

Abfallverwertung im Zementwerk – Technologie und Ökologie

Abfälle zu beseitigen indem man sie verbrennt – das hat eine lange Tradition. Aber erst seit dieser Prozess in Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA) gewissermassen industrialisiert worden ist, hat man gelernt, Abfälle auch als Energiequelle zu sehen. Verbrannten die Abfälle in den ersten KVA's noch ohne jede Energienutzung, so findet man heute keine moderne Anlage mehr, welche nicht auch ein beträchtlicher Energielieferant ist, sei es in Form von Prozessdampf, Fernwärme oder Strom.

Auch Abfälle zu rezyklieren war früher selbstverständlich. Man hatte eigentlich wenig Dinge, die nicht nach ihrem normalen Lebenszyklus einer anderen Verwendung zugeführt wurden. Erst mit der ungebremsten Konsumgesellschaft wurden mehr und mehr Dinge zu ‚Abfall‘, für welchen kein Verwendungszweck mehr erkenntlich war. Mit dem Auffüllen von mehr und mehr Deponieraum und mit den damit verbundenen Umweltschäden wuchs aber die Motivation, neue Wege der Wiederverwertung zu suchen, um die Abfallberge nutzvoll zu verringern.

Eine moderne Wunschtechnologie wäre daher also eine, die ein sinnvolles und benötigtes Produkt herstellt, indem sie Abfälle einsetzt und die in den Abfällen enthaltene Energie auch gleich noch für den Herstellungsprozess nutzt. Es wäre übertrieben, zu sagen, die Zementherstellung sei ganz und gar diese Wunschtechnologie, aber sie kommt ihr in einigen Aspekten zweifellos ziemlich nahe.

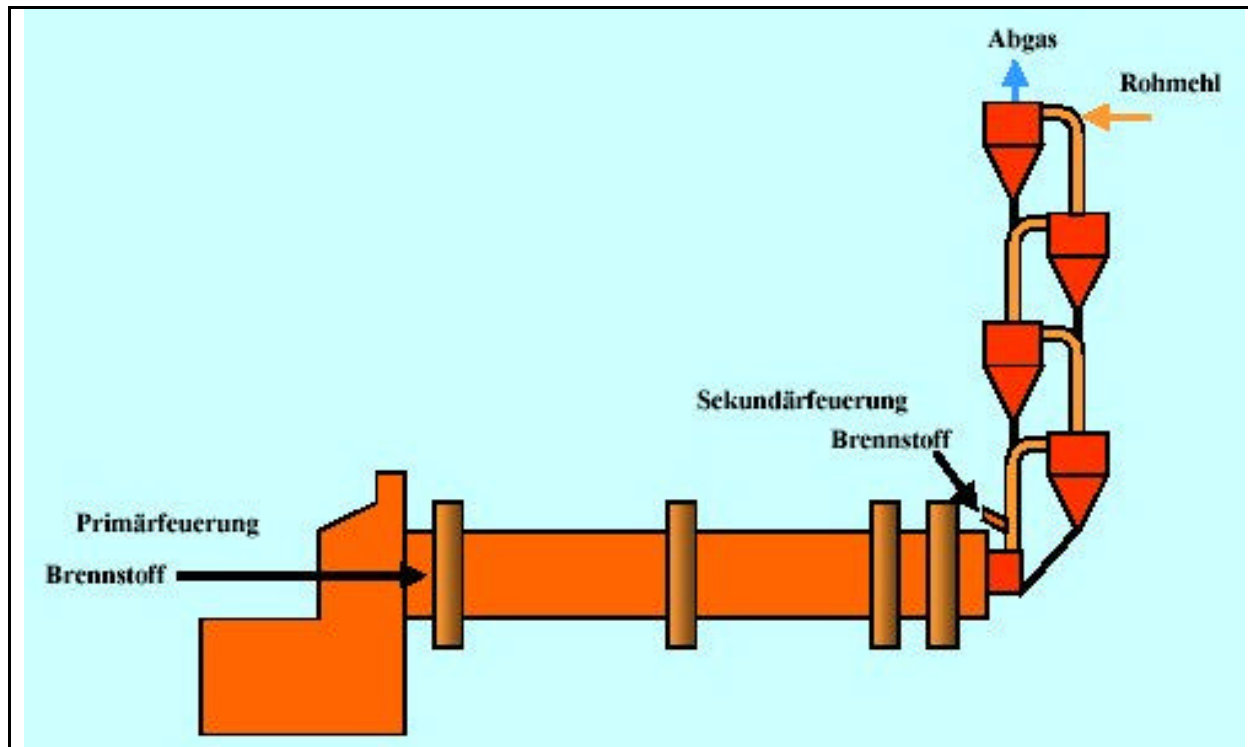
Die Attraktivität des Zementofensystems

Der Zementofen ist ein System, das unter anderen folgende Eigenschaften auf sich vereinigt:

