



Verwertung des Abbruchmaterials von KlimaHäusern

Empfehlungen für Abbruch
und Verwertung

Autor: Florian Knappe (IFEU-Institut Heidelberg)



Diese Broschüre wurde im Zuge des Projektes „Verwertung des Abbruchmaterials von KlimaHäusern“ erstellt, das über das Programm “Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung EFRE 2007-2013” der Europäischen Union finanziert wird.

Autor

Florian Knappe (ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg)



ifeu-Institut

für Energie- und Umweltforschung Heidelberg

Herausgeber

Autonome Provinz Bozen – Südtirol
Abteilung 29 – Landesagentur für Umwelt
Amt 29.6 – Amt für Abfallwirtschaft

Stand

September 2013

Grafik

www.reichert.it

Fotos

IFEU-Institut Heidelberg, Feeß Kirchheim/T, Seite 8: Renovationprofis,
Seite 11: Klimaleichtblock GmbH (rechts), Isotherm GmbH (links),
Seite 14: ScanHaus Marlow GmbH, KlimaHaus Agentur Bozen,
Fotolia.com

Druck

www.karodruck.it

Hintergrund

Im Jahre 1992 wurde durch das Amt für Luft und Lärm der Autonomen Provinz Bozen ein innovatives Energiesparkonzept entwickelt. Es zielt auf die deutliche Verbesserung der Energiestandards für Neubauten sowie für den Gebäudebestand ab. Die Zertifizierung besonders energieeffizienter Gebäude erfolgt über die KlimaHaus-Agentur. Die Gebäude werden entsprechend als KlimaHaus bezeichnet. Nicht immer wurden und werden die entsprechenden Gebäude jedoch zur Zertifizierung angemeldet. Dies gilt insbesondere für Sanierungen im Gebäudebestand.

Der Umgang mit mineralischen Bauabfällen hat in Südtirol im Sinne der Kreislaufwirtschaft und des Ressourcenschutzes einen sehr guten Stand erreicht. Bei Abbruch der Gebäude und Aufbereitung der mineralischen Bauabfälle werden im Allgemeinen hohe technische Standards eingehalten.

So werden hochwertige ungebundene Schichten für den Straßen- und Wegebau hergestellt, die als Frostschutz- und Schottertragschichten für den Straßenoberbau definierte Eigenschaften aufweisen müssen und sich nicht von denen konventioneller Baustoffe unterscheiden dürfen. Eine weitere hochwertige Verwertungsmöglichkeit besteht in der Herstellung von Gesteinskörnungen, die bei der Produktion von Transportbeton eingesetzt werden können.

Für all diese Produkte bestehen Normen und Regelwerke mit klar definierten Anforderungen an die Zusammensetzung der Gesteinsmischungen sowie an die bauphysikalischen und umwelttechnischen Produkteigenschaften. Fremdbestandteile dürfen nur in unvermeidbaren Anteilen in den Produkten enthalten sein. Sie beeinflussen wesentlich die Akzeptanz auf Seiten der Bauherren.



Abb. 1

Gesteinskörnungen aus Altbeton und aufbereitetem Mauerwerk in guter Qualität

Schon heute werden die ersten dieser KlimaHäuser rückgebaut oder umgebaut. Damit kommen zunehmend Abbruchmaterialien bei den Bauschuttzubereitungsanlagen an, die sich deutlich vom bisherigen Materialinput unterscheiden. Allgemein nimmt die Vielfalt an Bauprodukten zu und damit auch die Heterogenität und stoffliche Zusammensetzung der mineralischen Bauabfälle.

Je heterogener das Ausgangsmaterial, das ab Abbruchbaustelle bei den Bauschuttrecyclinganlagen angeliefert wird, umso eher steht der Aufwand der Aufbereitung in keinem Verhältnis zum damit verbundenen Erfolg. Dies gilt nicht nur unter ökonomischen, sondern auch unter ökologischen Gesichtspunkten. Hochwertige Bauprodukte lassen sich aus den mineralischen Bauabfällen nur dann herstellen, wenn bereits das Inputmaterial in den Prozess möglichst frei von Fremd- und Störstoffen und in seiner Zusammensetzung auf die geforderten Produkteigenschaften zugeschnitten ist.



