300,00	[Euro]
Kapitalkosten		
Anschaffungswert	1.236.300,00	[Euro]
Restwert	0,00	[Euro]
Nutzungsjahre	10,00	[a]
Abschreibung	123.630,00	[Euro]
Fremdkapital	618.150,00	[Euro]
p [Zinsfuß in % p.a. pro Jahr]	5,00	[%]
n [Laufzeit in Jahren]	10,00	[a]
$r=1+(p/100)$	1,05	
a Annuitätsfaktor	0,13	
a Annuität = Tilgung und Zins	800.532,53	
Kalkulatorische Zinsen pro Jahr	80.053,25	[Euro]
Versicherungskosten bzw. kalkulatorische Wagnisse	0,00	[Euro]
SUMME KAPITALKOSTEN	203.683,25	[Euro]

Betriebskosten		
Durchsatz pro Jahr [to]	15.800,00	
Stundensatz Arbeiter	30,00	[Euro]
Anzahl der Arbeiter	3,00	
Arbeitsstunden pro Jahr	1.720,00	[h]
Personalkosten	154.800,00	[Euro]
Preis für 1 kWh	0,10	[Euro]
Einsatzstunden pro Jahr	1.800,00	[h]
Leistung der Anlage	260,00	[kW]
Energiekosten	46.800,00	[Euro]
Verschleiß am Brecher / to	0,50	[Euro]
Ersatzteile Anlage / to	0,05	[Euro]
Wartung / to	0,05	[Euro]
Kosten für Wartung, Pflege und Verschleiß	9.480,00	[Euro]
Fremdüberwachungskosten (Körnungen)	2.000,00	[Euro]
Versicherung % von Summe Investition	0,30	[%]
Versicherung (Summe Investition)	3.708,90	[Euro]
Wagnis % von Summe Investition	3,50	[%]
Wagnis (Summe Investition)	43.270,50	[Euro]
Sonstige Kosten	0,00	[Euro]
SUMME BETRIEBSKOSTEN	260.059,40	[Euro]

Input der Recyclinganlage

angenommener Bauschutt	8.500,00	[to]
Aufbereitungsmenge	80,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	20,00	[%]
Bauschuttmenge die aufbereitet wird /a	6.800,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	1.700,00	[to]
angenommener Betonbruch	0,00	[to]
Aufbereitungsmenge	0,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	0,00	[%]
Betonbruchmenge die aufbereitet wird /a	0,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	0,00	[to]
angenommener Asphaltbruch	2.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	100,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	0,00	[%]
Asphaltbruchmenge die aufbereitet wird /a	2.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	0,00	[to]
angenommener Bodenaushub	14.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	50,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	50,00	[%]
Bodenaushubmenge die aufbereitet wird /a	7.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	7.000,00	[to]
Gesamtmenge die aufbereitet wird	15.800,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung:	8.700,00	[to]

Output auf Deponie

Gesamtmenge die aufbereitet wird	15.800,00	[to]
Entsorgungsmenge der Reststoffe nach Aufbereitung	10,00	[%]
Entsorgungsmenge der Reststoffe nach Aufbereitung	1.580,00	[to]
Bearbeitungskosten und Transport pro Tonne	10,00	[Euro]
Entsorgungskostenmittelwert auf Inertstoffdeponie / to	7,20	[Euro]
ALSAG - Beitrag	2,10	[Euro]
Entsorgungskosten	30.494,00	[Euro]

