

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 82 (1990)
Heft: 7-8

Artikel: Filterstaub entgiften und verwerten
Autor: Haltiner, Ernst W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-939820>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 29.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Filterstaub entgiften und verwerten

Ernst W. Haltiner

Bei der Müllverbrennung fällt aus der Abgasreinigung Filterstaub in einer Menge von etwa drei Prozent der Menge des verbrannten Mülls an. Zwei vor und während der Abscheidung des Staubes ablaufende Prozesse machen diesen Staub zu Sondermüll. Dessen Entgiftung und Reststoffrückführung wird durch ein thermisches Verfahren erleichtert.

Müllverbrennung bringt Filterstaub

Das Verbrennen von Müll ist und bleibt eine unersetzliche Vorbehandlungsstufe zur Volumenminderung und Inertisierung des Kehrichts, des anfallenden Abfalls, bevor die Reststoffe wie Schlacke, Asche und Filterrückstände deponiert werden können.

Die immer schärferen Schadstoffemissionsgrenzwerte zur Luftreinhaltung zwingen zu noch wirkungsvolleren Rauchgasreinigungsanlagen. Dadurch steigen die Abscheideleistungen noch an. Die Menge an problematischen, giftstoffbeladenen Filterrückständen wird ebenfalls grösser. Besonders problematisch ist der Schwermetallgehalt und die Anlagerung von organischen Verbindungen wie Dioxine (PCDD) und Furane (PCDF) an den Ascheteilchen. Zwar lassen sich feuerungsbedingte Schadstoffe durch raffinierte Prozessführung auf dem Rost in den Ausbrandzonen der Verbrennungsanlage stark vermindern (wie z. B. CO, NO_x usw.).

Jedoch kommt es durch vom Müll eingebrachte Stoffe wie Quecksilber, Schwermetalle, chlorhaltige Verbindungen bei den vorherrschenden Verbrennungstemperaturen oft zu neuen, unerwünschten oder gar giftigen Verbindungen und Anlagerungen in der Schlacke, der Filterasche und im Rauchgas.

Zuerst gilt es, sich über deren Zusammensetzung Klarheit zu verschaffen:

- Der grösste Bestandteil der Asche ist ungefährliches Siliziumdioxid (Sand). Auch die meisten übrigen Verbindungen wie Eisenoxid, Calciumsulfat und -oxid sowie Aluminiumsulfat und -oxid sind unbedenklich.
- Unerwünschte und gefährliche Elemente sind insbesondere Zink, Blei und Cadmium, die sich in der Filterasche gegenüber dem Gehalt in der Erdkruste um das 370-, 750- bzw. 2000fache angereichert finden. Dazu kommt noch das Buntmetall Kupfer.
- Der Filterstaub enthält nur Spuren von Quecksilber. Da die Staubabscheider bei etwa 200°C arbeiten, findet sich der überwiegende Anteil des Quecksilbers im Rückstand der weitergehenden Rauchgasreinigung zur HCl- und SO₂-Abscheidung.
- Der Gehalt an 2-, 3-, 7-, 8-Tetrachlor-Dibenzo-p-Dioxin beträgt etwa 1 ppb.

Es ist nicht die absolute Menge an Schwermetallen, die den Filterstaub gefährlich macht, sondern die gute Wasserlöslichkeit vieler der vorkommenden Metallverbindungen. Sie stellen eine Gefahr für das Grundwasser dar, wenn der Filterstaub deponiert wird.

Eine umweltverträgliche Lösung zur Filterstaubentsorgung wird angesichts des Anfalles von etwa 40000 t in der Schweiz oder 180000 t in der Bundesrepublik dringlich.

In der Schweiz gibt es keine offene Deponie für Sondermüll mehr. Deshalb ist es üblich, den Filterstaub entweder in «big bags» auf dem Anlagengelände zwischenzulagern oder ihn bei Kosten von etwa 500 Fr./t zu exportieren.

Internationale und nationale Regelungen, die den Export von Sondermüll (damit auch Filterstaub) praktisch verunmöglichen, verschärfen die Situation. Entsprechend den Grundsätzen des Leitbildes für die Schweizer Abfallwirtschaft muss ein Verfahren den Sondermüll «Filterstaub» in zwei Fraktionen aufteilen. Eine ungiftige Hauptfraktion soll problemlos deponierbar sein oder möglichst ein verwertbares Produkt ergeben. Eine viel kleinere Fraktion, in der die kritischen Schwermetallverbindungen hochkonzentriert vorliegen, muss aufbereitet werden können.

