

Toxikologie: Müllverbrennung - die chronische Vergiftung

gekürzte Version

Prof. Dr. med. Harry Rosin, 40699 Erkrath

Müllverbrennungsanlage: Fast ein Alleschlucker

Denn in die Müllverbrennungsanlage (MVA) strömen im Vergleich zum Naturstoff Tabak viel mehr Schwermetalle, viel mehr Halogene, viel mehr Primärgifte bzw. Vorstufen für neue Giftbildungen ein. Der neunseitige „Positivkatalog“ des Marktführers Braunschweigische KohlenBergwerke (BKB) AG, die seit dem 31.3.2008 als Ausdruck der geplanten globalen Geschäftserweiterung in E.ON Energy from Waste (BKB, E.ON 2008) umbenannt wurde, gibt Auskunft über das breite Spektrum von Abfällen, die als BRAM, als Brennstoff aus Müll, angenommen werden. Aus der Medizin und Tiermedizin gehören Verbände, Chemikalien, abgelaufene Arzneien, Tierkadaver, Schlachthofabfälle usw. dazu. Seit der Neufassung der 17. BImSchV (BundesImmissionsschutzverordnung) im Jahr 2003 können auch Abfälle zur Mitverbrennung beigemischt werden, die früher als Sondermüll-pflichtig galten (17. BImSchV 1990, 17. BImSchV 2003).

Mancher fragt sich, warum so viel unbrennbares, auch wasserreiches Material, wie z.B. Klärschlamm, der heizwertreichen Fraktion aus AltKunststoffen und Holzresten hinzugefügt wird. Das hat feuerungstechnische Gründe:

1) Die Erhitzung von Kunststoffen über einem Feuerrost erzeugt zuerst zähfließende Schmelzen. Diese würden das Feuerrost und die Steuerung des Verbrennungsprozesses verkleben und blockieren, wenn sie nicht von genügend unbrennbarem Ballast im Brennmaterial aufgefangen würden (BANK 1994). Deshalb wird z.B. der Inhalt der Gelben Tonne immer zusammen mit dem Inhalt der Grauen Tonne verbrannt. Ein Verzicht auf genügend Aufsaugmasse für die Kunststoffschmelze ist nicht möglich.

2) Je höher die Temperaturen im Feuerraum, also am Kessel steigen, desto stärker greift das aggressive Rohgas die Anlagenwände korrosiv an. Das lässt sich z.T. durch die Art der abkühlenden Luftzufuhr in den Feuerraum und durch die Führung der Rauchgasschwaden kompensieren, aber auch der kühlende Effekt der Wasserverdampfung ist zusätzlich nötig. Der BRAM, Brennstoff aus Müll, neuerdings auch EBS, Ersatzbrennstoff, genannt, braucht einen größeren heizwertarmen Anteil als sog. „Kühlschrott“ (BANK 1994).

Dadurch wird BRAM jedoch ein sehr inhomogenes Brennmaterial viel inhomogener als Tabak, Kohle oder gar Erdgas. Je inhomogener Brennmaterial ist, je unterschiedlicher die Schüttdichten und die Strömungswiderstände im Feuer sind, desto unmöglicher ist es, eine vollständige Verbrennung, eine vollständige Oxidation, zu erreichen. In jeder MVA, in jeder noch so modernen MVA kann es nur zur unvollständigen Verbrennung kommen. Ein Beweis dafür ist u.a. schon die Tatsache, dass neben dem vollständig oxidierten Kohlendioxid (CO₂) aus jeder MVA auch in beträchtlicher Menge Kohlenmonoxid (CO) emittiert wird. Gemäß 17. BImSchV sind davon 50 mg/m³ zugelassen ! Zwei unbestreitbare Umstände lassen sich also von der Müllverbrennung nicht wegdiskutieren: a) die stets nur unvollständige Verbrennung, b) die Thermolyse, die hochreaktive Radikale erzeugt, welche bevorzugt mit Halogenen also Chlor, Brom und Fluor neue, oft giftige Verbindungen eingehen. Deswegen lässt sich Giftbildung in der MVA keinesfalls vermeiden! Feuerungsanlagen sind entgegen der allgemeinen Ansicht ChemieReaktoren, d.h. Syntheseanlagen (GÜNTHER 1988), allerdings solche, bei denen die chemischen Synthesen nicht gezielt, sondern durch die Feuersbrunst angetrieben auf sehr chaotische Weise ablaufen!