Erlöse		
angenommener Bauschutt	8.500,00	[to]
Bauschuttmenge die aufbereitet wird /a	6.800,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	1.700,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Bauschutt (Mittelwert aus sortenreinem und unsortiertem Bauschutt)	14,40	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Bauschutt (stark verunreinigt über 50%) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	174,50	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Bauschutt	97.920,00	
angenommener Betonbruch	0,00	[to]
Betonbruchmenge die aufbereitet wird /a	0,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	0,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Betonbruch (Mittelwert aus reinem bewehrten und unbewehrten Betonabbruch)	10,90	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Betonbruch (Preis wie Baustellenabfall) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	190,30	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Betonbruch	0,00	
angenommener Asphaltbruch	2.000,00	[to]
Asphaltbruchmenge die aufbereitet wird /a	2.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	0,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Asphaltbruch (Mittelwert aus reinem und vermischtem Altasphalt)	5,25	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Asphaltbruch (Preis wie Baustellenabfall)kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	190,30	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Asphaltbruch	10.500,00	
angenommener Bodenaushub	14.000,00	[to]
Bodenaushubmenge die aufbereitet wird /a	7.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	7.000,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Bodenaushub (schottrig)	1,40	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Bodenaushub (lehmig) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	5,40	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Bodenaushub	9.800,00	
Annahmeerlös für Annahme Baurestmasse	118.220,00	[Euro]
Durchschnittserlös pro to Recyclingbaustoff	6,10	[Euro]
Durchschnittserlös für Recyclingbaustoff /a	86.742,00	[Euro]

Gesamterlös pro Jahr	204.962,00	[Euro]
Gesamtkosten pro Jahr	494.236,65	[Euro]
Gewinn:	-289.274,65	[Euro]

Kalkulation Recycling

Aufbereitung in einer offenen stationären Anlage

(Baurestmassendurchsatz: minimal wirtschaftlichster Durchsatz)

Investitionskosten		
Anlagekosten	330.000,00	[Euro]
Infrastruktur (Wege, Fundamente, Erschließung, etc.)	140.000,00	[Euro]
1 Radlader / 1 Bagger / 1 LKW	240.000,00	[Euro]
1 Betonschere	3.500,00	[Euro]
1 Felsmeißel	800,00	[Euro]
Büro- und Aufenthaltscontainer	25.000,00	[Euro]
Waage	17.000,00	[Euro]
Mietpreis für Grundstück 10000m ² für 10 Jahre	480.000,00	[Euro]
Summe Investitionen	1.236.300,00	[Euro]
Kapitalkosten		
Anschaffungswert	1.236.300,00	[Euro]
Restwert	0,00	[Euro]
Nutzungsjahre	10,00	[a]
Abschreibung	123.630,00	[Euro]
Fremdkapital	618.150,00	[Euro]
p [Zinsfuß in % p.a. pro Jahr]	5,00	[%]
n [Laufzeit in Jahren]	10,00	[a]
$r=1+(p/100)$	1,05	
a Annuitätsfaktor	0,13	
a Annuität = Tilgung und Zins	800.532,53	
Kalkulatorische Zinsen pro Jahr	80.053,25	[Euro]
Versicherungskosten bzw. kalkulatorische Wagnisse	0,00	[Euro]
SUMME KAPITALKOSTEN	203.683,25	[Euro]

Betriebskosten		
Durchsatz pro Jahr [to]	55.000,00	
Stundensatz Arbeiter	30,00	[Euro]
Anzahl der Arbeiter	3,00	
Arbeitsstunden pro Jahr	1.720,00	[h]
Personalkosten	154.800,00	[Euro]
Preis für 1 kWh	0,10	[Euro]
Einsatzstunden pro Jahr	1.800,00	[h]
Leistung der Anlage	260,00	[kW]
Energiekosten	46.800,00	[Euro]
Verschleiß am Brecher / to	0,50	[Euro]
Ersatzteile Anlage / to	0,05	[Euro]
Wartung / to	0,05	[Euro]
Kosten für Wartung, Pflege und Verschleiß	33.000,00	[Euro]
Fremdüberwachungskosten (Körnungen)	2.000,00	[Euro]
Versicherung % von Summe Investition	0,30	[%]
Versicherung (Summe Investition)	3.708,90	[Euro]
Wagnis % von Summe Investition	3,50	[%]
Wagnis (Summe Investition)	43.270,50	[Euro]
Sonstige Kosten	0,00	[Euro]
SUMME BETRIEBSKOSTEN	283.579,40	[Euro]

