

Bedingt durch den starken industriellen Wandel müssen immer häufiger alte Industrieanlagen rückgebaut werden. Im Gegensatz zu früheren Jahren ist es durch die neuen gesetzlichen Rahmenbedingungen in den meisten Fällen nicht mehr möglich, nur einen einfachen Abbruch durchzuführen.

Beim Abbruch wird ohne Unterscheidung der verschiedenen Baumaterialien mit der Fallbirne, Spreng- oder Reiß-techniken versucht, möglichst schnell und kostengünstig zum Ziel zu gelangen. Übrig bleibt in den meisten Fällen ein unsortiertes Konglomerat, das aus den verschiedensten Materialien besteht.

Früher war es ohne weiteres möglich, diese Mischung kostengünstig als sogenannten Bauschutt zu entsorgen. Die aktuelle Gesetzeslage, die Anforderungen der Deponien und die stark gestiegenen Deponiekosten lassen heute eine derartige Vorgehensweise nicht mehr zu. Die abfallwirtschaftliche Zielhierarchie¹

- Vermeiden
- Verwerten

- Entsorgen der nicht vermeid- und verwertbaren Abfälle läßt sich in der Praxis nur durch eine strenge Separation der einzelnen Materialien bereits auf der Baustelle einhalten. In diesem Fall spricht man von selektivem oder auch kontrolliertem Rückbau.

Der kontrollierte Rückbau vollzieht sich in verschiedenen Demontagestufen (Abb. 1). Danach ist es häufig möglich, viele Gebäude- und Anlagenteile wiederzuverwenden oder zumindest wieder- und weiterzuverwerten. Der obersten Priorität, Abfall zu vermeiden, kann somit Rechnung getragen werden. Durch eine strenge Trennung der einzelnen Materialien wie z.B. Holz, Stahl, Beton oder Mauerwerk in den einzelnen Demontagestufen ist es zudem möglich, einen Großteil der Baustoffe zu recyceln. Häufig bleibt nur ein relativ geringer Anteil übrig, der deponiert werden muß.

Bei einem jährlichen Aufkommen von etwa 220 Mio. Tonnen an Baurestmassen, die in der Bundesrepublik zu den mengenmäßig größten Abfallgruppen gehören, wird sehr schnell deutlich, wie wichtig ein kontrollierter Rückbau für die Abfallwirtschaft ist. Deshalb ist der selektive Rückbau seit einiger Zeit auch Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen.²

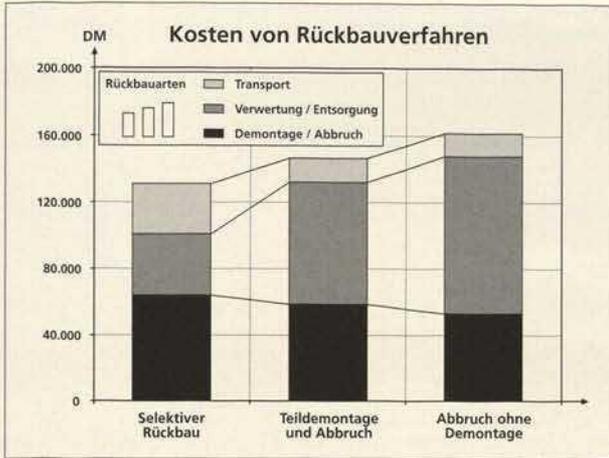
Wie von Rentz u.a. gezeigt,³ kann sich bereits bei nicht-industriellen Bauten eine strenge Trennung und der Rückbau in verschiedenen Demontagestufen lohnen (Abb. 2).

Bei Industriebauten, die bisher noch nicht quantitativ untersucht wurden, ist das Einsparungspotential weitaus höher, weil häufig Baustoffe und Anlagenteile kontaminiert sind und entsprechend hohe Entsorgungskosten anfallen.