Müllverbrennungsanlagen eine „Schadstoffsenke“?

Es ist falsch, dass der Verbrennungsprozess in einer MVA Problemstoffe wie schwer-metallhaltige Farben, Pigmente, Stabilisatoren oder halogenhaltige Weichmacher, Flammschutzund

Konservierungsmittel sowie Herbizide, Insektizide oder als Nebenprodukte enthaltene Dioxine usw. einfach nur beseitigt, „Klar Schiff“ macht, nach dem Motto: „Aus den Augen, aus dem Sinn“. Es ist absolut falsch, wenn E.ON Energy from Waste in einer aktuellen Presse-Information schreibt: „Bei der Abfallverbrennung entziehen die modernen Anlagen der Umwelt nahezu sämtliche Schadstoffe und leisten somit einen bedeutenden Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz, denn die Erzeugung der Energie ist überwiegend CO₂-frei“ (E.ON 2008).

Es ist genau umgekehrt ! Der BRAM geht zwar „Aus den Augen“, aber viele Denovo-Syntheseprodukte der Verbrennung gehen dann in den Sinn, in die lipophilen Strukturen unserer Haut, unseres Nerven-, unseres Immunsystems, in die Nahrungskette, in die Natur ! Gesund waren die Reaktionsprodukte von Verbrennungsprozessen im Abgas, in Asche und Schlacke noch nie!

In einer Feuerstätte von der üblichen Größe einer MVA werden ca. 1026 - 1028 Radikale pro Sekunde erzeugt, die mit dem Sauerstoff aus der Verbrennungsluft reagieren (GÜNTHER 1988). Noch riesiger ist die Zahl der von der Hitze der Oxidationen angeregten anderen chemischen Radikalreaktionen und Radikalkettenreaktionen, die sich im Feuerraum und vor allem in der anschließenden Abkühlphase während der Rauchgasreinigung Sekunde für Sekunde ereignen. Strömungswirbel und Strömungsturbulenzen bringen die Reaktionspartner angetrieben von der kinetischen Energie auf chaotische Weise mehr oder weniger gut zueinander. Ebenfalls in Sekundenschnelle müssen sie dann in Strömen von bis zu 1m Dicke über die Abgaskanäle zum Schornstein hinaus. Es erscheint jetzt befremdlich, dass die 17. BImSchV für die 5.000 bis 8.000 m³ Abgas, die pro Tonne Abfall entstehen, nur einen Dioxin-Anteil von 0,1 ng/m³ vorschreibt.

Dennoch verteidigen auch namhafte Umwelthygieniker „moderne MVA“ als „klassische Schadstoffsinken“ (EIKMANN & EIKMANN 2008). Sog. moderne MVA sind solche, die den Vorschriften der 17. BImSchV entsprechen. „Mit der 17. BImSchV trat am 1. Dezember 1990 eine Regelung in Kraft, die für MVA in Deutschland die weltweit strengsten Emissionsgrenzwerte vorschrieb - insbesondere für Dioxine und Furane (0,1 ng/m³) sowie für Schwermetalle“ (EIKMANN & EIKMANN 2008).