Input der Recyclinganlage

angenommener Bauschutt	20.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	60,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	40,00	[%]
Bauschuttmenge die aufbereitet wird /a	12.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	8.000,00	[to]
angenommener Betonbruch	10.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	80,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	20,00	[%]
Betonbruchmenge die aufbereitet wird /a	8.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	2.000,00	[to]
angenommener Asphaltbruch	10.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	100,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	0,00	[%]
Asphaltbruchmenge die aufbereitet wird /a	10.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	0,00	[to]
angenommener Bodenaushub	50.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	50,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	50,00	[%]
Bodenaushubmenge die aufbereitet wird /a	25.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	25.000,00	[to]
Gesamtmenge die aufbereitet wird	55.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung:	35.000,00	[to]

Output auf Deponie

Gesamtmenge die aufbereitet wird	55.000,00	[to]
Entsorgungsmenge der Reststoffe nach Aufbereitung	10,00	[%]
Entsorgungsmenge der Reststoffe nach Aufbereitung	5.500,00	[to]
Bearbeitungskosten und Transport pro Tonne	10,00	[Euro]
Entsorgungskostenmittelwert auf Inertstoffdeponie / to	7,20	[Euro]
ALSAG - Beitrag	2,10	[Euro]
Entsorgungskosten	106.150,00	[Euro]

Erlöse		
angenommener Bauschutt	20.000,00	[to]
Bauschuttmenge die aufbereitet wird /a	12.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	8.000,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Bauschutt (Mittelwert aus sortenreinem und unsortiertem Bauschutt)	14,40	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Bauschutt (stark verunreinigt über 50%) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	174,50	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Bauschutt	172.800,00	
angenommener Betonbruch	10.000,00	[to]
Betonbruchmenge die aufbereitet wird /a	8.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	2.000,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Betonbruch (Mittelwert aus reinem bewehrten und unbewehrten Betonabbruch)	10,90	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Betonbruch (Preis wie Baustellenabfall) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	190,30	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Betonbruch	87.200,00	
angenommener Asphaltbruch	10.000,00	[to]
Asphaltbruchmenge die aufbereitet wird /a	10.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	0,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Asphaltbruch (Mittelwert aus reinem und vermischtem Altasphalt)	5,25	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Asphaltbruch (Preis wie Baustellenabfall)kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	190,30	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Asphaltbruch	52.500,00	
angenommener Bodenaushub	50.000,00	[to]
Bodenaushubmenge die aufbereitet wird /a	25.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	25.000,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Bodenaushub (schottrig)	1,40	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Bodenaushub (lehmig) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	5,40	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Bodenaushub	35.000,00	
Annahmeerlös für Annahme Baurestmasse	347.500,00	[Euro]
Durchschnittserlös pro to Recyclingbaustoff	6,10	[Euro]
Durchschnittserlös für Recyclingbaustoff /a	301.950,00	[Euro]

Gesamterlös pro Jahr	649.450,00	[Euro]
Gesamtkosten pro Jahr	593.412,65	[Euro]
Gewinn:	56.037,35	[Euro]

Kalkulation Recycling

Aufbereitung in einer eingehausten stationären Anlage

(Baurestmassendurchsatz: 15.800 to/Jahr)

Investitionskosten		
Anlagekosten	1.530.000,00	[Euro]
Infrastruktur (Wege, Fundamente, Erschließung, etc.)	140.000,00	[Euro]
1 Radlader / 1 Bagger / 1 LKW	240.000,00	[Euro]
1 Betonschere	3.500,00	[Euro]
1 Felsmeißel	800,00	[Euro]
Büro- und Aufenthaltscontainer	25.000,00	[Euro]
Waage	17.000,00	[Euro]
Mietpreis für Grundstück 10000m ² für 10 Jahre	480.000,00	[Euro]
Summe Investitionen	2.436.300,00	[Euro]
Kapitalkosten		
Anschaffungswert	2.436.300,00	[Euro]
Restwert	0,00	[Euro]
Nutzungsjahre	10,00	[a]
Abschreibung	243.630,00	[Euro]
Fremdkapital	1.218.150,00	[Euro]
p [Zinsfuß in % p.a. pro Jahr]	5,00	[%]
n [Laufzeit in Jahren]	10,00	[a]
$r=1+(p/100)$	1,05	
a Annuitätsfaktor	0,13	
a Annuität = Tilgung und Zins	1.577.559,98	
Kalkulatorische Zinsen pro Jahr	157.756,00	[Euro]
Versicherungskosten bzw. kalkulatorische Wagnisse	0,00	[Euro]
SUMME KAPITALKOSTEN	401.386,00	[Euro]