Abb. 2

Beispiele idealer Inputhalden aus Mauerwerksabbruch und Altbeton

Es ist demnach wichtig, sich möglichst frühzeitig und umgehend auf diese neue Situation einzustellen und Lösungsstrategien zu entwickeln. Diese liegen in einem optimalen Zusammenspiel zwischen Abbruch und Aufbereitung, das auf die neue Zusammensetzung der Baustoffe abgestimmt ist.

Mit dem vorliegenden Leitfaden sollen erste Impulse zur Entwicklung dieser Strategien im Umgang mit den zukünftig verstärkt anfallenden Materialien aus dem Rückbau und der Sanierung von KlimaHäusern gesetzt werden.

Empfehlungen für Gebäude mit monolithischen Wänden

Bei dieser Bauweise werden in der Regel nur Massivbausteine eingesetzt. In den Abbruchmassen befinden sich daher keine nicht-mineralischen Bestandteile aus Dämmmaterialien. Um trotzdem die geringen Wärmedurchgangswerte zu erreichen, werden in aller Regel die Wandstärken erhöht und Baustoffe mit geringerer Rohdichte verwendet. Üblicherweise werden (Hoch)Lochziegel, Leicht- und Porenbeton- oder auch Kalksandsteine eingesetzt. Ihre Verwertungseigenschaften unterscheiden sich jedoch.

Die Scherbenrohichte eines Hochlochziegels verändert sich durch den Brechvorgang. Wird die geringe Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffes durch Porosität erreicht (z.B. Leicht- bzw. Porenbeton), ändert sich die Rohdichte durch den Brechvorgang kaum.

Da die hochwertigen Produkte im Straßen- und Wegebau hohen mechanischen Belastungen widerstehen können müssen, sind „leichte“ Gesteinskörnungen mit geringer Rohdichte weniger geeignet. In den Gesteinsmischungen für die Transportbetonindustrie sollen sie möglichst nicht enthalten sein, da über die Kornrohichte der Gesteinskörnungen die Festigkeit des Betons beeinflusst wird.

Eine monolithische Bauweise unterstützt grundsätzlich den Rückbau eines Gebäudes und die sortenreine Bereitstellung von Abfallmassenströmen ab der Abbruchbaustelle. Die Konzeption und Durchführung des Gebäuderückbaus wird dadurch deutlich vereinfacht.

Auch hier bleibt es jedoch unabdingbar, dass die Gebäude zunächst entkernt werden (bspw. Entfernen von Fenstern, Türen, Bodenbelägen, abgehängten Decken). Zudem müssen gipshaltige Materialien verlässlich aus dem Massenstrom getrennt gehalten werden. Gips wirkt sich schädlich auf die Betoneigenschaften aus (bspw. Thaumasitbildung). Häufig sind es gerade Sulfatwerte, die aus umwelttechnischer Sicht die Einsatzmöglichkeiten von Baustoffen im Straßen- und Wegebau beschränken. In Verbindung mit Wasser ist auch hier Gips zudem aus bauphysikalischer Sicht problematisch.



Abb. 3
Rückbau eines entkernten Gebäudes

Stehen KlimaHäuser mit monolithischem Wandaufbau zum Rückbau an, ist es zudem ratsam, die „leichten“ Materialien bereits ab der Abbruchbaustelle und im Input einer Bauschutttaufbereitungsanlage getrennt zu halten. Bauschuttzubereiter

honorieren in der Regel die Anlieferung sortenreiner Massen durch tiefere Annahmepreise, insbesondere wenn sie nur geringe Fremdstoffanteile aufweisen. Dazu zählen auch die benannten Leichtbaustoffe. Ihre Abtrennung bereits im Rückbau wirkt sich deshalb stark auf die Entsorgungskosten aus.