Ingenieure und Chemiker bewerten die MVA deutlich kritischer, wie eine ausführliche Diskussion kürzlich ergab (BÜRGERBEWEGUNG 2008). Man konnte sich dabei auf zwei einschlägige VDI-Tagungen berufen (VDI 1986, VDI 1987). Dort stellte z.B. Herr Dipl.-Ing. G. Bröker fest: „Sog. ‚gute Verbrennungsbedingungen‘, wie hohe Temperaturen, angemessene Verweilzeiten bei hohen Temperaturen, hohe Turbulenzen durch verbesserte Feuerungsgeometrie, ausreichender Sauerstoffüberschuss, haben zu keinen sicheren und signifikanten Verminderungen der Dioxine/Furane geführt“ (BRÖKER 1987).

Die Dioxin/Furan-Bildung ist im wesentlichen materialabhängig. Feuerungstechnisch lässt sie sich kaum verhindern. Deswegen müssen sich die Propagandisten der „MVA als Schadstoffsinke“ fast allein auf die Effektivität der Rauchgasreinigung verlassen - und das bei 1026-28 Rauchgasprodukten pro Sekunde! Es gibt allerdings Untersuchungsberichte, wonach das in den 1990er-Jahren eingeführte Quasitrockenverfahren - die abwasserfreie Sprühabsorption durch ins Rauchgas eingedühte Kalkmilch, evtl. plus Herdofenkoks - höhere Abscheidegrade für Dioxine/Furane zeigt als zuvor die Nasswäsche (BRÖKER 1987).

Aber, da der dabei entstehende Kalkstaub neben den Dioxinen/ Furanen auch Säuren, Stickoxide, Kohlendioxid und andere organische Komponenten abscheidet, wirft das Vielstoff-Gemisch „MVA-Abgas“ noch viele Fragen nach Verdrängungsprozessen auf dem Reinigungskalk oder nach dem Verbleib von MVA-Feinstaub und -Ultrafeinstaub auf! Wie wir aus der Dieselruß-Problematik im Straßenverkehr wissen (siehe auch den Beitrag von Frenzel-Beyme), erzeugt der direkt lungengängige Feinstaub und Ultrafeinstaub (Nano-partikel) eine viel gravierendere Toxizität als der in der 17. BImSchV genannte und gemessene Gesamtstaub, der gem. TA-Luft eine Partikelgröße > 10 µm hat.

Aber selbst wenn die Rauchgasreinigung mit dem Quasitrockenverfahren so sensationell leistungsfähig sein sollte, liegen höhere Konzentrationen an halogenierten Dioxinen/-Furanen in

den Poren der MVA-Schlacke und in der viel Ruß enthaltenden Flugasche vor. Die früheren Erfahrungen mit dem Marsberger „Kieselrot“, das auf Sportplätze ausgebracht und dann wegen hoher Dioxin-Emissionen abgeräumt werden musste (MÜHLENDahl 1992), und ein Münchener Gerichtsurteil, dass die Verwendung von Schlacke im Straßenbau verbot (PROBST 1995), widersprechen verharmlosenden Empfehlungen der MVA-Befürworter (EIKMANN & EIKMANN 2008).

Zweifel an der „MVA als Schadstoffsenke“ - Analysetechnische Zweifel

Weitere Zweifel daran, die MVA als „klassische Schadstoffsenke“ anzusehen, ergeben sich aus der hohen Haftfähigkeit der halogenierten Dioxine/Furane an Ruß und Staubpartikel. Diese planaren, symmetrisch geformten Moleküle haften in den tiefen, verwinkelten Nischen der Ruß- und Staupartikel so fest, dass sie nur mit mehrstufigen Verfahrensschritten, kaum mit einer routinemäßigen Elution herausgelöst werden können. Die Gefahr, dass die anschließende Gaschromatographie/Massenspektrometrie (GC/MS) zu niedrige Messergebnisse liefert, ist groß. Auf den VDI-Tagungen wurde betont, dass das eigentliche Problem der „Dioxin“-Messung vor der Analyse liegt. Der besonders erfahrene Dioxin-Analytiker Prof. Dr. Hagenmaier und seine Mitarbeiter bestätigten: „Die nachfolgenden Verfahrensschritte im Laboratorium können perfekt durchgeführt werden und das Ergebnis kann dennoch bedeutungslos werden oder zu Fehlinterpretationen führen. Bei allen Feststoffproben (Flugaschen, Schlacken, Klärschlämmen, Sedimenten, Böden, Gewebeproben etc.) ist der Extraktionsschritt, d.h. das Herauslösen der PCDD und PCDF aus einer Probenmatrix mit einer Unsicherheit verbunden, die auch nicht durch Zugabe entsprechender interner Standardverbindungen gelöst werden kann“ (HAGENMAIER et al. 1987).

