

[Übersetzung aus dem Englischen. Das Original ist veröffentlicht unter dem Titel „Environmental Anomalies at the World Trade Center: Evidence for Energetic Materials“, in: *The Environmentalist*, 29 (2009): 56-63, <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10669-008-9182-4>, Zugriff am 5.12.2016]

Umweltanomalien am World Trade Center: Nachweis energetischer Materialien

Kevin R. Ryan, James R. Gourley, Steven E. Jones

K. R. Ryan (✉)
P.O. Box 53, Bloomington, IN 47402-0053, USA
e-mail: kncryan@msn.com

J. R. Gourley, Dallas, TX 75231, USA
S. E. Jones, S&J Scientific Co., Provo 84604, UT, USA

Online-Veröffentlichung am 4. August 2008

© bei den Autoren 2008

Zusammenfassung

Forscher überwachten die Luftqualität beim World Trade Center nach den Angriffen des 11. Septembers und fanden extrem hohe Konzentrationen von flüchtigen organischen Chemikalien ebenso wie ungewöhnliche Verbindungen, die niemals zuvor bei Gebäudebränden beobachtet worden waren. Daten der US-Umweltbehörde [EPA – Environmental Protection Agency] zeigen hervorstechende Spitzenwerte von Benzol, Styrol und anderen Produkten aus Verbrennungsprozessen. Diese Spitzen traten an spezifischen Daten im Oktober und November 2001, sowie im Februar 2002 auf. Hinzu kommt, dass Daten von Forschern der Universität Davis in Kalifornien ähnliche Ausschläge bei den Werten von Schwefel und Siliziumverbindungen, wie auch bei bestimmten Metallen, in Aerosolen zeigten. Um diese Daten besser erklären zu können, wie auch die ungewöhnliche Entdeckung von 1,3-Diphenylpropan, wird das Vorhandensein von energetischen Nanokomposita in den Trümmern am Ground Zero angenommen.

Schlüsselworte: World Trade Center, EPA, 1,3-Diphenylpropan, Thermit, energetische Nanokomposita, volatile organische Chemikalien

1. Einleitung

Monatelang nach der Zerstörung des World Trade Center (WTC) am 11. September 2001 konnten die Brände am Ground Zero (GZ) nicht gelöscht werden, trotz der folgenden Tatsachen:

- Mehrere Zentimeter dicker Staub bedeckte den gesamten Bereich nach der Zerstörung der WTC-Gebäude.
- Millionen Liter Wasser wurden auf die Schutthaufen gesprüht.
- Zahlreiche Regenfälle traten am GZ auf, einige davon waren heftig; und
- Ein chemischer Brandlöscher mit Namen Pyrocool wurde in die Trümmerhaufen gepumpt (Lipton und Revkin 2001).

Die Merkmale dieser nichtlöschbaren Brände sind noch nicht ausreichend als Folgen eines normalen Gebäudebrandes erklärt worden, auch nicht eines, der mit

Flugzeugbenzin beschleunigt wurde. Dagegen werden solche Brände besser durch das Vorhandensein von chemischen energetischen Materialien erklärt. Diese haben ihren eigenen Brennstoff und Oxidationsmittel zur Verfügung und werden nicht durch Wasser, Staub oder chemische Löschmittel erstickt. Abgesehen von den ausgedehnten aber vergeblichen Bemühungen, die Brände zu löschen, gibt es einige andere physikalische Hinweise auf das Vorhandensein energiereicher chemischer Reaktionen in den Trümmern am GZ. Dies schliesst die folgenden ein:

1. Fotos und Zeugenaussagen beweisen geschmolzenes Metall und Explosionen, die von weissen Staubwolken begleitet wurden (Jones 2006; Meyerowitz 2006; PBS 2002).
2. Extrem hohe Temperaturen in den Bränden am WTC (Jones u.a. 2008a).
3. Ungewöhnliche Spitzen bei Emissionen flüchtiger organischer Chemikalien (VOC – volatile organic chemical), die plötzlich und heftig auftretende Brände zu bestimmten Zeitpunkten nahelegen.
4. Ungewöhnliche Verbindungen in den Daten der Umweltüberwachung, die auch spezifischen Zeitdaten entsprechen.