Aus den für Südtirol ausgewerteten Statistiken geht hervor, dass es auch Klima Häuser aus Holz gibt, deren Wände in Vollholz ausgeführt sind. Auch diese zählen zur monolithischen Bauweise. Da nur unbehandelte Hölzer einer stofflichen Verwertung zugeführt werden können, ist es wichtig diese getrennt zu halten, um die Verwertbarkeit zu steigern. Für die behandelten Hölzer ist nur eine energetische bzw. thermische Verwertung möglich.

Bei der monolithischen Bauweise lässt sich zusammenfassend festhalten:

- Aus Sicht des Rückbaus von Gebäuden ist die monolithische Bauweise eine gute Lösung, da sich über einen selektiven Rückbau reine mineralische (oder holzige) Bauabfallmassenströme gewinnen lassen.
- Bestehen die Außenwände aus leichten porigen Baustoffen (z.B. Leicht- bzw. Porenbeton) und damit Massen, deren Rohdichte sich über das Brechen nicht verbessern lässt, sollten diese möglichst getrennt von den übrigen Massenströmen gehalten werden. Sie sind Störstoffe in der Herstellung hochwertiger Bauprodukte aus mineralischen Bauabfällen für den Straßen- und Wegebau.
- Darüber hinaus sind auch die Gebäude mit monolithischen Wänden vor dem eigentlichen Rückbau zu entkernen (bspw. Entfernen von Fenstern, Türen, Bodenbelägen...) und von allen problematischen Baustoffen wie jenen auf Gipsbasis zu befreien.
- Gebäude in monolithischer Bauweise lassen sich über einen selektiven Rückbau in sortenreine saubere Massenströme auftrennen. Diese sortenreinen sauberen Inputmassenströme lassen sich gezielt zu Produkten verarbeiten und werden von den Bauschuttzubereitungsanlagen durch tiefere Annahmepreise honoriert.

Empfehlungen für Gebäude mit Wärmedämmverbundsystemen (WDVS)

Die hohen Energiestandards von KlimaHäusern lassen sich auch erreichen, indem auf die Wände Dämmmaterialien aufgebracht werden. Meist handelt es sich um Baustoffe aus Polystyrol (EPS/XPS). Dies stellt zudem die klassische Lösung bei einer energetischen Sanierung und einer nachträglichen Dämmung der Gebäude dar: Diese Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) werden in aller Regel von außen auf die Außenwand aufgebracht.

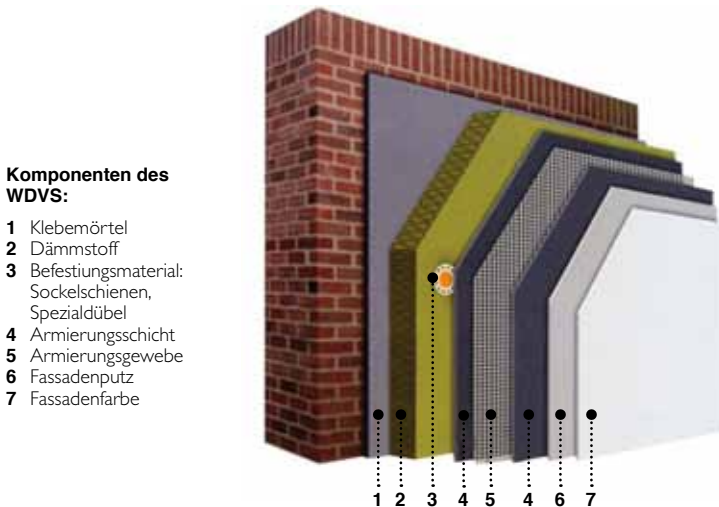


Abb. 4

Verklebtes und verdübeltes WDVS-System auf Ziegel-Mauer

Diese Dämmmaterialien müssen vor dem eigentlichen Rückbau des Gebäudes entfernt werden, da sich der Materialverbund zwischen Mauerwerk und Dämmung auch nach dem Brechvorgang in den Anlagen und Prozessen einer Bauschutt-aufbereitung nicht lösen lassen. Damit ist eine ansonsten übliche Abtrennung über die unterschiedliche spezifische Dichte der Materialien mittels Windsichter oder Dichtebad kaum möglich.

