

# Thermische Verwertung von Altkunststoffen in der Zementerzeugung und mögliche Auswirkungen auf den Wald

Alfred FÜRST

## Abstract

### Thermal Utilization of Plastic Waste Material in the Cement Industry - Potential Impacts on the Forest

The production of cement is an energy-intensive process. Increasing production costs due to cost pressure from cheap cement imports have forced the cement industry to reduce production costs. Expensive fossil fuels have increasingly been replaced by alternative combustibles (e.g. *plastic waste material*) – cement works contribute therefore to a great extent to waste disposal. The authorities shall prescribe and enforce measures to be taken to control air pollution limit values. Strict intake control of the used alternative energy sources shall ensure that the levels of the relevant pollutants are maintained below the limit values. Adequate air pollution monitoring (e.g. local Biomonitoring grids) shall be used to effectively control the prescribed measures.

Keywords: Cement production, alternative combustibles, biomonitoring, chlorine emissions

## Kurzfassung

Um die Kosten der Zementerzeugung zu senken wurden und werden alternative Brennstoffe (unter anderen Altkunststoffe) eingesetzt, die im Zementwerk thermisch wiederverwertet werden; Zementwerke sind damit auch wichtige Abfallentsorger. Besonders der Chlorgehalt der Altkunststoffe stellt ein Problem dar, weil bei ihrer Verbrennung Salzsäure entstehen kann. Die Behörde hat hier die notwendigen Maßnahmen zu ergreifen, um die Einhaltung von umweltrelevanten Grenzwerten sicherzustellen. Diese sind vor allem eine Eingangskontrolle des Schadstoffgehaltes der alternativen Brennstoffe sowie einer dem Stand der Technik entsprechende Rauchgasreinigung. Zur Überprüfung der Wirksamkeit dieser Maßnahmen eignen sich Waldbäume als Bioindikatoren.

Schlüsselworte: Zementerzeugung, alternative Brennstoffe, Biomonitoring, Chlorimmissionen

## Einleitung

Die Erzeugung von Zement ist ein energieintensiver Produktionsprozess. Durch den steigenden Kostendruck, insbesondere durch billige Zementimporte, bestand für die Zementindustrie die Notwendigkeit, ihre Produktionskosten zu senken. Es wurden verstärkt teure fossile Energieträger durch alternative Brennstoffe (unter anderem Altkunststoffe) ersetzt; Zementwerke sind daher auch wichtige Abfallentsorger. Die Behörde ist gefordert, notwendige Auflagen zur Einhaltung von Emissions- und Immissionsgrenzwerten zu erteilen und diese Auflagen auch zu überwachen.

Für den Wald kann eine Reihe von Schadstoffen von Bedeutung sein. Neben Staub aus den Zerkleinerungsanlagen sowie aus dem Abgas des Drehrohrofens kann Schwefel aus den Energieträgern, Fluor aus der Zementklinkerproduktion und Chlor aus den alternativen Brennstoffen entstehen.

## Zementproduktion

Hauptbestandteil des Zements ist ein Calcium-Aluminiumsilicat, das auch Eisen und Magnesiumoxid enthalten kann. Die Rohstoffe sind Kalkstein, Ton und Mergel, daneben werden Reststoffe aus der Industrie eingesetzt. So können unter anderem Flugaschen und REA-Gips aus der Rauchgasreinigung von Kohlekraftwerken oder Hütensande aus der Eisenerzeugung verwendet werden.

Die Zementproduktion besteht aus folgenden Schritten:

- Rohmaterialaufbereitung
- Rohmehlerzeugung und Trocknung
- Zementklinkerbrennprozess
- Vermahlung des Zementklinkers

Die Rohstoffe werden fein vermahlen und homogenisiert, je nach Verfahren pelletiert, getrocknet und gelangen zum Zementklinkerprozess. Hier wird bei einer Flammtemperatur von 2000°C und einer Materialtemperatur von rund 1450°C der Zementklinker erzeugt. Als Brennstoffe können Steinkohle, Koks, Heizöl, Erdgas oder alternative Brennstoffe eingesetzt werden. Durch die hohe Flammtemperatur werden organische Komponenten zer-

stört. Saure Gase, aber auch viele Schwermetalle (z.B. Blei und Cadmium) werden in der alkalischen Schmelze unlöslich eingebunden. Nach dem Zementklinkerbrennprozess wird der Zementklinker vermahlen.