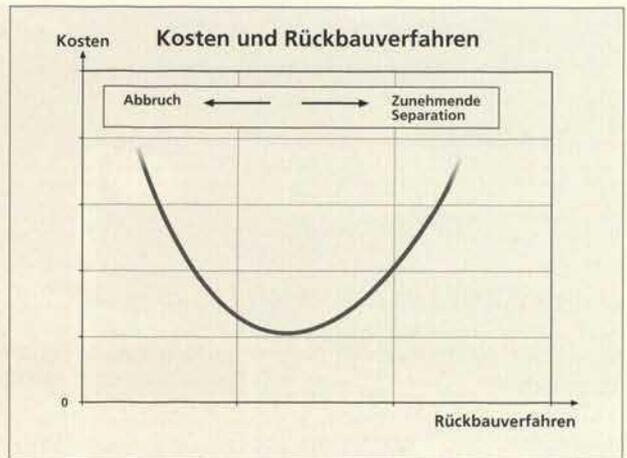
Der folgende Beitrag behandelt die grundsätzliche Problematik beim kontrollierten Rückbau und die Grenzen in der Praxis. Die Vorgehensweise wird am Beispiel des Blocks 4 des Rheinhafen-Dampfkraftwerks in Karlsruhe erläutert. An diesem

1. Ablaufstruktur eines Gebäuderückbaus (nach Petzschmann).





2. Kostenvergleich verschiedener Rückbauverfahren am Beispiel des Hotels Post, Döbel (nach: Rentz u. a. 1994).



3. Qualitativer Zusammenhang zwischen Kosten und Rückbauverfahren.

Projekt waren die Badenwerk AG Karlsruhe, das Amt für Abfallwirtschaft in Karlsruhe, zwei Diplomanden⁴ und der Lehrstuhl für Baugrund-Grundbau der Universität Dortmund beteiligt. Die Ausführung lag bei der Firma Kneucker & Co GmbH, Mannheim.

Grundsätzliche Problematik beim kontrollierten Rückbau

Die abfallwirtschaftliche Zielhierarchie wird vom Gesetzgeber relativiert.⁵ Eine Vermeidung oder Verwertung hat Vorrang, sofern dies

- technisch möglich, und
- wirtschaftlich zumutbar ist,
- für die gewonnenen Stoffe oder Energien ein Markt vorhanden ist oder geschaffen werden kann.

In dem Spannungsfeld zwischen Zielen und den oben genannten Einschränkungen ist der kontrollierte Rückbau auszuführen. In der heutigen Praxis hat – eine Beachtung von gesetzlichen Vorgaben und sonstigen technischen Vorschriften vorausgesetzt – eindeutig das Kostenargument den Vorrang (daß hier noch Verbesserungen notwendig sind, wird unten ausgeführt).

Beim kontrollierten Rückbau setzen sich die Kosten im wesentlichen aus folgenden Anteilen zusammen (vgl. Abb. 2):

- Demontage
- Entsorgung
- Transport
- Arbeitsschutzmaßnahmen bei kontaminierten Standorten.

Die Arbeitsschutzmaßnahmen in Verbindung mit kontaminierten Standorten werden häufig bei einem selektiven Rückbau günstiger sein. In der Regel reichen lokale Schutzmaßnahmen aus, während beim unkontrollierten Abbruch unter Umständen aus Emissionsschutzgründen eine Volleinhausung notwendig wird, was die Maßnahme sehr stark verteuern kann. Der selektive Rückbau stößt an seine Grenzen, wenn eine Separation zu unverhältnismäßig hohem Lohnaufwand führt.

Qualitativ ergibt sich der in Abb. 3 dargestellte Zusammenhang zwischen Kosten und Wahl des Rückbauverfahrens. Je nach den Randbedingungen, die auf einer Baustelle angefallen werden, wird das Kostenoptimum mehr beim Ab-

bruch, bei einer Teildemontage mit Abbruch oder bei sinnvoll gewählten Demontagestufen liegen. Im folgenden wird an einem Fallbeispiel die Vorgehensweise beim Rückbau einer Industrieanlage dargestellt.