Explosionen, denen weisse Staubwolken folgten, und geschmolzenes Metall am GZ sind in dieser Analyse von besonderem Interesse. Eine weisse Staubwolke deutet auf eines der Reaktionsprodukte von Thermit hin. Der weisse Staub ist in diesem Fall Aluminiumoxid, das durch die extrem exotherme Reaktion von Aluminium und Eisenoxid freigesetzt wird. Das andere Produkt der Thermitreaktion ist geschmolzenes Eisen. Diese Fakten, verbunden mit dem Nachweis von extrem hohen Temperaturen am WTC, legen nahe, den möglichen Einsatz solcher pyrotechnischer Materialien am WTC zu untersuchen. Die Umweltdaten, die unten beschrieben werden, liefern weitere zwingende Gründe für eine solche Ermittlung.

2. Daten der Umweltbehörde EPA über VOC-Emissionen vom GZ

Nach einer Anfrage aufgrund des Freedom of Information Act (FOIA) wurde Zugang zu den Daten der Umweltüberwachung aus der WTC-Stellungnahme der US-Umweltschutzbehörde gewährt (EPA 2004). Der Datensatz zeigt, dass Peakausschläge der durch die Luft übertragenen VOC an spezifischen Zeitpunkten am GZ auftraten (Austin Tobin Plaza, WTC 1 oder WTC 2). Die Höhen der zugehörigen Schadstoffe stiegen steil an und fielen darauf stark zurück auf die Ausgangshöhen, meist innerhalb eines Tages oder weniger. Ein Beispiel ist in Bild 1 zu sehen, das den Nachweis von Benzol zeigt.

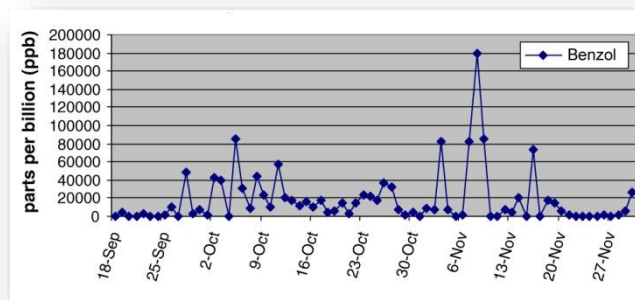


Abb. 1 EPA maximale tägliche Messung von Benzol in der Luft am GZ, September bis November 2001

Benzol ist ein Hauptprodukt der Verbrennung von Kunststoff und anderen organischen Materialien. In einem typischen Gebäudebrand, wenn Kunststoffe reichlich vorhanden sind, sind Benzolwerte mit Höhen von 26 ppb gefunden worden („parts per billion“ = Teile pro Milliarde, d.h. $1 : 1'000'000'000 = 10^{-9} = \text{Nano}$, A. d. Ü.) (MOEE 1997). Abgesehen von Bränden wird Benzol in Gebieten mit hohem Verkehrsaufkommen in städtischem Umfeld festgestellt, mit Durchschnittswerten von ca. 4 ppb (Crebellia et al. 2001).

Schwerwiegende Gesundheitskonsequenzen treten bekanntlich auf, wenn Benzol in Konzentrationen ab 100 ppb eingeatmet wird. Benzol ist auch bekannt dafür, dass es Krankheiten wie Leukämie verursacht (HHS 2007). Wir weisen darauf hin, dass in den ersten Wochen nach dem 11. September die Werte des am GZ gemessenen Benzols relativ niedrig waren, obwohl sie vielleicht höher waren im Vergleich zu den gemessenen Werten anderer Gebäudebrände. Aber der Maximalwert, der im November 2001 erfasst wurde, lag bei 180'000 ppb, und die durchschnittliche tägliche Erfassung im Oktober und November 2001 lag bei 18'000 ppb. Die fünf Spitzenwerte bei der Benzolmessung traten am 5. Oktober, 11. Oktober, 3. November, 8. November und 16. November auf.