## Alternative Brennstoffe

Gemäß der Verpackungsverordnung 1993 müssen Kunststoffabfälle und -verpackungen gesammelt und wieder verwertet werden. Da eine stoffliche Wiederverwertung nur eingeschränkt möglich ist, wurde der Großteil „thermisch verwertet“. Wegen des hohen Brennwertes, der „neutralen“ CO<sub>2</sub>-Emission und des günstigen Preises kam es Mitte der 90er Jahre zu einer großen Zahl von Genehmigungsanträgen bei den Behörden. Zementwerke, Papierfabriken, Kraftwerke, Müllverbrennungsanlagen aber auch die Stahlindustrie zeigten und zeigen Interesse an diesen kostengünstigen Alternativbrennstoffen.

Bei der Zementproduktion werden als alternative Brennstoffe Altreifen, Altöl, Aatlösungsmittel, Tiermehl, Tierfett, Bioschlamm und Altkunststoffe (TKF = thermische Kunststofffraktionen) eingesetzt. Das Verhältnis fossile Brennstoffe zu alternativen Brennstoffen kann durchaus 50:50 erreichen.

Wichtig ist eine genaue Eingangskontrolle dieser alternativen Brennstoffe. So sind unter anderen die Gehalte an Quecksilber, Blei, Cadmium und Chrom sowie an Chlor von Interesse. In Tabelle 1 sind die Einsatzmengen von Brennstoffen und Ersatzbrennstoffen, die in einem Zementwerk im Drehrohrföfen beim Zementklinkerprozess verwendet werden, angegeben.

## Auswirkungen auf die Pflanze

Bei der Verbrennung von chlorhaltigen Altkunststoffen entsteht Salzsäure. Der Großteil dieser Salzsäure wird bei der Zementproduktion bereits im alkalischen Zementklinker gebunden oder bei der Rauchgasreinigung entfernt. Gelangt Salzsäure auf/in die Pflanze, kommt es durch die Säurewirkung zu einer Absenkung des pH-Wertes des Zellsaftes. Schädigung der Chloroplasten, Plasmolyse und die Beeinträchtigung der Assimilation bzw. des Stoff-

Tabelle 1:

Einsatzmengen an Brennstoffen und Alternativbrennstoffen in einem Zementwerk (TKF = thermische Kunststofffraktion; MTA = mechanisch thermisch aufbereiteter, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall)

Table 1: Combustibles and alternative combustibles used in cement works

Jahr	TKF t/a	Tiermehl t/a	MTA t/a	Steinkohle t/a	Erdgas 1000m <sup>3</sup> /a	Kohlestaub t/a	Petrolkoks t/a	Bioschlamm t/a
2000	15.491	0	0	31.349	223	0	0	0
2001	14.373	6.154	84,3	29.065	197	0	0	0
2002	12.726	9.320	156,0	26.075	244	0	0	0
2003	12.356	9.306	0	21.858	242	0	0	0
2004	15.372	2.389	0	26.905	217	0	2.179	395
2005	11.823	593	0	22.337	707	353	358	597

wechsels sind die Folge. Es kommt weiters zu Zellwanddeformationen, Zerstörung der cytoplasmatischen Membran, Mesophyllzerstörung nach Aufnahme über die Stomata (verbunden mit einer tiefbraunen Verfärbung), Ausbleichung der Blattränder, Rand- und Spitzennekrosen, Verfärbungen und Ätzschäden. Bei Nadeln treten Spitzenschädigungen auf.

### Bioindikation

Die Waldbäume fungieren als passive Bioindikatoren, die Salzsäure als Chlorid speichern. Aufgrund der langjährigen Erfahrung mit diesem Bioindikator in Österreich war es möglich, in der Zweiten Verordnung gegen Forstschädliche Luftverunreinigungen – unter anderem für Fichte (0,1 % Cl), wirkungsbezogene Grenzwerte festzulegen. Erst diese Grenzwerte ermöglichen den praktischen Einsatz dieses Verfahrens.

Im Herbst am Ende der Vegetationsperiode werden die exponierten Nadeln aus dem oberen Kronendrittel entnommen und an das Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW) übermittelt. Im Labor der Abteilung Pflanzenanalyse werden die Nadeln getrocknet, vermahlen und der Chloridgehalt bestimmt.

Gruppiert man die Ergebnisse der in Österreich entnommenen Proben (Entnahme 2005) nach Emittentengruppen, zeigt sich folgendes Bild (Abbildung 1).

Altkunststoffe werden vor allem in der Gruppe „Müllverbrennung/Deponie“ sowie „Baustoffe“ thermisch verwertet. Zementwerke sind in der Emittentengruppe „Baustoffe“ zu finden. Diese Gruppe umfasst neben den Zementwerken auch Ziegelwerke und die Tonerzeugung. Nur an fünf von 142 in Österreich untersuchten Proben waren Chlor-Grenzwertüberschreitungen nachweisbar.