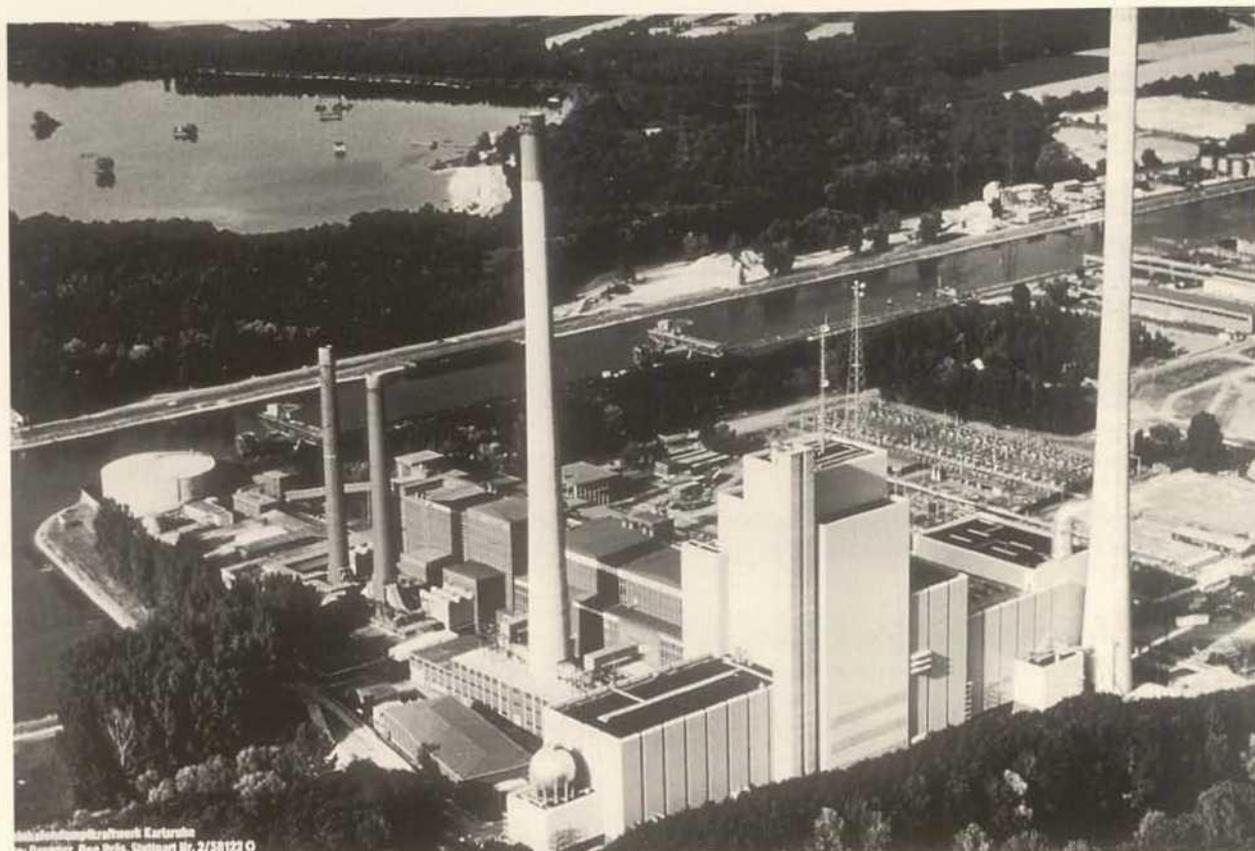
Das Rheinhafen-Dampfkraftwerk in Karlsruhe

Die Badenwerk AG betreibt im Karlsruher Rheinhafen ein Dampfkraftwerk (Abb. 4). Die Anlage besteht aus sieben Blöcken. Von Januar bis August 1995 wurde Block 4 teiltrückgebaut (vgl. Fotomontage Abb. 5). Die Anlagenteile von Block 4 im Maschinenhaus blieben erhalten. Diese Maßnahme war unter schwierigen Randbedingungen durchzuführen. Angrenzende Konstruktionen der benachbarten Kraftwerksblöcke und das Maschinenhaus von Block 4 mußten teilweise unter vollem Betrieb erhalten bleiben. Erschütterungen mußten so gering wie möglich gehalten werden. Die Standsicherheit der verbleibenden Konstruktion durfte nicht beeinträchtigt werden. Ein sehr enger Zeitplan war einzuhalten, um den Fertigstellungstermin der Neuanlage nicht zu gefährden.