In ähnlicher Weise werden die Daten für Styrol in Abbildung 2 gezeigt:

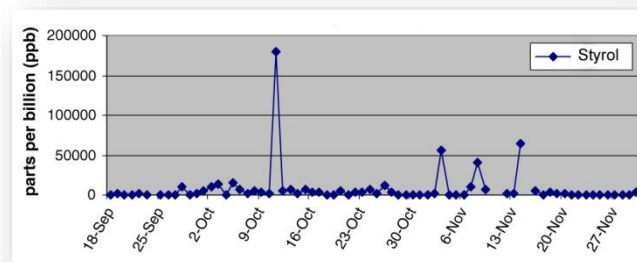


Abb. 2 EPA maximale tägliche Messung von Styrol in der Luft am GZ, September bis November 2001

Die Ausschläge der festgestellten Werte von Styrol treten besonders hervor. Styrol ist normalerweise ein Produkt der Verbrennung von Kunststoffen, insbesondere von Polystyrol. Interessanterweise traten die Messdaten der fünf höchsten Messwerte von Styrol an denselben Messzeitpunkten auf, wie jene mit den höchsten Benzol-Werten.

Ein ähnliches Muster bei der Messung wurde bei den Daten für mehrere andere untersuchte Stoffe (Analyte) festgestellt, die von der EPA in der Luft oberhalb der Schutthalde am GZ gemessen wurden. Zum Beispiel Toluol, Ethylbenzol und Propen (Propylen) folgen den gleichen Mustern der Ausschlagshöhen, die oben zu sehen waren. Diese durch das FOIA erhaltenen Daten legen dar, dass alle fünf dieser VOCs weit oberhalb der Werte liegen, die von der Umweltbehörde EPA in ihren Berichten für die allgemeine Öffentlichkeit veröffentlicht wurden (Abb. 3, EPA 2002).

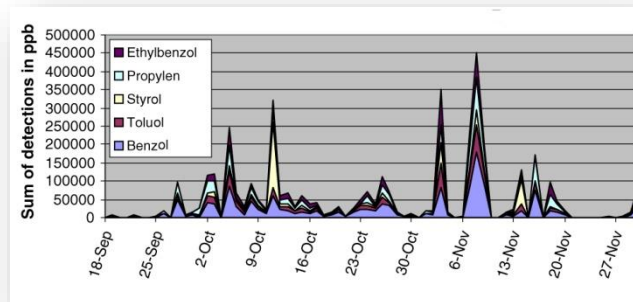


Abb. 3 EPA maximale tägliche Messung von VOC (flüchtigen organischen Chemikalien) in der Luft am GZ, September bis November 2001

Das Auftreten solch extremer, steiler Ausschläge von flüchtigen organischen Chemikalien (VOC) in der Luft am GZ weist auf etwas anderes hin als auf den Verlauf eines typischen Gebäudebrands. Ein Zustrom an Sauerstoff als Folge von Umschichtungen von Materialien innerhalb des Trümmerhaufens könnte einen Anstieg der Verbrennung von Material in begrenzten Bereichen verursacht haben. Jedoch weisen diese Spitzenwerte bei den VOCs, mit Höhen, die tausendfach höher liegen, als sie bei anderen Gebäudebränden beobachtet wurden, auf extrem heftige aber kurzlebige Brandvorgänge hin.