- Hauptbrenner-Flammentemperaturen von ca. 2'000 °C
- Abgastemperaturen während 5-7 sec über 1'000 °C, im Sauerstoffüberschuss
- Weitgehende Neutralisation aller sauren Abgase
- Kühlung der Abgase auf 70-200 °C, d.h. Kondensation und Rückhaltung des grössten Teils der Schwermetalle im Abgas (ausser Quecksilber).
- Sinterung aller durchlaufenden Feststoffe bei Temperaturen um 1'450 °C
- Chemische Fixierung anorganischer Inhaltsstoffe im Produkt, dh. keine Aschen oder Stäube, die zu entsorgen sind.

Diese Eigenschaften machen den Zementofen technisch attraktiv, gewisse Abfallstoffe zu verwerten. Punkto Zerstörungspotential für komplexe Schadstoffe nimmt es der Zementofen mit praktisch jedem Sondermüllöfen auf. Dadurch, dass die Abgase durch hunderte von Tonnen von feingemahlenem Steinmehl strömen müssen (wobei sie dieses aufwärmen und sich selber abkühlen) werden sie sehr effizient von vielen Luftschadstoffen gereinigt. Was schliesslich die übrigbleibenden Reststoffe / Schlacken betrifft, so ist festzustellen, dass es im Zementofen keine gibt – alles landet im Zement! Selbstverständlich stellt das für einige Schadstoffe nur eine Verdünnung dar – aber für die grosse Masse der Schlackenbildner, die Silikate, Calcium-, Aluminium- und Eisenverbindungen findet eine echte Verwertung statt: Diese werden tatsächlich in Zement umgewandelt, dh. anstelle von Rohstoffen genutzt. So wird ein doppelter Effekt erzielt: Eine Ressource wird geschont und gleichzeitig ein bisher deponierter Abfall verwertet.

Die Zementwerke decken ihren grossen Energiebedarf herkömmlicherweise mit Kohle, die zum Teil von weither antransportiert wird. Ebenfalls traditionellerweise werden auch Schweröl, Petrolkoks und Gas verbrannt. Die Möglichkeit der Substitution dieser Energieträger (v.a. der Kohle) durch Abfallstoffe, die ansonsten mit geringerer Energienutzung oder gar nicht verbrannt würden, macht eine derartige Abfallverbrennung auch energiepolitisch attraktiv. Die Attraktivität wird umweltpolitisch noch gesteigert, wenn es sich bei den Abfallstoffen um CO₂-neutrale, regenerierbare Brennstoffe wie z.B. Altholz handelt oder wenn die Schadstoffbelastung der Abfallbrennstoffe geringer ist als jene des Normalbrennstoffs, was im Vergleich mit Kohle oft der Fall sein kann.