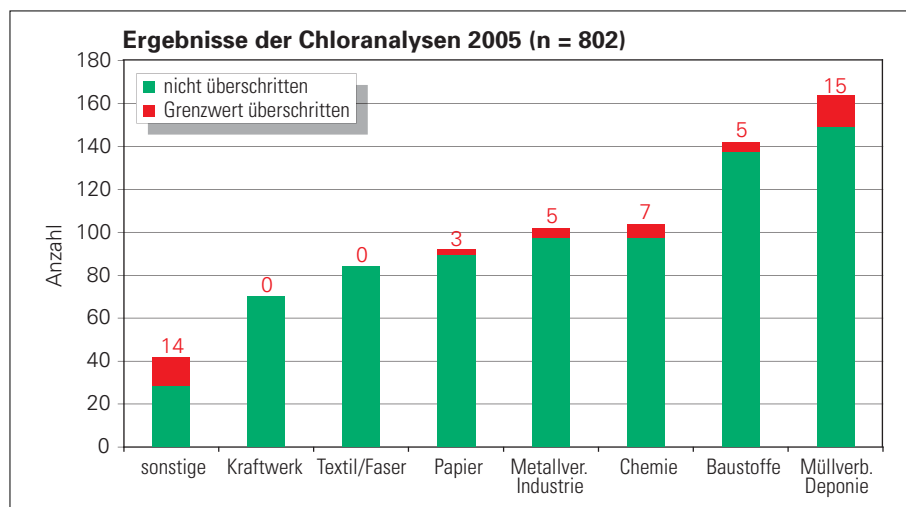


Abbildung 1: Anzahl der Chloranalysen von Fichtenproben und Anzahl der Proben mit Grenzwertüberschreitung (2005, ohne Streusalzuntersuchungen), gegliedert nach Emittenten

Figure 1: Number of chlorine analyses from spruce samples and number of samples with exceeding the limit value (sampling period 2005; without de-icing salt studies)

Als Beispiel wird in der Abbildung 2 der Nahbereich eines Zementwerkes dargestellt. Es wurden dort 2005 an 14 Untersuchungspunkten 64 Fichtennadelproben auch auf ihren Chlorgehalt untersucht.

Pro Jahr werden hier seit 2000 bis zu rund 15.500 t TKF (thermische Kunststofffraktion) mit einem Chlorgehalt von maximal 2 % Chlor (laut Bescheid) verbrannt (Tabelle 1). Die tatsächlichen Chlorgehalte bewegen sich im Mittel um 0,85 % Chlor.

Damit ist dieses Werk einer der größten thermischen Verwerter von Altkunststoffen in Österreich. Überschreitungen der Chlorgrenzwerte in den Fichtennadeln konnten jedoch keine festgestellt werden.

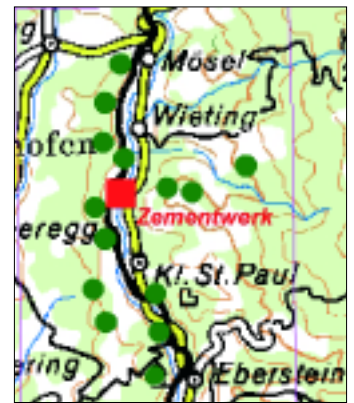


Abbildung 2: Chloridgehalte in Fichtennadeln der Probenahme 2005 (grüne Kreise - keine Grenzwertüberschreitung; orange Kreise - Grenzwertüberschreitung); © BEV: Vervielfältigt mit Genehmigung des BEV – Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien, EB 2006/01905.

Figure 2: Chlorine contents in spruce needles of the sampling period 2005 (green circles - no exceedances of limit values; orange circles - exceedances of limit values)

### Gründe für thermische Verwertung von Kunststoffen

Der Einsatz und die Entsorgung von Altkunststoffen als alternative Energieträger in Zementwerken kann aus Umweltgründen durchaus befürwortet werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Festlegung und Einhaltung von Emissionsgrenzwerten, die dem Stand der Technik entsprechen (Rauchgasreinigung)
- Eingangskontrolle der Altkunststoffe (Chlor und Schwermetallgehalt)
- Emissions- und Immissionsmonitoring zur Überwachung der Wirksamkeit der vorgeschriebenen Maßnahmen

Alfred Fürst, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Institut für Waldschutz, Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Wien, Tel.: +43-1-87838 1114, E-Mail: alfred.fuerst@bfw.gv.at