Tab 1 Maximaler Nachweis von 5 Verbindungen in der Luft am GZ an 6 Tagen (ppb)

Analyt.	5th October	11th October	3rd November	8th November	16th November	9th February
Benzol	86,000	58,000	83,000	180,000	73,000	610,000
Ethylbenzol	48,000	23,000	95,000	67,000	34,000 ^a	5,000
Propylen	56,000	37,000	49,000	92,000	66,000	990,000
Toluol	40,000	23,000	67,000	74,000	23,000	45,000
Styrol	15,000	180,000	56,000	40,000	64,000 ^b	17,000

^a Gemessen am 18. November 2001

^b Gemessen am 14. November 2001

Wahrscheinlich trat der auffallendste Ausschlag bei den giftigen Luftemissionen, der bei den EPA-Überwachungsdaten gefunden wurde, am 9. Februar 2002 auf. Bemerkenswert ist (Tabelle 1), dass dies fast fünf Monate nach dem 11. September war und nachdem fast alle Trümmerteile vom GZ weggeräumt worden waren. Tatsächlich waren die Werte einiger Arten wie Toluol und Styrol mit die höchsten, die an der Stelle festgestellt wurden. Jedoch lagen die Werte von Benzol und Propen, die an jenem Tag festgestellt wurden, weit über den vorherigen Messungen, bei jeweils 610'000 und 900'000 ppb. Andere VOC wurden auch mit ihren Spitzenwerten an diesem Datum gemessen, einschliesslich 1,3-Butadien mit 400'000 ppb.

EPA registrierte auch sehr winzigen Feinstaub (PM – particulate matter) und andere Grössen an Feinstaub. Feinstaub ist wahrscheinlich der zuverlässigste Indikator für die Aktivität von Gebäudebränden, da diese Brände allgemein dafür bekannt sind, dass sie unvollständig brennen, und Feinstaub produzieren, der von der Quelle weg und nach aussen treibt. EPA-Daten von der Messstelle am West Broadway, dem nächsten Ort am GZ, an dem Feinstaub überwacht wurde, zeigte den folgenden Verlauf bei sehr winzigem Feinstaub (PM_{2.5}, bzw. alle Partikel < 2.5 µm) im Oktober und November 2001 (Abb. 4).

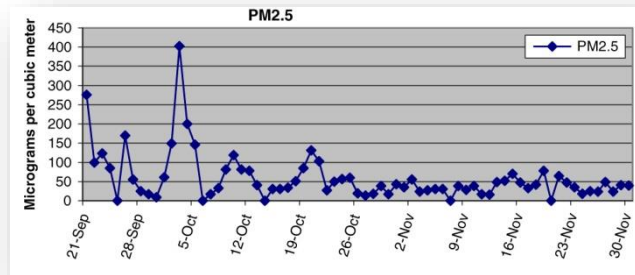


Abb. 4 Sehr feinkörniger Feinstaub gemessen von der EPA in der Luft nahe GZ im Herbst 2001.

Diese Daten zeigen, dass die Spitzenwerte bei sehr winzigem Feinstaub in der Nähe von GZ mit anderen Datumsangaben korrespondieren als die Ausschläge der zuvor behandelten Verbrennungsprodukte. Die fünf stärksten Spitzen bei den $PM_{2.5}$ -Werten liegen am 23. und 26. September und dem 3., 10. und 20. Oktober, zeitlich näher an den Ereignissen des 11. September. Keines dieser Daten korrespondiert mit den Daten der fünf Ausschläge der oben genannten VOCs (flüchtigen organischen Chemikalien). Ausserdem ist klar, dass die Werte der $PM_{2.5}$ -Emissionen schrittweise anstiegen, und allmählicher abebbten, was langsamere Dynamiken der Brände anzeigt, als beim Verbrennen von organischen Materialien, von denen man zuvor meinte, dass sie sich im WTC befänden.