Betriebskosten		
Durchsatz pro Jahr [to]	15.800,00	
Stundensatz Arbeiter	30,00	[Euro]
Anzahl der Arbeiter	4,00	
Arbeitsstunden pro Jahr	1.720,00	[h]
Personalkosten	206.400,00	[Euro]
Preis für 1 kWh	0,10	[Euro]
Einsatzstunden pro Jahr	1.800,00	[h]
Leistung der Anlage	260,00	[kW]
Energiekosten	46.800,00	[Euro]
Verschleiß am Brecher / to	0,50	[Euro]
Ersatzteile Anlage / to	0,05	[Euro]
Wartung / to	0,05	[Euro]
Kosten für Wartung, Pflege und Verschleiß	9.480,00	[Euro]
Fremdüberwachungskosten (Körnungen)	2.000,00	[Euro]
Versicherung % von Summe Investition	0,30	[%]
Versicherung (Summe Investition)	7.308,90	[Euro]
Wagnis % von Summe Investition	3,50	[%]
Wagnis (Summe Investition)	85.270,50	[Euro]
Sonstige Kosten	0,00	[Euro]
SUMME BETRIEBSKOSTEN	357.259,40	[Euro]

Input der Recyclinganlage		
angenommener Bauschutt	8.500,00	[to]
Aufbereitungsmenge	80,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	20,00	[%]
Bauschuttmenge die aufbereitet wird /a	6.800,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	1.700,00	[to]
angenommener Betonbruch	0,00	[to]
Aufbereitungsmenge	0,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	0,00	[%]
Betonbruchmenge die aufbereitet wird /a	0,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	0,00	[to]
angenommener Asphaltbruch	2.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	100,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	0,00	[%]
Asphaltbruchmenge die aufbereitet wird /a	2.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	0,00	[to]
angenommener Bodenaushub	14.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	50,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	50,00	[%]
Bodenaushubmenge die aufbereitet wird /a	7.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	7.000,00	[to]
Gesamtmenge die aufbereitet wird	15.800,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung:	8.700,00	[to]

Output auf Deponie		
Gesamtmenge die aufbereitet wird	15.800,00	[to]
Entsorgungsmenge der Reststoffe nach Aufbereitung	10,00	[%]
Entsorgungsmenge der Reststoffe nach Aufbereitung	1.580,00	[to]
Bearbeitungskosten und Transport pro Tonne	10,00	[Euro]
Entsorgungskostenmittelwert auf Inertstoffdeponie / to ALSAG - Beitrag	7,20	[Euro]
	2,10	[Euro]
Entsorgungskosten	30.494,00	[Euro]

Erlöse		
angenommener Bauschutt	8.500,00	[to]
Bauschuttmenge die aufbereitet wird /a	6.800,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	1.700,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Bauschutt (Mittelwert aus sortenreinem und unsortiertem Bauschutt)	14,40	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Bauschutt (stark verunreinigt über 50%) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	174,50	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Bauschutt	97.920,00	
angenommener Betonbruch	0,00	[to]
Betonbruchmenge die aufbereitet wird /a	0,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	0,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Betonbruch (Mittelwert aus reinem bewehrten und unbewehrten Betonabbruch)	10,90	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Betonbruch (Preis wie Baustellenabfall) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	190,30	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Betonbruch	0,00	
angenommener Asphaltbruch	2.000,00	[to]
Asphaltbruchmenge die aufbereitet wird /a	2.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	0,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Asphaltbruch (Mittelwert aus reinem und vermischtem Altasphalt)	5,25	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Asphaltbruch (Preis wie Baustellenabfall)kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	190,30	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Asphaltbruch	10.500,00	
angenommener Bodenaushub	14.000,00	[to]
Bodenaushubmenge die aufbereitet wird /a	7.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	7.000,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Bodenaushub (schottrig)	1,40	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Bodenaushub (lehmig) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	5,40	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Bodenaushub	9.800,00	
Annahmeerlös für Annahme Baurestmasse	118.220,00	[Euro]
Durchschnittserlös pro to Recyclingbaustoff	6,10	[Euro]
Durchschnittserlös für Recyclingbaustoff /a	86.742,00	[Euro]