An gleicher Stelle wird nun eine moderne Gas- und Dampfturbinenanlage errichtet. Dabei wird eine Gasturbine vor einen Abhitzekegel geschaltet, in dem die im Abgas der Gasturbine enthaltene Wärme zur Dampferzeugung genutzt wird. Der im Abhitzekegel erzeugte Dampf wird in die bestehende Dampfturbine geführt. Über Generatoren erzeugen sowohl Gas- als auch Dampfturbinen elektrische Energie. Die gesamte Leistung des Kraftwerkes beträgt ca. 360 MW bei einem Wirkungsgrad von 58,2%. Dies stellt einen der höchsten Wirkungsgrade für fossil befeuerte Anlagen dar. Bei einer zusätzlichen Fernwärmeauskopplung kann ein Brennstoffausnutzungsgrad von 67% erreicht werden. Durch den Einsatz von Erdgas als Brennstoff, verbunden mit dem hohen Wirkungsgrad der Anlage, wird durch die Reduzierung der CO₂ und NO_x-Emissionen ein wichtiger Beitrag zum Umweltschutz geleistet. Der Neubau ist jedoch im einzelnen nicht Gegenstand dieses Beitrags.⁶

Planung, Ausschreibung und Vergabe

Die Erfahrung aus Sanierungsmaßnahmen hat gezeigt, daß Altlasten am sinnvollsten stufenweise zu bearbeiten sind. Dies



4. Rheinhafen-Dampfkraftwerk Karlsruhe, Gesamtansicht von Südwesten vor Beginn der Rückbauarbeiten.

gilt insbesondere auch für den Rückbau kontaminierter Altstandorte.

In verschiedenen Bundesländern wurden Verfahren zur stufenweisen Altlastenbearbeitung entwickelt.⁷ 1993 konstituierte sich eine Fachkommission „Kontaminierte und kontaminationsverdächtige Standorte – Altlasten, Rückbau, Wiederverwertung“ mit dem Ziel, eine Leistungs- und Honorarordnung für die gutachterliche und planerische Bearbeitung von Altlasten zu entwickeln. 1994 wurden die Leistungsbilder für insgesamt fünf Stufen verabschiedet.⁸ Die Stufen

- Historische Erkundung
- Technische Erkundung
- Sanierungsuntersuchung
- Sanierungsplanung und Sanierungsüberwachung
- Oberleitung

wurden vom Grundsatz her auch beim Teilrückbau des Kraftwerksblocks 4 durchlaufen.

Generell sollte beim Rückbau jedes Industriestandortes eine Historische Erkundung, eventuell auch eine Gefahrverdachts-erkundung durchgeführt werden. Dadurch lassen sich Überraschungen und nicht kalkulierbare Kostenrisiken ausschließen oder zumindest minimieren. Wenn sich der Verdacht einer Kontamination nicht bestätigt, entfällt die Altlastenbearbeitung. Wegen der im ersten Abschnitt genannten Forderungen ist jedoch zumindest eine überschlägige Rückbauplanung mit einem Entsorgungskonzept auch für nicht kontaminierte Stoffe notwendig. Die Bearbeitungstiefe und der Aufwand können jedoch je nach Objekt sehr verschieden sein. Im Fall des Kraftwerks waren durch Kontaminationen vor allem die Bereiche

- Kessel
- Luftvorwärmer (LUVO) mit E-Filter
- Kohlemühlen
- Schornstein

betroffen. Problemstoffe waren vor allem Asbest als Dicht- und Isoliermaterial und Schwermetalle in den Flugstäuben und der Kesselausmauerung. Geringfügige Belastungen durch Mineralölkohlenwasserstoffe wurden in den Beton- und Holzböden der Motorenwerkstatt, des Benzin- und des Schmiermittellagers angetroffen.⁹ Für alle kontaminierten Bereiche wurde ein Entsorgungs- und Arbeitsschutzkonzept entwickelt und mit den zuständigen Behörden abgestimmt. Ein weiterer, aber sehr wichtiger Punkt außerhalb von Altlasten waren Standsicherheitsprobleme. Die Tragfähigkeit des verbleibenden Bauwerks wurde vor dem Rückbau durch das Statikfachbüro Harrer Ingenieure aus Karlsruhe sichergestellt.

Die Ergebnisse der Entsorgungs- und Arbeitsschutzplanung wurden in das Leistungsverzeichnis eingearbeitet. Dabei wurden einige wichtige Grundsätze beachtet. Arbeitsschutzmaßnahmen wurden in separaten Leistungspositionen aufgeführt. Wegen des erheblichen Einflusses dieser Maßnahmen sollten diese Leistungen auf keinen Fall als Nebenleistungen in andere Positionen einbezogen werden. Dasselbe gilt für Entsorgungskosten.