Entgiften und wiederverwerten

Mit dem neuentwickelten thermischen Filterstaubentgiftungsverfahren Deglor (*Decontamination and glasification of residues*) wird die letzte Stufe zur Entgiftung abgeschiedener Schadstoffe und die drastische Verminderung des Volumens der zu deponierenden Reststoffe erreicht.

Mit diesem Verfahren wird die Giftigkeit des Filterstaubes so wieder rückgängig gemacht, wie sie entstanden ist: Haben sich die Schadstoffe in der Abkühlphase des Rauchgases auf dem Filterstaub niedergeschlagen bzw. gebildet, so erfolgt die Entgiftung nun durch erneutes Aufheizen des Staubes. Dabei dampfen die meisten Schwermetallverbindungen ab und liegen hochkonzentriert gasförmig vor. Eine Temperatur von etwa 1000°C reicht aus, um die meisten kritischen Stoffe in kurzer Zeit abzulösen.

In einem thermischen Verfahren werden die giftigen Dioxine bei hohen Temperaturen zerstört, Schwermetallverbindungen konzentriert und wiederverwertbar den Hüttenbetrieben zugeführt. Der entgiftete Staub wird verglast, kann deponiert oder für den Strassenbau eingesetzt werden. Das Verfahren arbeitet abwasserfrei und ohne chemische Zusätze. Eindrücklich aber auch die Redimensionierung des ehemals voluminösen Sondermülls aus giftigem Filterstaub: 100 Volumenprozent Filterstaub beispielsweise reduzieren sich nach Abschluss des thermischen Verfahrens auf ganze 25 Volumenprozent glasartiger, harmloser Rückstände und auf 5 Massenprozent konzentrierter Metallverbindungen, vor allem Zink-, Blei- und Cadmiumsalze.

Verdampfen, zerstören, trennen

Beim Deglor-Verfahren werden in einem Elektroschmelzofen Filter- und Kesselstäube oberhalb von 1200°C eingeschmolzen und inertisiert. Die enthaltenen Metallverbindungen werden abgedampft und alle Dioxine thermisch zerstört. Als Endprodukt wird durch Abschrecken der Schmelze Glasgranulat erzeugt.

Das Überschreiten der für die Schadstoffabdampfung notwendigen Temperatur von 1000°C auf etwa 1300°C erlaubt den kontinuierlichen Austrag der glasartigen Materie in fließfähiger Form.

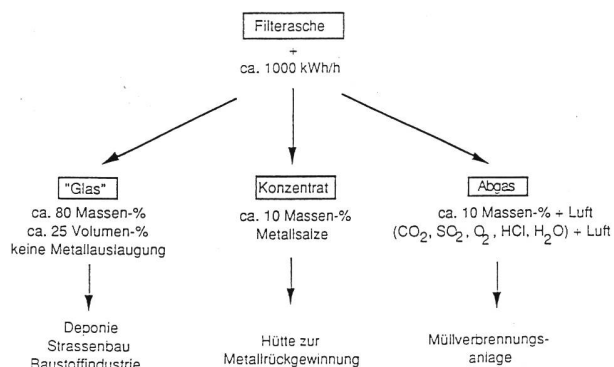


Bild 1. Produkte der thermischen Filterstaubentgiftung nach ABB W+E Umwelttechnik.