Diese Daten lassen vermuten, dass die grössten Werte der Brandaktivität, die allein mit den typischen Quellen des im WTC zu erwartenden Brennmaterials verbunden waren, nach der dritten Oktoberwoche endeten. Dies bedeutet, dass die Materialien, von denen zu erwarten war, dass sie (unvollständig) in einem Gebäudebrand verbrannten und Feinstaub erzeugten, weitestgehend Mitte bis Ende Oktober weggebrannt waren.

Deshalb verweisen die extremen Ausschläge der fünf oben genannten VOCs in den Luftkonzentrationen, besonders am 3. und 8. November und am 9. Februar, nicht auf andere Quellen typischer Brennmaterialien, sondern sie weisen auf andere Formen der Verbrennung hin. Solche Formen der Verbrennung scheinen heftig und kurzlebig zu sein, und darum ähnlich den Auswirkungen energetischer Materialien wie Thermit.

3. Aerosol Messungen nach dem 11. September

Thomas Cahill von der Universität von Kalifornien in Davis berichtete von ähnlichen ungewöhnlichen Umweltdaten, die in der Nähe von GZ gesammelt wurden, obwohl dies nur im Verlauf des Monats Oktober 2001 geschah. Cahills Team überwachte das Vorhandensein von Aerosolen in einer Entfernung von ca. 1.8 km vom GZ während dieser Zeit.

Die Daten, die das Team erhob, waren schwierig zu erklären. Zum Beispiel mit Blick auf die in der Luft am GZ gemessenen gröberen Partikel wurde folgende Stellungnahme verfasst: „Diese Partikel sollten einfach nicht dort sein“, sagte Cahill. „Es hatte geregnet, manchmal heftig, an sechs Tagen in den vorigen drei Wochen. Dieser Regen hätte diese gröberen Partikel sich (auf den Boden) absetzen lassen sollen.“ (Wright 2002)

Hinsichtlich des Feinstaubes sahen Cahill und sein Team bei den Daten drei Probleme, und erklärten diese Grundprobleme auf folgende Weise:

- Wir sehen sehr feine Aerosole, die typisch sind für Verbrennungstemperaturen, die weitaus höher sind als sie in den WTC-Trümmerhaufen [zu erwarten wären].
- Wir sehen einige Elemente im Übermass und andere fast gar nicht, trotz ähnlicher hoher Häufigkeiten in dem Trümmerstaub.
- Wir sehen organische Feinstrukturen, die hohe Temperaturen nicht überstehen würden (Cahill u.a. 2003).

Laut Cahill enthielten die gefundenen sehr feinen Partikel hohe Werte an Schwefel und/oder Verbindungen, die auf Schwefel beruhen, wie auch hohe Anteile an sehr feinem (chemisch gebundenem) Silizium. Es ist zu beachten, dass Cahills Team ein Synchrotron-Röntgenfluoreszenz-Spektrometer verwendete, um die Elemente in der Luft zu messen, und deshalb nicht zwischen den Elementen und ihren Verbindungen unterschieden.

Bei den Siliziumverbindungen wurde vermutet, dass sie von den tausenden Tonnen Glas in den Trümmern stammten. Die Metalle, die Cahills Team in relativ hohen Konzentrationen fand, waren Eisen, Titan, Vanadium, Nickel, Kupfer und Zink.

Obwohl die Quellen einiger dieser Metalle nicht genau beschrieben wurden, schlug Cahill vor, dass Eisen und Titan „mit pulverigem Beton verknüpft“, und Vanadium und Nickel „oft mit der Verbrennung von Treibstoff verknüpft“ würde (Wright 2002).

Interessanterweise wiesen Cahills Daten ähnliche dramatische Maximalausschläge bei der Erfassung in Bezug auf einige Elemente, vor allem Siliziumverbindungen, auf. Obwohl die Messungen dieser Gruppe nur für Oktober durchgeführt wurden, stechen die Daten vom 5. und 11. Oktober als Maximalausschläge bei Silizium heraus, was mit den Daten der Spitzen bei der Erfassung von Benzol, Ethylbenzol, Propen, Styrol und Toluol korrespondiert. Cahills Team gab folgende Erklärung, warum das Silizium dabei dominant war und andere Arten dabei fehlten, was sie als sehr feine Partikelform bezeichneten.