Um den technischen Anforderungen von RC-Bauprodukten für den Straßen- und Wegebau nachzukommen und den Fremdstoffanteil zu begrenzen, müssten die Gesteinsbrocken mit anhaftendem WDVS in der Aufbereitung händisch aus dem Haufwerk aussortiert und beseitigt werden.

In Konsequenz wird ein Bauschuttzubereiter derartige Massenströme nicht als Inputmaterial annehmen oder nur zu einem hohen Annahmepreis, der den Personalaufwand in der Aufbereitung und Sortierung mit all den Entsorgungskosten für den verunreinigten Teilstrom widerspiegelt.

Die Wärmedämmverbundsysteme lassen sich jedoch vergleichsweise einfach bereits beim Abbruch eines Gebäudes getrennt halten. Falls die Dämmung außen angebracht wurde, kann die klassische Abbruchtechnik eingesetzt werden.

Über die scharfen Kanten der Sortiergreifer lassen sich die Dämmstoffe vergleichsweise problemlos und schnell abschaben. Es verbleibt eine Wand, die nur noch Reste der Dübel und Kleber aufweist. Die Statik der Wände wird durch diesen Prozess nicht gefährdet.



Abb. 5

Sortiergreifer beim Abschaben des Wärmedämmverbundsystems

Dieses Rückbaukonzept lässt sich immer dann problemlos umsetzen, wenn die Außenwände durch die Abbruchfahrzeuge leicht erreicht werden können. Bei schwierigeren Grundstücksverhältnissen müssen eine Einrüstung der Wände und ein manueller Abtrag der Dämmung erfolgen. Dies ist mit deutlich höherem Zeit- und Personalaufwand verbunden, wird jedoch über die Annahmepreise der Bauschuttzubereiter honoriert.



Abb. 6

Massive Ziegelmauerwand nach Entfernen des Wärmedämmverbundsystems

Für Gebäude mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS) lässt sich zusammenfassend festhalten:

- Das WDVS muss vor dem eigentlichen Rückbau des Gebäudes entfernt werden. Eine Abtrennung aus dem Bauabfallmassenstrom ist nicht oder nur mit einem unverhältnismäßig großen Aufwand in einer Bauschuttzubereitungsanlage möglich.
- Die Abtrennung des WDVS ist mit der klassischen Abbruchtechnik (z.B. mit Sortiergreifer) jedoch vergleichsweise einfach möglich. Dies gilt insbesondere beim üblichen Einsatz von Dämmmaterial aus Polystyrol.
- Die Außenmauer weist nach Entfernen des WDVS nur geringe Anteile an Kleber und Dübel auf. Da Betone oder Mauerziegel mit den üblichen physikalischen Eigenschaften verwendet wurden, lassen sich aus diesem Massenstrom grundsätzlich hochwertige Bauprodukte herstellen.

Empfehlungen für Gebäude mit Verbundbaustoffen

In Südtirol ist der Einsatz von Verbundbaustoffen, bei denen Dämmmaterialien in den Mauerwerksstein integriert werden, noch weitgehend unbekannt. Dies können Ziegelsteine mit Steinwoll-, Perlit- oder Polystyrolfüllung sein oder Leicht- und Porenbetonsteine mit Mineralwolle (Glaswolle und Steinwolle). Ebenso auf dem Markt ist ein Bimsstein mit einem Polystyrol-Hartschaumkern.

Müssen derartige Gebäude rückgebaut werden, ist eine Auftrennung nach den unterschiedlichen Stoffen auf der Abbruchbaustelle nicht möglich. Die gesamte Last, aus dem heterogenen Ausgangsmaterial vermarktbarere Produkte herzustellen, und dies möglichst frei von Fremdstoffen, liegt bei der nachgeschalteten Bauschutttaufbereitung.