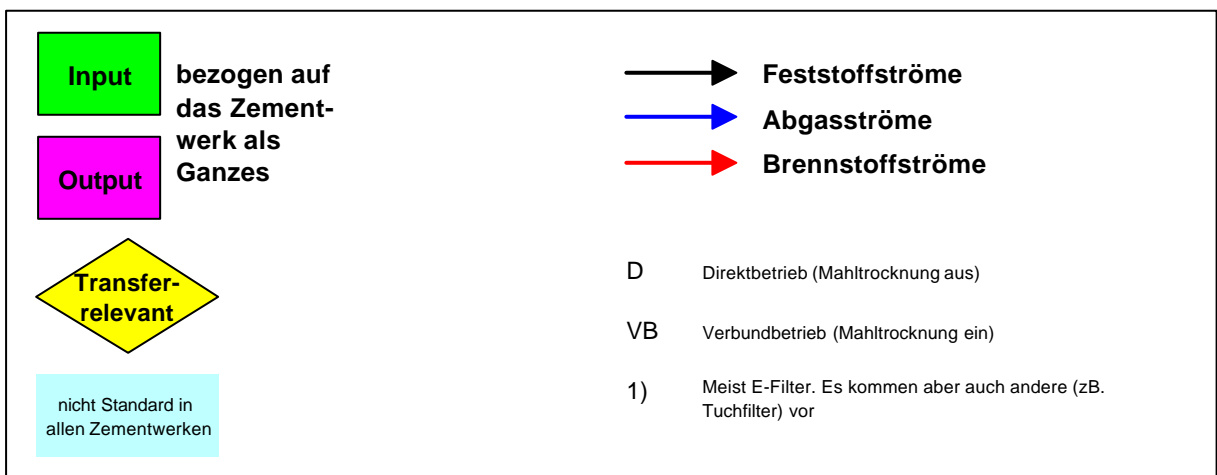
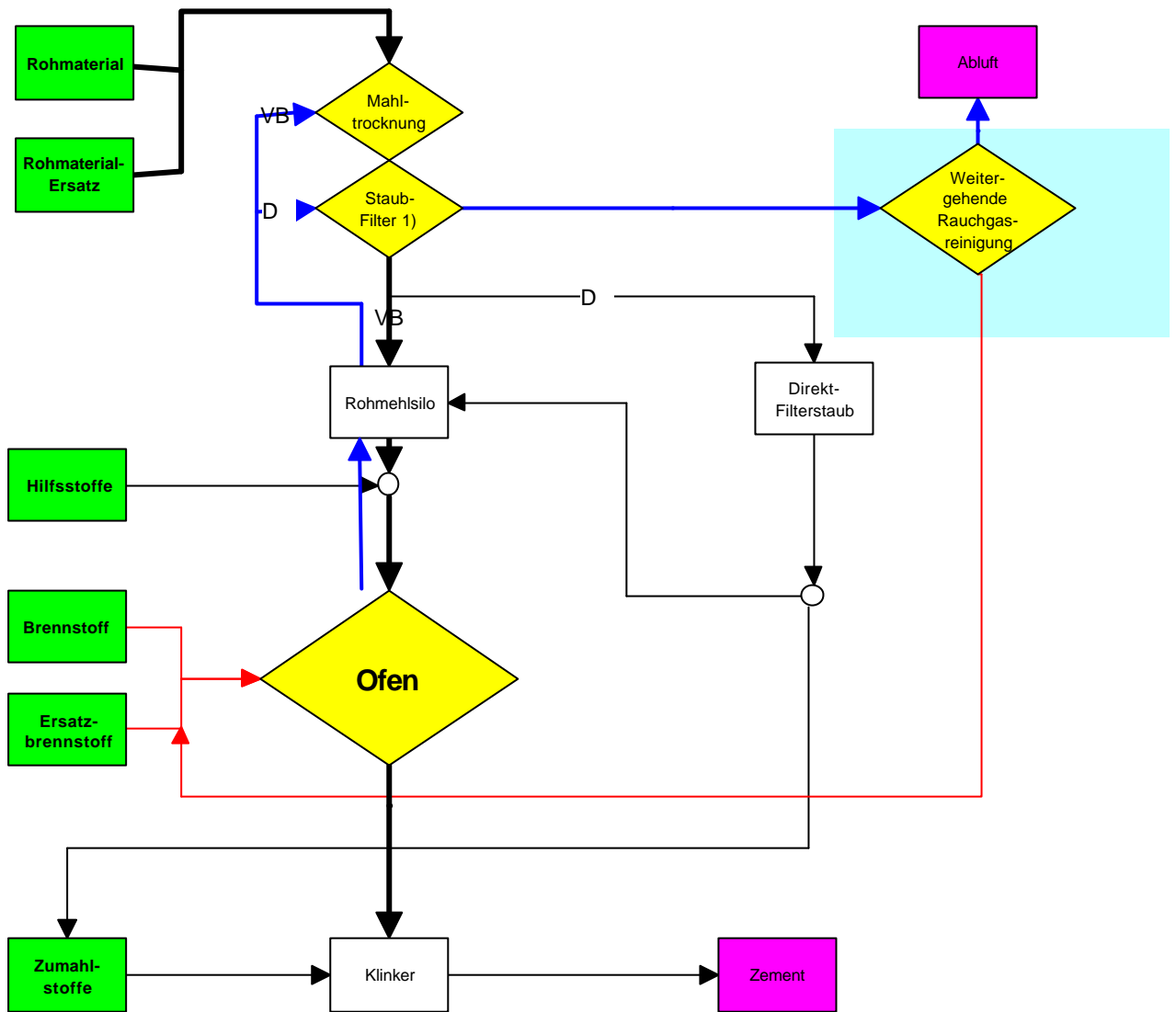
Figur 1: Zementofen-Schema