Silizium dominiert alle anderen Elemente, im Unterschied zu den Aerosolen in gröberer Form ... (Cahill u.a. 2004) sind andere Krustenelemente (Aluminium, Calcium und Eisen), die so reichhaltig in den gröberen Partikeln zu finden sind, in dieser sehr feinen Form im Wesentlichen abwesend. (Cahill 2003)

Im Juli 2002 berichtete Cahill (Betonung hinzugefügt):

Die Luft vom Ground Zero war mit extrem hohen Mengen sehr kleiner Partikeln belastet, die wahrscheinlich durch *hohe Temperaturen* unter der Oberfläche in den Trümmerhaufen bedingt waren. (ENS 2002)

Aber im September 2002 schien Cahill seine Meinung über die „*hohen Temperaturen*“ geändert zu haben, und er versuchte einige der ungewöhnlich hohen Werte an Metallen in seinen Daten zu erklären, indem er einen neuen Vorgang von „*anaerober Verbrennung*“ vermutete. Da das Auftreten von Hochtemperatur-Bränden, die nötig sind, um solche Metalle zu vergasen, nicht mit der allgemeinen Auffassung vereinbar ist, dass nur typische Brennstoffquellen damit zu tun haben könnten, wurde vorgeschlagen, dass Chlor mit Konzentrationen von ca. 10% zugegen war, das die Metalle dazu brachte, bei niedrigeren Temperaturen zu vergasen (Cahill u.a. 2003; Daltron 2003).

Diese Hypothese über die Vergasung von Metallen ist nicht gut definiert. Es ist klar, dass 10% Chlorgas nicht die reagierende Art in Cahills Hypothese sein können, aber wie bereits erwähnt, ist es auch klar, dass Cahill und sein Team nicht zwischen den Elementen und ihren Verbindungen unterschieden. Chlorgas, das sehr reaktionsfreudig ist, würde sich in solch einer Umgebung nicht mit 10% in der Luft bilden, und wenn es dies täte, dann wäre es für die Arbeiter in dem Bereich fatal gewesen. Hingegen werden Chlorverbindungen bei Gebäudebränden gebildet. Vielleicht schlug Cahill einen Anstieg der Konzentrationen solcher Verbindungen in der Luft um die Trümmerhaufen vor, mit einer Konzentration von 10%, die sich zufälligerweise an der Heizölquelle für Vanadium und Nickel befand.

Die einzige Quelle für Heizöl, auf die von Cahill und seinem Team hingewiesen wurde, war auf der anderen Strassenseite der Türme unter dem Gebäude WTC 7 (Cahill u.a. 2004). Es sollte jedoch erwähnt werden, dass Ermittler der Regierung vorgeschlagen haben, dass das fragliche Heizöl gebrannt hätte und die Brände erzeugte, die das Gebäude 7 des WTC dazu brachten einzustürzen. Wenn man annimmt, dass sie damit richtig lagen, dann wäre das Heizöl nicht länger als Quelle für Vanadium und Nickel mehr als einen Monat später verfügbar gewesen. [Die Hypothese, dass die Brände durch Öl genährt wurden, hat NIST später in seinem WTC 7-Abschlussbericht definitiv ausgeschlossen. A. d. Ü.] Hinzu kommt, dass Cahills Hypothese einen komplizierten mehrstufigen Prozess der Metallchlorierung in den Trümmern zu erfordern scheint, auf den dann eine Dechlorierung folgt, nachdem die Sauerstoff- und/oder Wasserwerte zurückkehrten, um die Verbindungen mit in Betracht zu ziehen, die in 1.8 km Entfernung gemessen wurden.