Abb. 7

Mauersteine als Verbundbaustoff mit Dämmmaterial

Der Beton- oder Ziegelanteil bei diesen Baustoffen erreicht nur deutlich $<50\text{Vol.}\%$. Einen klassischen Bauschutt aufbereiter erreicht demnach ein Materialstrom, der überwiegend aus Fremd- und Störstoffen besteht.

Grundsätzlich sollte dieser Massenstrom im Input einer Bauschutt aufbereitungsanlage getrennt von allen anderen mineralischen Bauabfällen gehalten werden, um den klassischen Produktmassenstrom nicht durch die hohen Fremd- und Störstoffanteile zu beeinträchtigen. Auf diese Weise kann das Material zudem getrennt mit einer auf die spezifische Problematik zugeschnittenen Technik und Verfahrensweise aufbereitet werden.

In einem ersten Schritt bietet es sich an, bereits am Input-Haufwerk mit einer manuellen Auslese zu beginnen. Da über den Abbruch nur eine grobe Zerkleinerung erfolgt, könnten gerade „elastischere“ Materialien noch in Form von größeren Stücken und damit auslesbar vorliegen.



Abb. 8

Beispiel für eine nachträgliche Auslese von Fremdstoffen aus einem Haufwerk

Eventuell lässt sich im weiteren Prozess die Abtrennung auch dadurch optimieren, dass der erste Brechvorgang „schonend“ durchgeführt wird, in der Hoffnung, den Materialstrom in der nachgeordneten Siebung vor allem im Überkorn (Siebüberlauf) aufkonzentrieren zu können. Diese Technik der selektiven Zerkleinerung von harten und weichen Materialkomponenten im Inputmassenstrom ist derzeit in üblichen Bauschutttaufbereitungsanlagen nicht vorhanden und es liegen demnach keine Erfahrungen vor: Wurden die Dämmstoffe in die Mauersteine eingegossen oder verklebt, ist eine erfolgreiche Auftrennung der Materialkomponenten tendenziell nicht möglich.

Gelingt es, die Fremdbestandteile im Überkorn anzureichern, müsste dieses dann zwingend im nächsten Behandlungsschritt über einen Leichtstoffabscheider oder ein Sortierband geführt werden, um eine weitere Auftrennung der Materialien zu erreichen. Die Leichtstoffe wären einer Müllverbrennungsanlage zuzuführen, was möglicherweise auch für das Überkorn des gesamten Massenstroms sinnvoll ist.

Für Gebäude, die aus Mauersteinen mit Verbundbaustoff errichtet wurden, lässt sich zusammenfassend festhalten:

- Bereits auf der Abbruchbaustelle sind Verbundbaustoffe getrennt von allen anderen Massenströmen zu halten. Diese bestehen zu mindestens 50 Vol.% aus Dämmstoffen, die für die nachfolgende Bauschutttaufbereitung Störstoffe darstellen.
- Handelt es sich um Dämmstoffe, die mit dem Mauersteinen verklebt sind oder in diesen eingegossen wurden, ist eine Auftrennung in einer Bauschutttaufbereitung tendenziell nicht möglich. Der Massenstrom wird wohl über eine Verbrennungsanlage entsorgt werden müssen.
- Sind die Dämmstoffe in den Mauerstein gesteckt, erscheint eine Aufbereitung möglich. Aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften der Materialien kann der Brechvorgang selektiv erfolgen, d.h. die Dämmmaterialien verbleiben tendenziell in Form von größeren Stücken, die sich über Siebung und manuelle Auslese aus dem Massenstrom aussortieren lassen.
- Die Verwertung oder Beseitigung eines derartigen Massenstroms wird immer mit einem hohen Aufwand verbunden sein, was sich deutlich in den Annahmepreisen von Bauschutttaufbereitungsanlagen niederschlagen wird.