Gesamterlös pro Jahr	204.962,00	[Euro]
Gesamtkosten pro Jahr	789.139,40	[Euro]
Gewinn:	-584.177,40	[Euro]

Kalkulation Recycling

Aufbereitung in einer eingehausten stationären Anlage

(Baurestmassendurchsatz: 77.000 to/Jahr)

Investitionskosten		
Anlagekosten	1.530.000,00	[Euro]
Infrastruktur (Wege, Fundamente, Erschließung, etc.)	140.000,00	[Euro]
1 Radlader / 1 Bagger / 1 LKW	240.000,00	[Euro]
1 Betonschere	3.500,00	[Euro]
1 Felsmeißel	800,00	[Euro]
Büro- und Aufenthaltscontainer	25.000,00	[Euro]
Waage	17.000,00	[Euro]
Mietpreis für Grundstück 10000m ² für 10 Jahre	480.000,00	[Euro]
Summe Investitionen	2.436.300,00	[Euro]
Kapitalkosten		
Anschaffungswert	2.436.300,00	[Euro]
Restwert	0,00	[Euro]
Nutzungsjahre	10,00	[a]
Abschreibung	243.630,00	[Euro]
Fremdkapital	1.218.150,00	[Euro]
p [Zinsfuß in % p.a. pro Jahr]	5,00	[%]
n [Laufzeit in Jahren]	10,00	[a]
$r=1+(p/100)$	1,05	
a Annuitätsfaktor	0,13	
a Annuität = Tilgung und Zins	1.577.559,98	
Kalkulatorische Zinsen pro Jahr	157.756,00	[Euro]
Versicherungskosten bzw. kalkulatorische Wagnisse	0,00	[Euro]
SUMME KAPITALKOSTEN	401.386,00	[Euro]

Betriebskosten		
Durchsatz pro Jahr [to]	77.000,00	
Stundensatz Arbeiter	30,00	[Euro]
Anzahl der Arbeiter	4,00	
Arbeitsstunden pro Jahr	1.720,00	[h]
Personalkosten	206.400,00	[Euro]
Preis für 1 kWh	0,10	[Euro]
Einsatzstunden pro Jahr	1.800,00	[h]
Leistung der Anlage	260,00	[kW]
Energiekosten	46.800,00	[Euro]
Verschleiß am Brecher / to	0,50	[Euro]
Ersatzteile Anlage / to	0,05	[Euro]
Wartung / to	0,05	[Euro]
Kosten für Wartung, Pflege und Verschleiß	46.200,00	[Euro]
Fremdüberwachungskosten (Körnungen)	2.000,00	[Euro]
Versicherung % von Summe Investition	0,30	[%]
Versicherung (Summe Investition)	7.308,90	[Euro]
Wagnis % von Summe Investition	3,50	[%]
Wagnis (Summe Investition)	85.270,50	[Euro]
Sonstige Kosten	0,00	[Euro]
SUMME BETRIEBSKOSTEN	393.979,40	[Euro]

Input der Recyclinganlage		
angenommener Bauschutt	40.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	60,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	40,00	[%]
Bauschuttmenge die aufbereitet wird /a	24.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	16.000,00	[to]
angenommener Betonbruch	10.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	80,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	20,00	[%]
Betonbruchmenge die aufbereitet wird /a	8.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	2.000,00	[to]
angenommener Asphaltbruch	10.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	100,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	0,00	[%]
Asphaltbruchmenge die aufbereitet wird /a	10.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	0,00	[to]
angenommener Bodenaushub	70.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	50,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	50,00	[%]
Bodenaushubmenge die aufbereitet wird /a	35.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	35.000,00	[to]
Gesamtmenge die aufbereitet wird	77.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung:	53.000,00	[to]