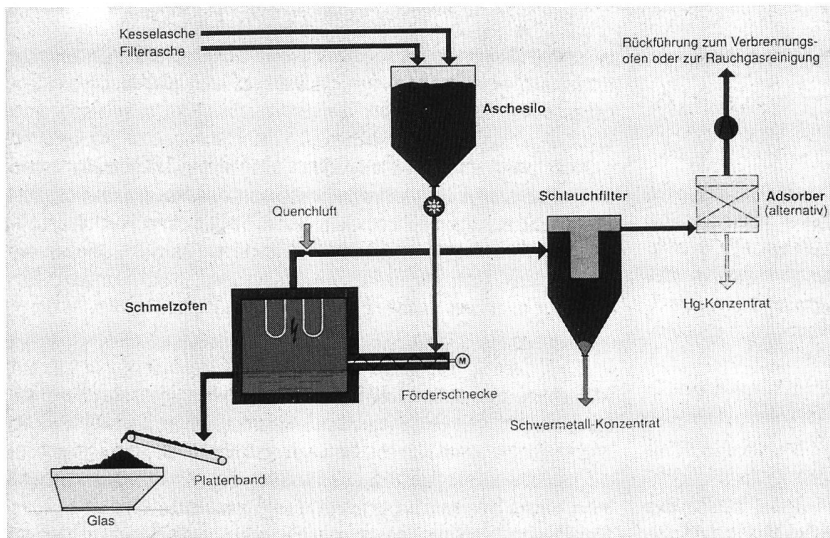


Bild 2. Das Deglor-Verfahren zur thermischen Filterstaubentgiftung.

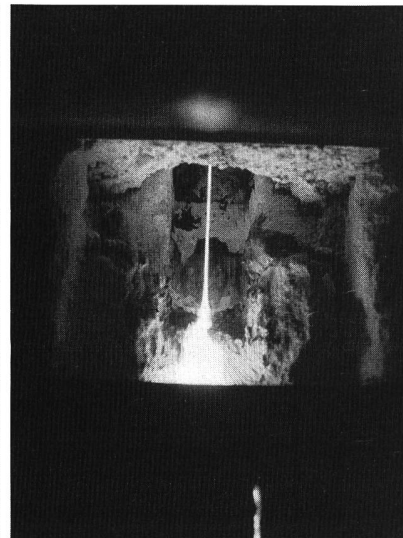


Bild 3. Ausfluss der Glasschlacke aus dem Schmelzofen.

Dank dem Siliziumoxidgehalt des Staubes ergibt sich eine Einbindung der geringen Mengen hochsiedender, verbleibender Verbindungen (wie Zinkoxid) in eine glasartige Matrix. Ähnlich dem Blei im Bleiglas bleiben diese Giftstoffe gebunden und sind nicht auslaugbar; der Filterstaub wird im Volumen drastisch auf weniger als 30 % vermindert, und der glasartige Reststoff kann auf Normaldeponien abgelagert oder verwendet werden.

Die Abgase werden abgesaugt, mit Kaltluft schockartig abgekühlt, wodurch die darin enthaltenen Schwermetallverbindungen kondensieren und in einem anschliessenden Filter abgeschieden werden.

Nicht kondensierte Gase werden in den Müllverbrennungs-ofen zurück- und damit der Rauchgasreinigungsanlage zugeleitet.

Die im Filter abgeschiedenen Metalle sind im Reststoff so hoch angereichert, dass sie als Rohstoff in der Metallurgie (Metallverhüttung) eingesetzt werden können. Dabei stellen Zink und Blei mit etwa je 10 % Anteilen die wirtschaftlicheren Komponenten dar. Aber auch Silber, Kupfer und Cadmium sind weitere für die Wiedergewinnung mögliche Inhaltsstoffe. In einer entsprechenden Vorbehandlung können diese Metalle angereichert und der metallurgischen Industrie als Rohstoff zugeführt werden.

Keine Auslaugung mehr!

Das Deglor-Verfahren, das mit dem Innovationspreis des Schweizerischen Verbandes für Materialwirtschaft und Einkauf (SVME) ausgezeichnet wurde, hat bei Auslaugtests für die verglasten Filterstaubreite einmalige Resultate gezeigt. Die Verminderung der auslaugbaren Metallionen-konzentration zwischen unbehandeltem Staub und glasartigem Schmelzprodukt liegt über 14000fach für Zink, über 400fach für Blei.

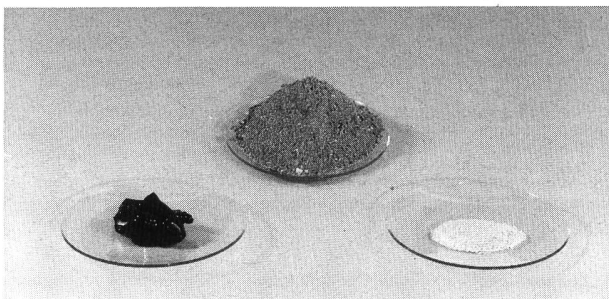


Bild 4. Links glasartige Schlacke, Mitte Kesselasche, Filterasche, rechts Schwermetallkonzentrat.