Um das Risiko der Bauzeitverlängerung abzudecken, empfiehlt sich eine Aufspaltung der Hauptpositionen in zeitabhängige und zeitunabhängige Positionen wie z.B. bei der Baustelleneinrichtung. Häufig sind die Massen nicht bekannt, so daß Eventual- und Alternativpositionen aufzunehmen sind. Aus



Photo Nr. 95 - Abbruchbereich
vom 22.10.1994

5. Rheinhafen-Dampfkraftwerk, Blöcke 1 bis 6 von Westen, Rückbaubereich aufgeht.

demselben Grund sollten, soweit möglich und dem Unternehmer zumutbar, für Teilbereiche Pauschalen auf der Grundlage einer möglichst detaillierten Beschreibung angestrebt werden.¹⁰

Wegen der Schwierigkeit der Aufgaben wurde unter Fachfirmen mit entsprechenden Referenzen eine beschränkte Ausschreibung mit Teilnahmewettbewerb durchgeführt. Generell empfiehlt sich diese Vorgehensweise bei schwierigen Maßnahmen. Je nach Größe kommt auch ein europaweiter Teilnahmewettbewerb in Frage.

Im Rahmen dieses Beitrags werden nur einzelne Teilaspekte der Ausführung unter dem Gesichtspunkt des kontrollierten Rückbaus und seiner Praxisgrenzen aufgegriffen.¹¹

Kesselhaus

Das Kesselhaus ist ein Beispiel für einen kontrollierten Rückbau, bei dem belastete Baustoffe keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Die Stahlbetondecken wurden zerkleinert und einer Baustoffaufbereitungsanlage zugeführt. Zuvor war die Dachpappe in Handarbeit durch Abschaben zu entfernen. Eine Beprobung ergab, daß es sich um eine bitumen-, nicht um eine teerhaltige Dachpappe handelte. Dadurch wurde die Entsorgung wesentlich kostengünstiger. Trotzdem war der PAK-Gehalt für eine Entsorgung auf der Hausmülldeponie in Karlsruhe zu hoch. Eine mögliche Verbrennung wäre aber doppelt so teuer gekommen wie eine Deponierung. Als endgültiger Entsorgungsweg wurde eine Verwertung in der Asphaltgutherstellung

gewählt, was schließlich 50 % billiger war als die Deponierung und zudem abfallwirtschaftlich viel sinnvoller ist. Dieses kleine Beispiel zeigt, wie wichtig zum einen sortenreine Erfassung und zum anderen umfassende Entsorgungsplanung ist.

Das Mauerwerk des Kesselhauses wurde ebenfalls einer Baustoffaufbereitungsanlage zugeführt. Bei diesem Stoff ist die erforderliche Trennschärfe auf der Baustelle nicht so hoch, weil störende Faktoren wie Metalle, Holz und Feinstoffe in der Recyclinganlage aussortiert werden. Außerdem ist eine Trennung in Beton und Mauerwerk nicht notwendig. Der Preis aus abfallwirtschaftlicher Sicht ist allerdings eine minderwertige Verwertung als Material im Straßen- und Wegebau, was ein Downcycling bedeutet. Dies ist nicht im Sinne einer Kreislaufwirtschaft.

Alle Stahlteile der rückgebauten Anlagen und Gebäude wurden komplett als Schrott wiederverwertet. Die Blechverschalung z.B. wurde im Brennschneidverfahren bis auf eine Größe von ca. 1,5 x 1,5 m zerkleinert, Stahlträger und Rohrleitungen auf eine Kantenlänge von ca. 1 m geschnitten. Der Stahlschrott wurde zum größten Teil an Hütten verkauft und dort zu Metallerzeugnissen weiterverarbeitet.

Benzin- und Schmiermittellager

Durch die jahrelange Nutzung bedingt, waren Mineralölkohlenwasserstoffe in die Stahlbetongußblöcher ca. 10 mm tief eingedrungen. Die kontaminierten Schichten wurden abgespitzt und separat entsorgt. Die nicht belasteten Teile wurden wie beim Kesselhaus einer Aufbereitungsanlage zugeführt.