Output auf Deponie		
Gesamtmenge die aufbereitet wird	77.000,00	[to]
Entsorgungsmenge der Reststoffe nach Aufbereitung	10,00	[%]
Entsorgungsmenge der Reststoffe nach Aufbereitung	7.700,00	[to]
Bearbeitungskosten und Transport pro Tonne	10,00	[Euro]
Entsorgungskostenmittelwert auf Inertstoffdeponie / to	7,20	[Euro]
ALSAG - Beitrag	2,10	[Euro]
Entsorgungskosten	148.610,00	[Euro]

Erlöse		
angenommener Bauschutt	40.000,00	[to]
Bauschuttmenge die aufbereitet wird /a	24.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	16.000,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Bauschutt (Mittelwert aus sortenreinem und unsortiertem Bauschutt)	14,40	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Bauschutt (stark verunreinigt über 50%) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	174,50	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Bauschutt	345.600,00	
angenommener Betonbruch	10.000,00	[to]
Betonbruchmenge die aufbereitet wird /a	8.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	2.000,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Betonbruch (Mittelwert aus reinem bewehrten und unbewehrten Betonabbruch)	10,90	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Betonbruch (Preis wie Baustellenabfall) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	190,30	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Betonbruch	87.200,00	
angenommener Asphaltbruch	10.000,00	[to]
Asphaltbruchmenge die aufbereitet wird /a	10.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	0,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Asphaltbruch (Mittelwert aus reinem und vermischtem Altasphalt)	5,25	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Asphaltbruch (Preis wie Baustellenabfall)kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	190,30	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Asphaltbruch	52.500,00	
angenommener Bodenaushub	70.000,00	[to]
Bodenaushubmenge die aufbereitet wird /a	35.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	35.000,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Bodenaushub (schottrig)	1,40	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Bodenaushub (lehmig) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	5,40	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Bodenaushub	49.000,00	
Annahmeerlös für Annahme Baurestmasse	534.300,00	[Euro]
Durchschnittserlös pro to Recyclingbaustoff	6,10	[Euro]
Durchschnittserlös für Recyclingbaustoff /a	422.730,00	[Euro]

Gesamterlös pro Jahr	957.030,00	[Euro]
Gesamtkosten pro Jahr	943.975,40	[Euro]
Gewinn:	13.054,60	[Euro]

Kalkulation Recycling

Aufbereitung in einer eingehausten stationären Anlage

(Baurestmassendurchsatz: minimal wirtschaftlichster Durchsatz)

Investitionskosten		
Anlagekosten	1.530.000,00	[Euro]
Infrastruktur (Wege, Fundamente, Erschließung, etc.)	140.000,00	[Euro]
1 Radlader / 1 Bagger / 1 LKW	240.000,00	[Euro]
1 Betonschere	3.500,00	[Euro]
1 Felsmeißel	800,00	[Euro]
Büro- und Aufenthaltscontainer	25.000,00	[Euro]
Waage	17.000,00	[Euro]
Mietpreis für Grundstück 10000m ² für 10 Jahre	480.000,00	[Euro]
Summe Investitionen	2.436.300,00	[Euro]
Kapitalkosten		
Anschaffungswert	2.436.300,00	[Euro]
Restwert	0,00	[Euro]
Nutzungsjahre	10,00	[a]
Abschreibung	243.630,00	[Euro]
Fremdkapital	1.218.150,00	[Euro]
p [Zinsfuß in % p.a. pro Jahr]	5,00	[%]
n [Laufzeit in Jahren]	10,00	[a]
$r=1+(p/100)$	1,05	
a Annuitätsfaktor	0,13	
a Annuität = Tilgung und Zins	1.577.559,98	
Kalkulatorische Zinsen pro Jahr	157.756,00	[Euro]
Versicherungskosten bzw. kalkulatorische Wagnisse	0,00	[Euro]
SUMME KAPITALKOSTEN	401.386,00	[Euro]