Eine Analyse des Restgehaltes an Schwermetallen im Glas – einschliesslich der nicht auslaugbaren Anteile – zeigt, dass Cadmium und Kupfer nahezu vollständig abdampfen, während etwa 20 % des Blei und etwa die Hälfte des Zinks in der Schmelze verbleiben. Diese Metalle – bei Zink vor allem die hochsiedende Verbindung ZnO – sind jedoch, ähnlich wie Blei im Bleiglas, fest in die glasartige Reststoffmatrix eingebunden und deshalb nicht auslaugbar.

Bei Auslaugtests in der Eidg. Materialprüfungsanstalt EMPA lagen die Schwermetallauslaugeraten deutlich unter den Abwassernormen und betrugen z.B. für

	gemessen	Abwassernorm
Zink	0,15 mg/l	5,0 mg/l
Kupfer	<0,09 mg/l	0,5 mg/l
Blei	<0,09 mg/l	1,0 mg/l
Cadmium	<0,08 mg/l	0,1 mg/l

Für Cu, Pb und Cd entsprechen die gemessenen Werte der Nachweisgrenze der Analysenmethode.

Auch die vollständige Zerstörung von hochtoxischen organischen Verbindungen ist nachgewiesen.

Der eingesetzte Filterstaub, der glasartige Reststoff und das Metallkonzentrat wurden von der EMPA auf ihren Gehalt an Dioxinen und Furanen hin untersucht. Offensichtlich werden diese hochtoxischen Verbindungen beim beschriebenen Entgiftungsprozess zerstört und nicht wieder gebildet, wie Tabelle 1 zeigt.

Die Betriebserfahrungen an einer Pilotanlage in der Kehrichtverbrennungsanlage Zürcher Oberland, Leistungsfähigkeit etwa 100 kg Filterstaub pro Stunde, sind zufriedenstellend; sie fliessen in Verbesserungen bei der Beheizung und beim Glasausfluss ein. Das Schwermetallkonzentrat wird derzeit in einem Hüttenwerk in Deutschland wiederverwertet. Das Interesse von Verbrennungsanlagenbetreibern in Europa bis hin nach Japan ist äusserst rege.

Zusammenfassung

Das thermische Filterstaubentgiftungsverfahren Deglor von ABB erzeugt nur Materialien, die entweder weiterverwertet oder gefahrlos deponiert werden können oder die für ein Recycling geeignet sind. Eine grosse Menge Sondermüll wird in einen harmlosen glasartigen Stoff mit kleinem Volu-



Bild 5. Lagerung der Filterstaubsäcke in einer Kehrichtverbrennungsanlage.

Tabelle 1. Auslaugetest. Die Angaben beziehen sich auf mg/Liter.

Metallart	Cu	Pb	Cd	Zn
Grenzwert nach Norm	0,5	1,0	0,1	2
Unbehandelter Filterstaub	41	16	50	3614
Verglaster Filterstaub (1300°C geschmolzen)	≤0,09	≤0,09	≤0,09	0,25

Tabelle 2. Nachteile anderer Filterstaubbehandlungsarten.

Einschliessen in Zement:
– starke Volumenvergrößerung ohne dauerhafte, sichere Einbindung der Giftstoffe (Dioxine, Schwermetalle).
Nasschemische Behandlung:
– keine Zerstörung der organischen Giftstoffe (Dioxine)
– zusätzliche Verfestigung nötig
– Abwasserbehandlung (Fällung) erforderlich

men umgewandelt. Die kritischen Metallverbindungen werden derart konzentriert, dass sie zurückgewonnen werden können. Die Dioxine und Furane werden thermisch zerstört und ihre Wiederentstehung (Rekombination) wird verhindert.