Schornstein

Der 100 m hohe Schornstein bestand aus einem zweischaligen Mauerwerk. Die Innenflächen waren sehr stark durch Flugstäube, teilweise in verkrusteter Form, belastet. Entgegen der Erwartung wurde kein Asbest angetroffen. Die Flugstäube waren wegen der Schwermetallbelastung als Sonderabfall einzustufen, so daß im Prinzip nur eine Entsorgung in einer Untertagedeponie wie z. B. Herfa-Neurode in Frage kam. Das Mauerwerk dagegen war bis auf die Innenschicht unbelastet.

Zur Trennung belasteter und stark belasteter Bestandteile wurden zunächst die losen Flugstaubpartikel abgesaugt. Danach wurde eine Naßreinigung durchgeführt, wobei das Waschwasser im Kreislauf geführt wurde. Bereits nach zwei Durchgängen war die Oberfläche genügend gereinigt. Die Flugstäube samt Waschwasser konnten sozusagen als Wertstoff wiederverwendet werden. Eine Flugascherückführung ist im Rahmen des Kraftwerkbetriebs genehmigt. Somit konnten diese Reststoffe einer Verbrennung in der Anlage zugeführt werden, was abfallwirtschaftlich und kostenmäßig eine optimale Lösung darstellte.

Die ursprünglich geplante Entfernung der belasteten Schicht durch Sandstrahlen wurde wieder verworfen. Die Strahlabfälle hätten nämlich als Sonderabfall entsorgt werden müssen. Die Reinigungsarbeiten wurden unter Vollschutz mit P3-Masken durchgeführt. Nach dem Entfernen der kontaminierten Schicht konnten die weiteren Arbeiten als konventioneller Rückbau durchgeführt werden, wobei empfindliche Anlagenteile in unmittelbarer Umgebung des Schornsteins vor Erschütterungen geschützt werden mußten. Von 100 m über Geländeoberkante bis ca. 24 m wurde von Hand mit Preißluhhämmern gearbeitet, danach bis 20,5 m wurde mit der Schlagkugel abgebrochen. Das letzte Teilstück wurde mit einem Meißelbagger rückgebaut. Das Mauerwerk wurde zunächst aus arbeitstechnischen Gründen zur Verfüllung der Keller verwendet und danach einer Bauschutt-Aufbereitungsanlage zugeführt. Die damit zusammenhängende Recyclingproblematik wurde bereits diskutiert. Es sei angemerkt, daß eine aus abfallwirtschaftlicher Sicht weitaus bessere Verwendung als Sekundärrohstoff aus Kostengründen verworfen werden mußte.

Kessel

Der Rückbau des Kessels war einer der schwierigsten Abschnitte und aufgrund der Gefahr einer Asbestbelastung Gegenstand intensiver Erkundungen. Nach dem im Vorfeld des Rückbaus erstellten Entsorgungs- und Arbeitssicherheitskonzept galt der Kessel als stark asbestbelastet. Auf der Grundlage dieses Kenntnisstandes sollte der Rückbau in einem Schwarzbereich, d. h. unter aufwendigen, der angenommenen Gefährdung angepaßten Arbeitsschutzmaßnahmen durchgeführt werden. Schwarzbereiche sind bei hoher Asbestbelastung in der Regel gegenüber der Umgebung vollständig abgeschottet, im Innern herrscht ein Unterdruck, und der Zugang erfolgt durch eine Personenschleuse. Aufgrund der Erschwernisse durch Atem- und Körperschutz ist nach zwei Stunden Arbeit im Schwarzbereich jeweils eine Pause einzulegen.

Im Vorfeld des Kesselabbruchs stellte sich dann jedoch heraus, daß Asbest nur an wenigen Reparaturstellen und Dehnungsfugen verbaut worden war. Die Belastung war damit erheblich geringer als in der Erkundung angenommen. Deshalb konnten die Arbeitsschutzmaßnahmen erheblich reduziert

werden. Trotzdem wurden die Rückbauarbeiten in der Regel im Vollschutz mit Atemschutzmaske – wie im folgenden stark vereinfacht dargestellt – durchgeführt.