Betriebskosten		
Durchsatz pro Jahr [to]	85.250,00	
Stundensatz Arbeiter	30,00	[Euro]
Anzahl der Arbeiter	4,00	
Arbeitsstunden pro Jahr	1.720,00	[h]
Personalkosten	206.400,00	[Euro]
Preis für 1 kWh	0,10	[Euro]
Einsatzstunden pro Jahr	1.800,00	[h]
Leistung der Anlage	260,00	[kW]
Energiekosten	46.800,00	[Euro]
Verschleiß am Brecher / to	0,50	[Euro]
Ersatzteile Anlage / to	0,05	[Euro]
Wartung / to	0,05	[Euro]
Kosten für Wartung, Pflege und Verschleiß	51.150,00	[Euro]
Fremdüberwachungskosten (Körnungen)	2.000,00	[Euro]
Versicherung % von Summe Investition	0,30	[%]
Versicherung (Summe Investition)	7.308,90	[Euro]
Wagnis % von Summe Investition	3,50	[%]
Wagnis (Summe Investition)	85.270,50	[Euro]
Sonstige Kosten	0,00	[Euro]
SUMME BETRIEBSKOSTEN	398.929,40	[Euro]

Input der Recyclinganlage		
angenommener Bauschutt	45.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	60,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	40,00	[%]
Bauschuttmenge die aufbereitet wird /a	27.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	18.000,00	[to]
angenommener Betonbruch	5.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	80,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	20,00	[%]
Betonbruchmenge die aufbereitet wird /a	4.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	1.000,00	[to]
angenommener Asphaltbruch	15.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	95,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	5,00	[%]
Asphaltbruchmenge die aufbereitet wird /a	14.250,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	750,00	[to]
angenommener Bodenaushub	80.000,00	[to]
Aufbereitungsmenge	50,00	[%]
Deponieren ohne Aufbereitung	50,00	[%]
Bodenaushubmenge die aufbereitet wird /a	40.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	40.000,00	[to]
Gesamtmenge die aufbereitet wird	85.250,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung:	59.750,00	[to]

Output auf Deponie		
Gesamtmenge die aufbereitet wird	85.250,00	[to]
Entsorgungsmenge der Reststoffe nach Aufbereitung	10,00	[%]
Entsorgungsmenge der Reststoffe nach Aufbereitung	8.525,00	[to]
Bearbeitungskosten und Transport pro Tonne	10,00	[Euro]
Entsorgungskostenmittelwert auf Inertstoffdeponie / to	7,20	[Euro]
ALSAG - Beitrag	2,10	[Euro]
Entsorgungskosten	164.532,50	[Euro]

Erlöse		
angenommener Bauschutt	45.000,00	[to]
Bauschuttmenge die aufbereitet wird /a	27.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	18.000,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Bauschutt (Mittelwert aus sortenreinem und unsortiertem Bauschutt)	14,40	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Bauschutt (stark verunreinigt über 50%) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	174,50	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Bauschutt	388.800,00	
angenommener Betonbruch	5.000,00	[to]
Betonbruchmenge die aufbereitet wird /a	4.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	1.000,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Betonbruch (Mittelwert aus reinem bewehrten und unbewehrten Betonabbruch)	10,90	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Betonbruch (Preis wie Baustellenabfall) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	190,30	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Betonbruch	43.600,00	
angenommener Asphaltbruch	15.000,00	[to]
Asphaltbruchmenge die aufbereitet wird /a	14.250,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	750,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Asphaltbruch (Mittelwert aus reinem und vermischtem Altasphalt)	5,25	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Asphaltbruch (Preis wie Baustellenabfall)kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	190,30	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Asphaltbruch	74.812,50	
angenommener Bodenaushub	80.000,00	[to]
Bodenaushubmenge die aufbereitet wird /a	40.000,00	[to]
Gesamtmenge Deponierung ohne Aufbereitung	40.000,00	[to]
Annahmeerlös für Annahme Bodenaushub (schottrig)	1,40	[Euro]
Annahmepreis für Annahme Bodenaushub (lehmig) kein Erlös -> Geld wird für Deponierungskosten verwendet	5,40	[Euro]
Annahmeerlös für Annahme Bodenaushub	56.000,00	
Annahmeerlös für Annahme Baurestmasse	563.212,50	[Euro]
Durchschnittserlös pro to Recyclingbaustoff	6,10	[Euro]
Durchschnittserlös für Recyclingbaustoff /a	468.022,50	[Euro]

Gesamterlös pro Jahr	1.031.235,00	[Euro]
Gesamtkosten pro Jahr	964.847,90	[Euro]
Gewinn:	66.387,10	[Euro]