Gefährliche Auslassungen

Es ist zwar möglich, die 210 Isomere (Kongenere) der chlorierten Dioxine/Furane einzeln zu bestimmen, weil inzwischen entsprechende Standardsubstanzen kommerziell erhältlich sind. Aber die ebenso zahlreichen und mindestens ebenso toxischen bromierten und die fluorierten sowie die gemischt halogenierten Dioxine/Furane werden gem. 17. BImSchV nicht berücksichtigt. Dadurch wird ein beachtlicher Teil toxischer MVA-Emissionen unterschlagen. Auch die sog. „diffusen Emissionen“, die beim Abreinigen sowie beim Verladen und Abtransport der großen Mengen an Feststoffen Schlacke, Flugstaub, Filterstäube aus MVA anfallen werden gerne ausgelassen.

Akkumulationsgefahr

Die große biologische und chemische Stabilität der halogenierten Dioxine/Furane, ihre lange Persistenz in der aeroben Umwelt, die nur noch von den überhaupt nicht zerstörbaren Schwermetallen übertroffen wird, führt zwangsläufig zu einer kontinuierlichen Anreicherung dieser Gifte in der Umgebung ihrer Emissionsquellen, aber auch über weitere Distanzen. Die toxischsten Substanzen sind die 4fach und in der 2,3,7,8-Position sehr symmetrisch substituierten Formen vom Typ des „Seveso“-Giftes. Ihre Halbwertszeit im menschlichen Körper wird auf etwa 6 Jahre geschätzt. Dagegen haben die höher bis zu 8fach substituierten Dioxine/Furane einen sterisch sperrigeren Molekülquerschnitt. „Dadurch wird der Durchtritt durch Membranen stark vermindert. Sie können nur schwer zu den eigentlichen Zielorganen gelangen“ (GEYER et al. 1987).

Die Hauptquelle für die Resorption und Akkumulation der PCDD/PCDF im Menschen ist tierische Nahrung Milch, Fleisch, Fett. Die Anreicherung in Pflanzen ist wegen des geringeren Fett/Lipidgehaltes in ihnen deutlich geringer. Niedrige Dioxinkonzentrationen in Pflanzen können daher nicht als Beleg für die Harmlosigkeit von MVA-Abgasen gewertet werden.

Auch bei uns heften sich die PCDD/PCDF aber ebenso die vielen anderen lipophilen halogenierten Verbindungen vom einfachen Vinylchlorid bis zu den polychlorierten Biphenylen (PCB), die alle in MVA-Abgasen nachgewiesen wurden, aber gerne verschwiegen werden, bevorzugt an Fett oder fettähnliche Lipidstrukturen des Nervensystems, des Immunsystems und der Haut (BECK et al. 1987, GEYER et al. 1987, POIGER 1987). Wegen ihrer langen Persistenz verursachen sie dort vor

allem funktionelle Störungen, die zunächst zu diffusen Beschwerdebildern führen, ehe sie sich als eindeutig mit Luftverunreinigungen assoziierbare Krankheiten ausprägen: Allergien, Asthma, Neurodermitis, atopische Ekzeme oder Erkrankungen des Nervensystems von nervösen Irritationen, wie Unduldsamkeit und sozialem Fehlverhalten, bis zu schweren psychischen Syndromen. Die chronische Volks-vergiftung nach dem DosisZeitPrinzip ist in vollem Gang.