Figur 1 zeigt den Prinzipaufbau des Zementofen-Systems. Die Hauptmenge der Energie wird am unteren, heißen Ende des Drehrohrs eingebracht. Die heissen Abgase durchströmen den Ofen und danach die Vorwärm-Silos und heizen das Rohmaterial auf. Schliesslich werden sie in einem Elektrofilter entstaubt. Ein Zementwerk in der Schweiz besitzt ausserdem einen nachgeschalteten Aktivkohs-Filter, welcher auch Quecksilber und Spuren von anderen gasförmigen Luftschadstoffen zurückhalten kann. Das Rohmaterial läuft im Gegenstrom aus der Rohmehlmühle durch die Vorwärm-silos in den Ofen und erreicht dort eine Sintertemperatur von ca. 1450 °C.

Die Stoffflüsse durch den Zementofen

Es versteht sich, dass Abfälle nicht einfach im Zementwerk eingesetzt werden dürfen, ohne dass genau abgeklärt wurde, wie sich die einzelnen Abfall-Schadstoffe im Zementofensystem benehmen. Das Zementwerk unterliegt nämlich prozessbedingt zum Teil wesentlich weniger strengen Abluft-Emissionsgrenzwerten als eine Abfallverbrennungsanlage. Wäre die Abfallverbrennung ohne Rücksicht auf diese Stoffflüsse ohne Einschränkungen erlaubt, so würde man riskieren, dass gewisse Abfälle unter weniger ökologischen Bedingungen verbrannt würden, als der Gesetzgeber vorgesehen hat.

Im Rahmen der Arbeiten der BUWAL-Arbeitsgruppe „Abfallverwertung in Zementwerken“ haben wir ein Stoffflussmodell entwickelt, das sich auf verschiedene umfangreiche Vorarbeiten und auf detaillierte Messungen am Zementofen abstützt.



Figur 2: Güterflüsse durch das Zementofensystem

Die Untersuchungen des Stofffluss-Verhaltens zeigen vier typische Verhaltensweisen von Elementen, die in den Zementofen eingetragen werden:

A	Die Elemente landen im Klinker	Aluminium-, Silizium-, Calcium- und Eisenverbindungen Schwerflüchtige Metalle wie Chrom, Kupfer, Zink, Blei, Nickel, Arsen, ... Schwefel, wenn er mit dem Brennstoff eingetragen wird.
B	Die Elemente landen hauptsächlich in der Abluft	Flüchtige Metalle wie Quecksilber (sofern kein Zusatzfilter besteht) Flüchtige organische Substanzen und Schwefel, wenn sie mit dem Rohmaterial eingetragen werden Stickstoff als Stickoxid
C	Die Elemente laufen im System im Kreis. Sofern ein Teil des Rohmehl-Staubes unter Umgehung des Ofens direkt dem Zement zugemahlen wird (Bypass) landen die Elemente hauptsächlich im Zement. Sonst können sie sich im System aufkonzentrieren und bei Störfällen entweichen	Halbflüchtige Metalle wie Thallium, Cadmium Halbflüchtige Nichtmetalle wie Iod
D	Die Elemente laufen innerhalb des Ofens im Kreis: Absorption durch das Rohmehl im kälteren Ofenteil. Wiederfreisetzung im wärmeren Ofenteil. Diese Elemente müssen vom System ferngehalten werden. Sie können durch Aufkonzentration im Ofen zu Korrosionsschäden führen	Chlor, Natrium, Kalium

Tabelle 3: Stofffluss-Verhalten der verschiedenen Elemente

Aus diesen Erkenntnissen sowie aus vielen weiteren, beispielsweise betreffend das Verhalten von komplexen halogenorganischen Verbindungen oder von Stickstoff etc., wurde eine quantitative Stoffflussanalyse erarbeitet und in einem Computermodell dargestellt. So ist es nun möglich, die Konsequenzen des Einsatzes eines Abfallstoffs für das Ofensystem und für die ‚Outputs‘ in die Umwelt (Abluft, Klinker etc.) zu berechnen, wenn man die Eigenschaften der eingesetzten Abfälle, insbesondere deren genaue chemische Zusammensetzung kennt.