Der vorgeschlagene Mechanismus ist dann die Bildung von Gasen in den Hügeln der Einsturztrümmer, die arm an Sauerstoff und reich an Chlor wären, die Emission aus dem Trümmerhaufen und die Konversion an oder nahe der Oberfläche zu oxidierten Formen und somit sehr feinen Partikeln. (Cahill u.a. 2003)

Eine bessere Erklärung für die gesammelten Daten umfasst das Vorhandensein von kurzlebigen, heftigen Bränden am GZ. Eine typische moderne Form von Thermit, die in militärischen Sprengstoffen verwendet wird, um Metall zu zerschneiden, ist Thermat, dem fein pulverisierter Schwefel als Teil einer aufflammenden Mixtur hinzugefügt wurde. Hinzu kommt, dass alumino-thermitische Materialien die Anwesenheit von Silizium und ungewöhnlichen Metallen in winzigem Feinstaub, wie er oben beschrieben wurde, erklären können.

4. Die ungewöhnliche Entdeckung von 1,3-Diphenylpropan

Cahill hatte keine Erklärung für den dritten Teil des Problems, das sein Team erkannte. Dies besteht darin: Welcher Effekt am WTC würde organische Verbindungen in sehr feinen Aerosolen verursachen, die hohe Temperaturen nicht überstehen würden? Obwohl Cahill diese organischen Verbindungen nicht identifizierte, erwähnte EPA eine davon. Dieser von EPA entdeckte Analyt könnte das Interessanteste in den Umweltdaten vom WTC sein: 1,3-Diphenylpropan [abgekürzt 1,3-DPP, mit IUPAC-Bezeichnung: 1',1'-(1,3-propandiyl)bis-Benzol].

Erik Swartz von der EPA gab an, dass 1,3-DPP in Konzentrationen vorhanden war, „*die alle anderen in den Schatten stellten.*“ Swartz sagte weiter: „*Wir haben es nie in einer anderen Probe, die wir je untersucht haben, beobachtet*“ (Garrett 2003).

Eine EPA-Veröffentlichung über diese Funde lautete:

Diese Verbindung ist zuvor nicht in Proben der Aussenluft gemeldet worden. Sie wird mit Material aus Polyvinylchlorid in Verbindung gebracht, von dem angenommen wird, dass es in Fülle auf dem WTC-Gelände zugegen war. Diese Emissionen dauerten über drei Wochen (26. September – 20. Oktober 2001) nach der Zerstörung des WTC. (EPA 2006)

Die Tatsache, dass diese Verbindung noch nie gefunden wurde, ist erstaunlich, wenn man in Betracht zieht, dass die EPA zuvor extreme Gebäudebrände überwacht hat, einschliesslich solcher, bei denen Materialien aus Polyvinylchlorid (PVC) vorhanden waren.

Tatsächlich war EPA-Beamten und Brandschutzexperten aus vorherigen Studien über eine Handvoll spektakulärer und tragischer Brände in Hotels, Geschäftsgebäuden und Stadtvierteln bewusst, dass solche Feuersbrünste in der Lage sind, eine Hexenküche voll mit einigen der giftigsten bekannten Substanzen freizusetzen – einschliesslich Quecksilber, Benzol, Blei, Chlorkohlenwasserstoffe und Dioxine. (Gonzalez 2002)

EPAs Erfahrungen bei der Überwachung von Gebäudebränden lassen vermuten, dass es ungewöhnlich ist, dass nie eine organische Verbindung wie 1,3-DPP gefunden worden ist, insbesondere mit derart hohen Werten. Jedoch besass 1,3-DPP nicht nur hohe Werte, sondern es wurde auch berichtet, dass es „*durchgängig verbreitet*“ [*pervasive*] war (American Scientist 2003).