Empfehlungen für Gebäude in Holzrahmenbauweise

Bei Gebäuden in Holzrahmenbauweise sind die Wände aus Holztafeln aufgebaut, in deren Ausfachung Dämmmaterial eingebracht ist. Vor dem Rückbau der Gebäude sollte dieses händisch entfernt werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn es sich um Glas- oder Steinwolle handelt. Dazu kommen die Gipskartonplatten, mit denen die Verkleidung erfolgt. Auch diese müssen vor dem Rückbau des Gebäudes entfernt werden.



Abb. 9

Vorfertigung in Holztafelbauweise

Handelt es sich um organisches Dämmmaterial, kann auf diesen händischen Rückbau dann verzichtet werden, wenn tendenziell die gesamte Konstruktion energetisch verwertet wird.

Die Auftrennung der Massenströme im Rückbau der Gebäude in einen mineralischen und einen nicht-mineralischen Teilstrom erfolgt danach durch einen 2-stufigen Rückbau. Zunächst wird das Gebäude oberhalb der Bodenplatte oder Kellerdecke rückgebaut. Erst anschließend erfolgt der Rückbau der verbliebenen mineralischen Gebäudeteile, wo in der Regel Altbeton anfällt.

Für Gebäude, die in Holzrahmen- bzw. tafelbauweise errichtet wurden, lässt sich zusammenfassend festhalten:

- Der selektive Rückbau ist grundsätzlich relativ einfach durchzuführen, da die aufgehenden Wände abgeräumt und für eine energetische Verwertung bereitgestellt werden. Bodenplatte und Keller lassen sich anschließend als Altbeton gewinnen.
- Vor dem Rückbau des Gebäudes sollten jedoch mineralische Dämmmaterialien (Glas- oder Steinwolle) und Wandverkleidungen entfernt werden. Dies ist nur händisch möglich.

Fazit

- Mit der energetischen Optimierung von Gebäuden werden neue Baumaterialien eingesetzt, die die Aufbereitung und Verwertung der Massenströme zu hochwertigen Produkten deutlich erschweren. Dazu kommt eine zunehmende Materialvielfalt.
- Aus mineralischen Bauabfällen hergestellte Recyclingbaustoffe dürfen sich in ihren Eigenschaften nicht von konventionellen Produkten auf Primärrohstoffbasis unterscheiden. Entsprechend hoch sind die Anforderungen an die bauphysikalischen Eigenschaften. Fremd- und Störstoffe sollten zudem nur in geringen unvermeidbaren Anteilen enthalten sein.
- Ein enges Zusammenspiel zwischen selektiven Rückbau der Gebäude und Bauschutttaufbereitung ist ausschlaggebend.
- Wurde das Gebäude aus leichten porigen Baustoffen (z.B. Leicht- bzw. Porenbeton) mit geringer Scherbenrohichte errichtet, sollten diese möglichst ab Abbruchbaustelle getrennt von den übrigen Massenströmen gehalten werden. Diese Leichtbausteine sind Störstoffe für die Herstellung hochwertiger Bauprodukte im Straßen- und Wegebau und eine Abtrennung in der Bauschutttaufbereitung ist nur schwer möglich.
- Wärmedämmverbundsysteme (WDVS), bei denen die Dämmmaterialien auf die Außenfassade eines Gebäudes angebracht wurden, lassen sich während des Gebäuderückbaus vergleichsweise einfach abschaben (z.B. mit Sortiergreifer) und getrennt entsorgen.
- In Südtirol fehlt noch die Erfahrung im Umgang mit Mauersteinen, in deren Hohlräume Dämmmaterialien eingefügt werden (Verbundbaustoffe). Eine Abtrennung dieser Dämmmaterialien vom Bauschutt in der Bauschutttaufbereitung ist nur im Zusammenspiel zwischen händischer Auslese und selektiver schonender Zerkleinerung möglich. Handelt es sich um Dämmstoffe, die mit den Mauersteinen verklebt sind oder in diese eingegossen wurden, ist eine Auftrennung in einer Bauschutttaufbereitung tendenziell nicht möglich.