Die Entsorgungsmöglichkeiten

Das Verbrennen von Abfallstoffen im Zementofen ist nicht die einzige Möglichkeit der Verwertung. Auch Einsätze als Ersatzmaterial für Roh- und Hilfsstoffe sind denkbar. Zudem gibt es auch unter den Verbrennungs-Einsatzarten noch Unterschiede: Je nach der Beschaffenheit der Abfallstoffe und den technischen Möglichkeiten des betroffenen Ofens gibt es verschiedene Einsatzarten in verschiedenen Brennersystemen.

Die Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die möglichen einsetzbaren Abfälle und die entsprechenden Einsatzarten.

Verwertung als	Einsatz im System	Abfallart (Beispiele)
Brennstoff	<ul style="list-style-type: none"> Eindüsung als Brennstoff in die Primärfeuerung <p>oder</p> <ul style="list-style-type: none"> Eintrag in die Zweitfeuerung Eindüsung in den Vorkalzinator Vorgängige Vergasung und Verbrennung der Gase. (Nichtbrennbare Anteile laufen als Rohmehlersatzstoffe durch den Ofen) 	Altöl Destillatrückstände Lösungsmittel chlorfrei Klärschlamm getrocknet (ARA) Kunststoffabfälle chlorarm Schlamm getrocknet aus Papieraufbereit. Altholz als Holzmehl Schleifstäube und andere Feianteile Altreifen Gummiabfälle Altpapier
Rohmehlsu bstitut	Zumischung zum Rohmehl als Ersatz für Steinbruchmaterial oder als Korrekturstoff für die Elementenzusammensetzung	Giessereisand Div. gut ausgebrannte Aschen Verunreinigtes Erdreich Gemahlene Glasschlacken Ton und Silt aus der Bodenwaschung
Zu- mahl- stoff	Zumischung zum Klinker zur Zement-Mahlung	Spezielle gut ausgebrannte Aschen Glasschlacken Gipsschlämme getrocknet
Hilfs- stoff	Eindüsung als Entstickungsmittel oder zur Klinkerkühlung	Fotografische oder Lösemittelhaltige Abwässer Ammoniakalische Abwässer

Tabelle 4: Mögliche Abfallstoffe und Einsatzarten

Die Randbedingungen – BUWAL-Richtlinie

Die obige Tabelle bedeutet nun nicht, dass alle derartigen Abfallstoffe tel quel auch eingesetzt werden können! Die oben erwähnte BUWAL-Arbeitsgruppe hat vielmehr die konkreten stoffbezogenen Bedingungen ausformuliert, unter welchen man dies tun darf.

Die oberste Maxime beim Festlegen dieser Bedingungen war dabei der Gedanke der *kleinsten Gesamtbelastung des Oekosystems* bei gleichzeitig *optimaler Ressourcenbewirtschaftung*. In Zusammenarbeit zwischen Vertretern des Bundes und der der kantonalen Vollzugsbehörden, Vertretern der Zementindustrie und interessierten Kreisen aus der Abfallwirtschaft und Umweltforschung wurde versucht, die komplizierte Güterabwägung: Ganzheitlicher Umweltschutz / Abfall- und Ressourcenpolitik / Abfallwirtschaft / CO₂-Problematik, vorzunehmen. Das Resultat ist ein Regelwerk für den Abfalleinsatz, bestehend aus Grenz- und Richtwerten für die Emissionen bzw. für die Belastungen der einsetzbaren Abfälle, sowie einer sog. ‚Positivliste‘ für spezielle einsetzbare Abfälle.

Den aufgestellten Regeln lagen folgende Prinzipien zugrunde, die auch in Einklang mit den Zielsetzungen des „Leitbildes für die schweizerische Abfallwirtschaft“ liegen:

Abfallarten dürfen dann im Zementwerk entsorgt werden, wenn dies

1. ökologisch vorteilhafter ist, als irgend eine andere Art der Entsorgung und
2. in Einklang mit der Abfallplanung der Kantone und des Bundes steht und
3. eine ökologischere Ressourcenbewirtschaftung nicht konkurrenziert

Der Begriff 'ökologisch' ist hier als 'im Sinne des ökologischen Gesamtinteresses' zu verstehen. Das heisst: Beim Vergleich verschiedener Entsorgungsarten sind nicht isolierte Betrachtungsweisen (z.B. der Lufthygiene) ausschlaggebend, sondern möglichst ganzheitliche, die auch die induzierten Effekte im Sinne einer Oekobilanzierung mitzubersichtigen versuchen, also zB. auch Auswirkungen der Substitution von Rohstoffen, den ‚grauen‘ Beseitigungsaufwand, die Beanspruchung von Deponieraum etc.