Wie sich die lipophilen Umweltchemikalien also auch die MVAEmissionen weltweit verteilen und in die Nahrungsketten gelangen, wurde am Beispiel des Insektizids DDT (Chlor-phenotan) analysiert (FORTH et al. 1992).

- Ausbreitung persistenter chlororganischer Verbindungen
 - globale Verteilung
 - Verdampfung
 - Konzentration (mg/kg) 0,04 0,25 1,5 15 wie beim Insektizid DDT;
- aus FORTH et al. : PHARMAKOLOGIE und TOXIKOLOGIE, Bi-Wissenschaftsverlag
Abb. 3: Ausbreitung persistenter chlororganischer Verbindungen DDT

Jeder, der am Ende einer Nahrungskette steht, also auch der Mensch, wird automatisch zur „SondermüllDeponie“ für langlebige halogenorganische Produkte. Die „Neben“Wirkung des DDT fiel auf, als Albatrossen vor der Antarktis, die sich praktisch nur von Fischen ernähren, die Flügel während des Flugs zerbrachen. Es hatte sich in ihren Knochen zu viel vom DDT angereichert, das ursprünglich im Tropengürtel zur Vernichtung der AnophelesMücken, also indirekt zur Malarial-Bekämpfung, versprüht worden war. Die „Neben“Wirkungen von MVAEmissionen sind nicht so leicht zuzuordnen, weil ihre Verbrennungsprodukte mit denen anderer Verbrennungsprozesse konkurrieren, z.B. dem Zigarettenrauchen oder dem Autoverkehr.

So ist es fraglich, ob Tendenzen der MVALobby berechtigt sind, einen gewissen Rückgang der Dioxin/Furan-Konzentrationen in der Umwelt, sogar in der Muttermilch (BGA 1993), in den zurückliegenden Jahren darauf zurückzuführen, dass MVA eben „Schadstoffsenken“ seien. Wahrscheinlicher ist es, dass dieser tatsächliche Rückgang dem Verbot von bleihaltigem Superbenzin folgt. Dieses Benzin enthielt neben Bleitetraalkyl-Verbindungen als Antiklopfmittel auch halogenierte Scavenger-Verbindungen (Fangnetz-Verbindungen), ein Gemisch aus Dibrom und Dichlor-Ethan. Sie sollten Bleirückstände im Motor verhindern. Man dachte ursprünglich, diese Scavenger-Verbindungen würden in der Hitze des Motors völlig zersetzt. Inzwischen belegten Studien, dass daraus u.a. auch bromierte/chlorierte Dibenzodioxine und furane wurden. Daher nicht nur wegen der BleiEmissionen wurde der bleihaltige Sprit schnellstens verboten. Nach längerer Latenzzeit reduzierten sich folglich die Dioxinkonzentrationen in Umweltproben. Sie sollten nun aber nicht über mehr MVA wieder aufgefüllt werden!

Karzinogenität und hormonähnliche Wirkungen

Das „Seveso“Gift, das TetrachlorDioxin (TCDD), gilt als das stärkste bekannte Karzinogen, um Größenordnungen wirksamer als andere bekannte Karzinogene, wie z.B. Aflatoxine (DEKANT et al. 1994). Aber es wirkt eben chronisch, nach dem DosisZeitPrinzip, über lange Zeit. Halogenierte Dioxine/Furane, wie das TCDD binden sich stark an einen speziellen Zellrezeptor, den AhRezeptor mit einer hohen Affinität zu polyzyklischen aromatischen Verbindungen (Ah = aryl hydrocarbon). Danach wandert der DioxinRezeptorKomplex in den Zellkern. Dort führt er zu einer Aktivierung der DNA und damit zu vermehrter EiweißSynthese. Am Ende können veränderte Enzymaktivitäten, Fehlfunktionen der Zellen und auch Entartungen der Erbsubstanz mit beschleunigter Zellvermehrung stehen, also die

Tumorpromotion z.B. zum Leberkrebs !