Zuerst wurden Flugstäube und ungebundene Stampfmasse durch Absaugen entfernt. Danach begann der Rückbau des Kessels von oben nach unten. Das Kessellinnere bestand praktisch nur aus schwer zu verwertenden feuerfesten Materialien. Die Stampfmasse hatte eine unterschiedliche Zusammensetzung. Eine weitere Separierung lohnte sich jedoch nicht, weil alle Anteile so stark belastet waren, daß nur eine Entsorgung als Sonderabfall in Frage kam. Mit Stampfmasse leicht verschmutzte Rohre brachten dagegen bei der Verschrottung keine Schwierigkeiten. Die Kesselausmauerung bestand aus Schamottesteinen, feuerfester Stampfmasse, Isolierstampfmasse, Isolierzement, Mauerwerk und Kieselgurstein. Beim Entfernen der Ausmauerung wäre eine Trennung der Stoffe zu aufwendig gewesen. Nach dem Ausbau wurden die Einzelteile separat beprobt und nach getrennten Entsorgungswegen gesucht. Die Ergebnisse der Analytik zeigten jedoch, daß praktisch alle Fraktionen so stark belastet waren, daß in keinem Fall eine Verwertung möglich gewesen wäre. Insofern lohnte sich eine nachträgliche Separierung nicht.

Als kostengünstigste Alternative zur Entsorgung in einer Untertagedeponie wurde eine Verwertung als Bergwerkversatzmaterial gefunden, was wegen der großen Mengen zu erheblichen Kosteneinsparungen führte. Wie dieses Beispiel zeigt, konnten durch eine sorgfältige Beprobung und eine umfangreiche Planung schließlich die wirtschaftlichsten Rückbaukonzepte und Entsorgungswege gefunden werden.

Asbest lag in geringen Mengen in Form von Platten und Schnüren vor. Unter strengem Arbeitsschutz gemäß TRGS 519 wurden diese Stoffe separiert und auf einer Hausmülldeponie abgelagert. Regelmäßig durchgeführte Raumluftmessungen zeigten, daß die Asbestbelastung im tolerierbaren Rahmen lag.

Die Mineralwolle ist ein Beispiel für die Praxisgrenzen des selektiven Rückbaus. Eine Reinigung von den Verschmutzungen, die eine Verwertung ermöglicht hätte, wäre viel zu aufwendig gewesen. Nach dem mühevollen Ausbau von Hand unter Vollschutz wurde die Mineralwolle verpackt und auf einer Hausmülldeponie entsorgt.

Erkenntnis

Das Beispiel Rheinhafen-Dampfkraftwerk zeigt, daß ein kontrollierter Rückbau im Rahmen der heutigen gesetzlichen Bestimmungen zur kostengünstigsten Lösung führt. Dies bestätigt sich auch durch weitere Untersuchungen.¹² Allerdings ist ein kontrollierter Rückbau mit erhöhtem Erkundungs-, Planungs- und Überwachungsaufwand verbunden. Die Vorerkundungen müssen rechtzeitig beginnen, Entsorgungs- und Arbeitsschutzkonzepte müssen in die Leistungsbeschreibung eingehen. Sehr wichtig ist auch eine Überwachung während der Rückbaumaßnahmen. Häufig ergeben sich neue Situationen, auch mit der Möglichkeit, durch geschickte Separation Entsorgungskosten zu sparen. Der Markt hat auf diese Erkenntnisse bereits reagiert. Teilweise bieten Firmen bereits kontrollierte Rückbaukonzepte in Werbeanzeigen an.

Minimale Kosten unter den heutigen Rahmenbedingungen bedeuten jedoch nicht eine optimale Ökobilanz oder ideale Bedingungen im Hinblick auf die zukünftig anzustrebende Kreislaufwirtschaft. Hier sind noch zahlreiche Verbesserungen möglich.

Recycling von Baustoffen bedeutet heute zumeist ein Downcycling, wie die Beispiele gezeigt haben. In der Regel ist eine Kreislaufwirtschaft beim Recycling von Beton und Mauerwerk in der heutigen Praxis noch nicht erreicht. Beim Stahl ergeben sich jedoch bei der Schrottverwertung und Neustahlherstellung bereits echte Kreislaufprozesse. Noch günstiger wäre eine Wiederverwendung, etwa von Stahlträgern, weil kein zusätzlicher Energieaufwand. Ziel muß sein, Kreislaufprozesse durch Wiederverwendung und -verwertung zu erreichen.