Bei der Entsorgung von Abfallstoffen in Zementwerken ist zwingend zu beachten:

1. Die Entsorgung im Zementwerk muss einen *Verwertungs-Sinn* machen, dh. tatsächlich benötigte Brenn-, Grund-, Zuzahl- oder Betriebshilfsstoffe substituieren.
2. Die bei der Verwertung unumgängliche Verdünnung von *systemfremden Stoffen* ist zu minimieren.
3. Die Verwertung soll für den entsprechenden Abfall eine Gesamtlösung bieten, dh. keine Folge-Entsorgungsprobleme für die Allgemeinheit verursachen.

Diese Festlegungen setzen weitere Leitplanken für die konkreten Regelungen.

Verschiedene Forderungen, die aus diesen Prinzipien folgern, führten auf drei verschiedene Mittel der Regulierung, die eine unterschiedliche Wirkungsweise haben. Die Tabelle 5 zeigt diese Forderungen und die entsprechenden Regelungsmittel auf, die im folgenden erläutert werden.

Blickwinkel	Fragestellung	Geregelt wird	Regelungsmittel
Umwelthygiene	Wird die Luft signifikant stärker belastet?	OUTPUT d.h. Schadstoffe in Ab- luft, Klinker, Ze- ment	"Umwelt- Toleranzwerte"
	Wird Klinker zu einem über- mässig belasteten Gut?		
	Wird Zement zu einem über- mässig belasteten Gut?		
Abfalleitbild, Ressourcen- bewirtschaftung	Werden Stoffe im Zement über- mässig verdünnt? Werden Stoffe verdünnt, die mit einer anderen Technik als Wertstoffe zurückgewonnen werden könnten?	INPUT d.h. Stoffströme und - konzentrationen der zu verwerten- den Abfälle	"Richtkonzentra- tionen" (generelle und spe- zielle auf den Posi- tivlisten)
	Werden etablierte öffentliche Entsorgungseinrichtungen un- tragbar konkurrenziert oder ökologisch überlegene Lösun- gen verhindert?		
Abfallwirtschaft	Ist der Import von Abfällen trag- bar?	Bewilligung, Ab- fallkontingente	"Positivlisten" (Zuweisungsrecht)
	Nehmen Störfall- und Betriebs- risiken untragbar zu?		
Sicherheit Produktqualität Logistik	Leidet die technische Qualität des Zements?	Technische Spezifikationen, Liefervorschriften	Selbstsorge der Ze- mentwerke
	Gibt es Schnittstellen- oder Ab- laufprobleme der Entsorgung?		

Tabelle 5: Regelungsmittel für die Abfallverwertung

- **Umwelttoleranzwerte für Abluft, Klinker und Zement**

Die Umwelttoleranzwerte für Abluft haben eine Funktion wie LRV-Grenzwerte. Die Umwelttoleranzwerte für Klinker und Zement sind *Richtwerte* für deren Schadstoffbelastung, also für den *OUTPUT* aus dem Zementofensystem

Die Umwelttoleranzwerte werden so festgesetzt, dass man aus heutigem Wissensstand heraus annehmen darf, dass die Freisetzung in die Umwelt von solcherart belastetem Klinker, Zement oder Abluft *umwelthygienisch* kein Problem darstellt. Die Umwelttoleranzwerte sind Absolutwerte, dh. Angaben in mg Schadstoff pro kg Klinker bzw. mg Schadstoff pro Nm³ Abluft. Tabelle 6 gibt eine Übersicht über die Umwelttoleranzwerte:

Element	UMWELTTOLERANZWerte		
	FÜR ABLUFT [mg/Nm ³]	FÜR KLINKER [mg/kg]	FÜR ZEMENT [mg/kg]
Arsen	ii *	40	---
Antimon	iii *	5	---
Barium	---	---	---
Beryllium	x *	5 *	---
Blei	iii *	100	---
Cadmium	i *	1.5	1.5 *
Chrom	iii *	150	---
Kobalt	ii *	50	---
Kupfer	iii *	100	---
Nickel	ii *	100	---
Quecksilber	0.1 *	---	0.5 *
Selen	ii *	5	---
Silber	---	---	---
Thallium	i *	2	2 *
Vanadium	iii *	---	---
Zink	---	350	---
Zinn	iii *	25	---
Fluor (anorganisch)	5 [HF] *	---	---
Chlor (anorganisch)	30 [HCl] *	---	1000
Brom (anorganisch)	5 [HBr] *	---	---
Schwefel	500 *	---	3.5% SO ₃
organische Stoffe	LRV1 *	---	---
TOX	***	---	---
NO _x	<= 800 **		
NH ₃	30 *		
Staub	50 *		