Dioxine und andere technische polyzyklische aromatische Verbindungen, wie PCB, Lindan, DDT und andere Pestizide gehören aber auch zu den Umweltchemikalien mit nach-gewiesener oder vermuteter hormonähnlicher Wirkung (GREENPEACE 1996). Mehrere Wirkungsmechanismen werden diskutiert, z.B. die ÖstrogenHypothese: Die Schadstoffe (oder ihre Abbauprodukte) ähneln

in ihrer chemischen Struktur dem Östrogen und rufen eine entsprechende Hormonwirkung hervor. Aber auch Androgenwirkungen können nachgeahmt werden. In utero kann die Oestradiolabhängige Hodenzellreifung beeinträchtigt werden, so dass später die Spermienproduktion reduziert und damit die männliche Fortpflanzungsfähigkeit behindert wird.

Bioassays geben schneller und umfassender Auskunft

Die Umwelttoxikologie/Umwelthygiene wünscht sich schnelle, zunächst orientierende Auskunft über potentielle Schadwirkungen von technischen Chemikalien oder Vielstoff-Gemischen, wie MVA- Abgas, auf Ökosysteme und die Rückwirkungen dieser Schäden auf den Menschen. Es ist empfehlenswert, sog. MikrokosmosModelle für Vorabinformationen zu nutzen, wie Dr. Hans Preisendanz und ich es früher für den Nachweis von des neuen Kältemittels R 134a (Tetrafluorethan) einsetzen wollten.

Es besteht aus acht Säulen, in denen jeweils eine wirksame Komponente unserer Umgebung, unserer Biosphäre, repräsentiert ist: energiereiche UVStrahlung, die Blitzentladung, Süßwasser, Sandboden, grüne Pflanzen, Moorboden, Kalkboden mit Vegetation und anaerober Sumpf. Alle Teile dieses Mikrokosmos sind über Gasschläuche miteinander verbunden.

Die Gaszufuhr wird über eine Regeleinheit gesteuert. Es bestand der Verdacht, dass das FKW 134a, wenn es nach Leckagen von Kühlschränken und Kühltruhen in die Atmosphäre gelangt ist, dort dem Sonnenlicht ausgesetzt, wasserlösliche Spaltprodukte bildet, nämlich Flusssäure und Trifluoressigsäure. Wenn diese mit dem Regenwasser zurückkommen, könnten sie nach weiteren Umwandlungen u.a. zur Monofluoressigsäure alles Leben in der Biosphäre bedrohen. Dieses potentielle Risiko galt es, frühzeitig zu erkennen. Auch Schadwirkungen der Abgase aus MVA könnten mit solchem Bioassay, mit dieser Art „Feldversuch im Mikrokosmos“, rasch offenkundig werden. Man müsste das Modell nur passend abwandeln, z.B. eine Säule mit Gemüsepflanzen, eine Säule mit Kleintieren oder eine Säule mit menschlichen Zellkulturen ergänzen.

Es wird sich mit Sicherheit erweisen, dass die Müllverbrennung eine Technik zum Schaden der Menschheit ist. Eindeutig besser wäre die NiedertemperaturAufbereitung aller Abfälle. Neben dem in diesem Heft beschriebenen „KryoKunststoffrecycling“ (siehe Beitrag von Rosin in diesem Heft auf S. XX ff.) könnte eine Technikunterstützte BiologischMechanische-Aufbereitung (BMA) (siehe Beitrag von Bittel & Rosin in diesem Heft auf S. XX ff.), eine toxikologisch einwandfreie nützliche Ergänzung sein.

Nachweise

BANK, M. (1994): Basiswissen Umweltechnik. VogelVerlag: 507568, 789846.

BECK, H., ECKART, K., MATHAR, W., WITTKOWSKI, R. (1987): Isomerenspezifische Bestimmung von PCDD und PCDF in Humanund Lebensmittelproben. In: VDIBerichte 634, Dioxin: 359382.