Bei den Deponiekosten fällt auf, daß je nach Landkreis das Preisniveau sehr unterschiedlich ist. Durch die stark reduzierten Abfallmengen und die teilweise sich abzeichnenden Entsorgungsüberkapazitäten ist die Gefahr des Mülltourismus gegeben. Ziel muß sein, möglichst einheitliche Bedingungen in der gesamten Bundesrepublik zu schaffen.

Ein wichtiger Schritt wäre, daß zukünftig bei jedem Rückbau ein Entsorgungs- und Verwertungskonzept vorgelegt werden muß, wie es z.B. in Karlsruhe Praxis ist. Hier sind die Bauordnungsämter gefordert, entsprechende Auflagen bei der Rückbaugenehmigung zu verlangen. Einen wichtigen Schritt in diese Richtung bedeutet z.B. der Entwurf des baden-württembergischen Abfallgesetzes. Gemäß § 5a dieses Gesetzes ist vorgesehen:

„Bei der Errichtung und beim Abbruch baulicher Anlagen ist sicherzustellen, daß die anfallenden Bauabfälle (Baustellenabfälle, Bauschutt, Bodenaushub und Straßenaufbruch) verwertet werden können, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist. Abfälle sind grundsätzlich auf der Baustelle zu trennen und getrennt zu halten, soweit dies zu deren Verwertung oder Beseitigung erforderlich ist.“

Anmerkungen

- 1 Thomas Spengler: Industrielle Demontage- und Recyclingkonzepte (Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Nr. 67). Berlin 1994.
- 2 Ebenda; Otto Rentz, Marc Ruch, Marcus Nicolai, Thomas Spengler, Frank Schultmann: Selektiver Rückbau und Recycling von Gebäuden – Dargestellt am Beispiel des Hotel Post in Dobel, Landkreis Calw. Landsberg 1994; Bernd Bilitewski, Angela Gewiese, Georg Härdtl, Klaus Marek: Vermeidung und Verwertung von Reststoffen in der Bauwirtschaft. Beihefte zu Müll und Abfall, 30, 1994; Berlin 1995; Marcus Nicolai: Zur Konfiguration von verfahrenstechnischen Anlagen für das wirtschaftliche Recycling von Bauschutt. Universität Karlsruhe 1994.
- 3 Rentz u. a., wie vor.
- 4 Y. Ullrich: Kontrollierter Rückbau und ökologisch sinnvolle Entsorgung am Beispiel des Rheinhafen-Dampfkraftwerks Block 4. Diplom-Arbeit, Fachhochschule Karlsruhe 1995; M. Schattmann: Ausschreibung von Rückbauarbeiten am Beispiel eines Forschungsprojektes. Diplom-Arbeit, Fachhochschule Karlsruhe 1995.
- 5 Spengler (wie Anm. 1).
- 6 D. Reuther, M. Rost, D. Scherer: Planungsüberlegungen und -grundlagen zum Umbau eines alten steinkohlefeueerten 100 MW-Blockes zu einer modernen 350 MW-Gas- und Dampfturbinenanlage. V 9 B Kraftwerkstechnik 75, 1995, Heft 4.
- 7 Vgl.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Handbücher zur Altlastenbearbeitung; Landesanstalt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen, Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten.
- 8 Claus-Juergen Diederichs, L. Breitenborn, F.J. Follmann: „Ergänzung der HOAI um einen Leistungsanteil Altlasten – Stand der Bearbeitung in der AHO Fachkommission „Altlasten“.“ In: Hans Ludwig Jessberger (Hrsg.): Sanierung von Altlasten. 1995.
- 9 Ullrich/Schattmann (wie Anm. 4); außerdem: Achim Hettler, W. Stahl: Dokumentation zum kontrollierten Rückbau des Blocks 4, Rheinhafen-Dampfkraftwerk, Lehrstuhl Baugrund – Grundbau – Altlastensanierung, Universität Dortmund 1996.
- 10 Diederichs u. a. (wie Anm. 8).
- 11 Wie Anm. 9.
- 12 A. Eltracher: Kosten des kontrollierten Rückbaus. Diplom-Arbeit, Fachhochschule Karlsruhe 1995.