Tabelle 6: Umwelttoleranzwerte

Erläuterungen:

- i LRV-Klasse 1 [Staub]: Zusammen 0.2 mg/Nm³
- ii LRV-Klasse 2 [Staub]: Zusammen 1 mg/Nm³
- iii LRV-Klasse 3 [Staub]: Zusammen 5 mg/Nm³
- x LRV-Klasse 1 für krebserregende Substanzen: Zusammen 0.1 mg/Nm³
- LRV1 LRV-Grenzwerte Anh. 1 Ziff 7,8: 20 / 100 / 150 mg/Nm normal
0.1 / 1 / 5 mg/Nm³ für krebserregende Substanzen
- * Signifikante Erhöhung der Schadstofffrachten aufgrund der Abfallverwertung ist verboten.
- ** Die Emissionen sind soweit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist, mindestens aber auf 800 mg/Nm³
- *** Entsprechend LRV Anhang 2 Ziff. 719 und dem Minimierungsgebot
- TOX PCB, Dioxine und ähnliche hochtoxische schwerabbaubare organische Verbindungen

- **Richtkonzentrationen für die Stoffbelastung von Abfällen**

Die Richtkonzentrationen sind Richtwerte für die Elementargehalte in den Abfällen. Sie zeigen, ab wann man bei der Zugabe eines Elements ins Zementssystem von einer *Stoffverdünnung* sprechen kann. Sie sind von den entsprechenden Gehalten der Referenzmaterialien abgeleitet und beziehen sich auf den Anfallstoff, also auf den *INPUT*.

Tabelle 7 gibt eine Übersicht über die generellen Richtkonzentrationen.

ELEMENT	RICHTKONZENTRATIONEN [mg/kg Trockensubstanz]			
	FÜR ABFALL- BRENNSTOFFE (bezogen auf Koh- le, 25 MJ/kg)	FÜR ROHMEHL - ERSATZ	FÜR ZUMAHL- STOFFE	FÜR HILFSSTOFFE
Arsen	15	20	30	Keine Generellen Richtwerte Spezielle Werte für Stoffe auf der Positivliste
Antimon	5	1	5	
Barium	200	600	1000	
Beryllium	5	3	3	
Blei	200	50	75	
Cadmium	2	0.8	1	
Chrom	100	100	200	
Kobalt	20	30	100	
Kupfer	100	100	200	
Nickel	100	100	200	
Quecksilber	0.5	0.5	0.5	
Selen	5	1	5	
Silber	5			
Thallium	3	1	2	
Vanadium	100	200	300	
Zink	400	400	400	
Zinn	10	50	30	
Fluor (anorganisch)	---	---	---	
Chlor (anorganisch)	---	---	---	
Brom (anorganisch)	---	---	---	
Schwefel	---	---	---	
organische Stoffe	---	*	*	
TOX	PCB: 50 *	*	*	

Tabelle 7: Richtkonzentrationen für einsetzbare Abfälle

Erläuterungen:

TOX PCB, Dioxine und ähnliche hochtoxische schwerabbaubare org. Verbindungen

* Kein allgemeiner Richtwert. Spezielles Vorgehen wenn Verdacht auf solche Stoffe besteht, entsprechend LRV Anhang 2 Ziff. 719 und dem Minimierungsgebot.

- **Positivlisten**

Die 'Positivlisten' sind Listen von gut definierten Abfällen, die umfassend geprüft und bilanziert wurden und die im Zementwerk verwertet werden dürfen, obwohl ein oder mehrere Richtkonzentrationen überschritten sind. Dies bedeutet konkret, dass zugunsten eines "Ökobilanzvorteils" oder mangels ressourcenpolitisch besserer Alternativen eine begrenzte Stoffverdünnung von bestimmten Elementen in Kauf genommen und limitiert wird. Die Positivlisten enthalten spezielle Bestimmungen, wie z.B. Ausnahme-Konzentrationsgrenzwerte für die Schadstoffe im Abfall oder Zuweisungsbestimmungen der Behörden.