BECKER, H.G.O. (1975): Elektronentheorie organischchemischer Reaktionen. H. Deutsch Verlag: 120121, 514536.

Beratungskommission Toxikologie (1995): Gesundheitsgefährdung durch Passivrauchen. Dt. Ärztebl. 92: B1986B1987.

BGA (1993): Dioxine und Furane ihr Einfluss auf Umwelt und Gesundheit. Bundesgesundhbl. 36: Sonderheft ,93.

BKB (oJ): Positivkatalog. www.bkbhannover.de

BRÖKER, G. (1987): Maßnahmen zur Verminderung der Dioxinmissionen an Müllverbrennungsanlagen. In: VDIBerichte 634, Dioxin: 515539.

BÜRBERBEWEGUNG für KryoRecycling und Kreislaufwirtschaft (2008): Müllverbrennung die chronische Volksvergiftung. Bericht der

Pfingstumwelttagung, Schwerte, 10.05.2008: Gelsenkirchen im Druck.

DEKANT, W., VAMVAKAS, S. (1994): Toxikologie für Chemiker und Biologen. Spektrum Akad. Verlag: 4345, 258262.

E.ON Energy from Waste(2008): PresseInformation, Hannover 08.04.2008,
<http://www.eonenergyfromwaste.com/Presse/466.aspx> [letzter Zugriff: 13.6.2008].
EIKMANN, Th., EIKMANN, S. (2008): Machen MVA, MBA und SVA die Menschen krank?
RECYCLINGmagazin 01: 2425.
FORTH, W., HENSCHLER, D., RUMMEL, W., STARKE, K.(1992): Allgemeine und spezielle
Pharmakologie und Toxikologie. BIWiss.
Verlag: 783787, 809814.
GEYER H., SCHEUNERT I., KORTE F. (1987): Bioakkumulation von
2,3,7,8Tetrachlordibenzopdioxin(TCDD) und anderer polychlorierter

Dibenzopdioxine (PCDDs) in aquatischen und terrestrischen Organismen sowie im Menschen. In:
VDIBerichte 634, Dioxin: 317347.

GREENPEACE (1996): Angriff auf das Hormonsystem. Kurzfassung der Studie:
Reproduktionsschäden und Umwelthormone ein
neues Umweltproblem? Eigenverlag, Hamburg.

GÜNTHER, R. (1988): Kraftwerksfeuerungen und Umwelt. Spektr. Wiss. NR??: 7082.

HAGENMAIER, H., BRUNNER, H., HAAG, R., KUNZENDORF, H.J.,

KRAFT, M., TICHACZEK, K., WEBERRUSS, U. (1987): Stand der DioxinAnalytik. In: VDIBerichte
634: 6189.

JÖCKEL, K.H. (2000): Gesundheitsrisiken durch Passivrauchen. Dt. Ärztebl. 97: B2417B2422.

MÜHLEND AHL, K.E. von (1992): Dioxin auf Sportplätzen. Sozialpädiatrie 14: 481.

PAULING, L. (1962): Chemie eine Einführung. Verlag Chemie: 202.

POIGER, H. (1987): Aufnahme, Verteilung, Metabolismus von PCDDs und PCDFs Vergleich
Mensch/Tier. In: VDIBerichte 634, Dioxin: 389397.

PROBST R. (1995): Schlacke ist Abfall und kein Baustoff. Süddeutsche Zeitung 11.01.1995.

VDISchriftenreihe Bd. 3 (1986): Dioxine Vorkommen, Bestimmung, Bewertung, . VDI Verlag

Düsseldorf. VDIBerichte 634 (1987): Dioxin Eine technische, analytische, ökologische und
toxikologische Herausforderung. VDIVerlag Düsseldorf.

17. BImSchV (1990): Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare
Stoffe. BGBl. I: 2545.

17. BImSchV (2003): Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen
(Neufassung). BGBl. I: 1633.