Das Verfahren benötigt etwa 1000 kWh elektrische Energie zur Behandlung von einer Tonne Filterstaub, was etwa 5 % der elektrischen Leistung, die in der Kehrichtverbrennungsanlage selbst erzeugt werden kann, entspricht. Mit etwa 500 Fr./t Entgiftungskosten schneidet das thermische Verfahren im Kostenvergleich gegenüber in der Entwicklung befindlichen Konkurrenzverfahren gut ab. Das Verfahren eignet sich zur Entgiftung zahlreicher anderer problematischer Reststoffe.

Tabelle 3. Der verglaste Filterstaub wurde unter CO₂- und H₂O-Eluattest auf die Anforderungen der TVA für Interstoffdeponien überprüft.

Ergebnisse Eluattest CO₂ *

			CO ₂ -Eluat	Anforderungen an Inertstoff TVA
Aluminium	Al	mg/l	1,0	1
Arsen	As	mg/l	<0,005	0,01
Barium	Ba	mg/l	<0,1	0,5
Blei	Pb	mg/l	<0,05	0,1
Cadmium	Cd	mg/l	<0,005	0,01
Chrom III	Cr	mg/l	<0,005	0,05
Chrom VI	Cr	mg/l	<0,005	0,01
Kobalt	Co	mg/l	<0,01	0,05
Kupfer	Cu	mg/l	<0,01	0,2
Nickel	Ni	mg/l	<0,01	0,2
Quecksilber	Hg	mg/l	<0,001	0,005
Silber	Ag	mg/l	<0,005	0,01
Zinn	Sn	mg/l	<0,1	0,2
Zink	Zn	mg/l	0,21	0,5
Ammonium	NH ₄	mg/l	<0,05	0,5

Ergebnisse Eluattest H₂O *

			H ₂ O-Eluat	Anforderungen an Inertstoff TVA
pH-Wert			6,0	6–11
Fluorid	F	mg/l	<0,1	1
Nitrit	NO ₂	mg/l	<0,01	0,1
Sulfit	SO ₃	mg/l	<0,05	0,1
Phosphat	PO ₄	mg/l	<0,01	1
DOC	C	mg/l	0,95	20
AOX	Cl	µ/l	3,9	5–10

* Schweizer Auslaugtest

Adresse des Verfassers: Ernst W. Haltiner, Hohfurren 19, CH-8126 Zumiikon. Deglor-Verfahren: ABB W + E Umwelttechnik AG, Max-Högger-Strasse 6, CH-8048 Zürich.

Bodenseetagung der Wasserwirtschaftsverbände

Zum vierten Male veranstalteten die Wasserwirtschaftsverbände, deren Gebiet an den Bodensee angrenzt, eine gemeinsame Tagung, die diesmal – vom Wasserwirtschaftsverband Baden-Württemberg bestens vorbereitet und durchgeführt – am 11. und 12. Mai 1990 in Meersburg stattfand und das Thema «Wasserwirtschaft und Erholung am Bodensee – ein Nutzungskonflikt» behandelte. Erstmals 1953 riefen die Wasserwirtschaftsverbände zur Reinhaltung des Bodensees auf, und bei den weiteren Veranstaltungen und Beratungen standen die Einzelfragen, z. B. der Wasserversorgung, der Bodenseeregulierung, der Hochrheinschifffahrt, der Pipeline, und Rechtsfragen im Vordergrund, wobei aber die Stellungnahme zu den Problemen immer aus gesamtwasserwirtschaftlicher Schau erfolgte.

Von 300 Teilnehmern aus Kreisen der Wissenschaft, Verwaltung und Wirtschaft wurden die Auswirkungen des Fremdenverkehrs auf den Bodensee von deutschen, österreichischen und schweizerischen Referenten aus der Sicht des Gewässerschutzes, der Reinhaltung, der Selbstreinigungskraft des Sees und seiner Ufer sowie vom Standpunkt der Trinkwasserversorgung und der Fischerei behandelt. Weitere Referate befassten sich mit der Limnologie und der Wassermengenwirtschaft des Sees. Auch Politiker kamen mit Absichtserklärungen zu Wort.

Bei einer ganztägigen Exkursion gab es interessante Einblicke in die Tätigkeit der Wasserbauverwaltungen, wobei vom Schiff aus z. B. die Flachwasserzonen und der Schilfschutz, Renaturierungen und Rekultivierungen sowie die Rheinvorstreckung beobachtet werden konnten und von