Die Positivlisten werden regelmässig durch eine dafür ins Leben gerufene ‚Revisionskommission‘ des BUWAL überholt. Dies sowohl um eventuelle neue Abfälle aufzunehmen, als auch, um Abfälle, für die z.B. eine ökologisch überlegene Entsorgung gefunden wurde, aus der Liste zu streichen. Bei letzterem wird durch Uebergangsfristen auf die getätigten Investitionen Rücksicht genommen.

Tabelle 8 zeigt, für welche Abfallarten heute Positivlisten-Reglungen bestehen.

Positivliste für Abfall-Brennstoffe	Positivliste für Rohmehl-Ersatzstoffe
<ul style="list-style-type: none"> - Altöl (VVS 1440, 1460, 1470/71, 1480/81) - Altholz - Klärschlamm aus kommunalen ARA - Altreifen, Gummi - Kunststoffe (Industrieabfälle, keine Müllfraktionen) - Polyester - Altpapier, Karton - Papierschlamm aus Altpapier-Aufbereitungsanlagen 	<ul style="list-style-type: none"> - Aschen aus Verbrennungsanlagen von Schlämmen aus der Papieraufbereitung - Giessereiabfälle - Rückstände aus Bodenwasch-Anlagen (Altlast-Aufbereitung) - Abfälle aus der Strassenreinigung - Mit hauptsächlich organischen Substanzen verunreinigtes Erdreich / Betonbruch / Mischabbruch - Kalkrückstände aus dem Zinnrecycling
Positivliste für Zumahlstoffe	Positivliste für Hilfsstoffe
<ul style="list-style-type: none"> - Aschen aus Verbrennungsanlagen von Schlämmen aus der Papieraufbereitung - REA-Gips - Glasartige Schmelzprodukte aus der Hochtemperatur-Abfallbehandlung 	<ul style="list-style-type: none"> - Ammoniakhaltiges Abwasser - Wässrige mit nichthalogenierten Lösungsmitteln verunreinigte Abwässer (VVS 1240) - Photoabwässer (VVS 1084, 1087)

Tabelle 8: Übersicht über die Positivlisten

Die vorgestellten Regelungen haben in Form einer behördenverbindlichen BUWAL-Richtlinie Aufnahme in den Umwelt-Vollzug gefunden. Es gilt dabei stets zu beachten, dass für abfallverwertende Zementwerke unabhängig von diesen neu definierten Regeln in jedem Fall die normale geltende Gesetzgebung Anwendung findet. Insbesondere gilt die Abfallgesetzgebung, sowie die einschlägigen Lager- und Transportbestimmungen genau gleich wie für alle Abfallbehandlungsanlagen.

Fazit – Aufwand und Nutzen

Am Anfang stand die Überzeugung, dass es möglich ist, aus der geschickten Anwendung einer bestehenden Technologie (Zementofen) ein bestehendes Problem (Entsorgung bestimmter industrieller Abfälle) so zu lösen, dass ein ökologischer und ökonomischer Nutzen resultiert. Der Aufwand, die entsprechenden Methoden zu etablieren, war nicht zu unterschätzen: Eine eigens eingesetzte gesamtschweizerische Kommission arbeitete mehr als 2 Jahre, es wurden zahlreiche zum Teil sehr komplexe Messungen und Berechnungen angestellt und das ganze Prozedere einer BUWAL-Richtlinien-Erstellung wurde durchlaufen. Dennoch rechtfertigt der gewonnene Nutzen die Aktivitäten: Es konnten fundierte und auf dem Nachweis der ökologischen Vorteilhaftigkeit beruhende Kriterien für die Abfallverwertung gewonnen werden, die heute in der Praxis auch angewendet werden. Und die Statistiken über die in Zementwerken verwerteten Abfallstoffe belegen auch, dass Ganze ökonomisch interessant ist – zum Nutzen unserer CO₂- und Energiebilanz und unserer Ressourcen.

Literatur:

BUWAL, Umweltmaterialien Nr. 70: Abfallentsorgung in Zementwerken, Thesenpapier

Autorenkästchen:

Dr. Jürg Liechti ist Geschäftsführer der DR. GRAF AG in Gerlafingen. Er beschäftigt sich seit 1994 mit der Abfallverwertung in Zementwerken und war technischer Begleiter der BUWAL Arbeitsgruppe „Abfallverwertung in Zementwerken“ und in dieser Funktion Mitautor des erwähnten ‚Thesenpapiers‘.