In Anbetracht dessen, wie ungewöhnlich und zugleich in hoher Konzentration und durchgängig verbreitet 1,3-DPP vorhanden war, ist es bemerkenswert, dass EPA nur fünf Befunde für diese Verbindung veröffentlichte, und alle von nur einer Messstelle – 290 Broadway, dem Ort von EPA selbst.

Aber auch wenn es nur an dieser einen Stelle gemessen wurde, wird deutlich, dass 1,3-DPP in Mengen gemessen wurde, die 30mal höher waren als typische semi-flüchtige organische Verbrennungsprodukte wie Naphthalen und Biphenyl. Weitere Details über EPAs Messungen von 1,3-DPP stehen noch aus. Wiederholte Verzögerungen bei der Ausführung des FOIA, wie oben erwähnt, und ein Antwortschreiben, das darauf deutet, dass EPA eine Mehrheit der damit verbundenen Dokumente zurückhält, weist zwar darauf hin, dass EPA über weitere Daten zu 1,3-DPP verfügt, jedoch abgeneigt ist, sie herauszugeben.

Im Gegensatz zur EPA-Veröffentlichung ordnete Swartz die hohen Werte von 1,3-DPP nicht der Verbrennung von PVC zu. Tatsächlich gibt es keine schnell zugänglichen Nachweise, die aufzeigen, wie 1,3-DPP mit „*PVC zusammenhängt*“, und der Weg von einer Degradierung über Verbrennung wäre im besten Fall kompliziert.

Das Vorhandensein von 1,3-DPP ordnete Swartz stattdessen Polystyrol oder anderen Kunststoffen zu, wobei er feststellte:

[1,3-DPP wurde] hauptsächlich gasförmig gefunden (wobei 90% der Masse auf der vorderen Abtragung gefunden wurden). Obwohl die Quelle der Verbindung in dieser Studie nicht

bekannt ist, könnte sie sich während der Verbrennung von Polystyrol oder anderer Polymere gebildet haben. Für 1,3-Diphenylpropan wurde nachgewiesen, dass es mit Polystyrol-Kunststoffen (37,38) zusammen auftritt. Insofern besteht eine andere Möglichkeit, dass die Verbindung schon anwesend und in grossen Mengen an Plastik in den Gebäuden eingeschlossen war und dann während des Prozesses der Pulverisierung gasförmig wurde. (Swartz u.a. 2003)

Jedoch verwendet Swartz als Quellen, um (seine Hypothese) von 1,3-DPP als Verbrennungsprodukt von Polystyrol zu unterstützen, nicht Studien über die Verbrennung von Polystyrol, sondern über Gase, die bei einer langfristigen Zersetzung von eingeschlossenem Polystyrol in Nahrungsmittelverpackungen freigesetzt werden.

Andere Studien haben Spuren Mengen von 1,3-DPP als Sekundärprodukt der Polystyrolverbrennung oder Thermolyse aufgezeigt. Aber solche Studien weisen nach, dass 1,3-DPP sich nur in vernachlässigbaren Mengen und unter bestimmten Bedingungen bilden kann (Boettner u.a. 1973; McCaffrey u.a. 1996). In diesen Experimenten ist das Monomer Styrol das Hauptprodukt der Verbrennung oder der Thermolyse von Polystyrol und überwiegt andere bei weitem. Dies führt uns zu der Tatsache, dass obwohl Styrol an der Stelle Broadway 290 während der gesamten Zeitperiode ähnliches Interesse wie 1,3-DPP hatte, wurden jedoch keine Styrol-Messungen in den vom FOIA übermittelten Daten gefunden (EPA 2004). Deshalb erscheint Swartz' erste vorgelegte Hypothese, dass 1,3-DPP aus der Verbrennung von Polystyrol herrührt, nicht wahrscheinlich.

Die Möglichkeit, dass 1,3-DPP als Ergebnis der physikalischen Zerstörung von Trümmern am GZ ausgestossen wurde, wie in Swartz' zweiter Hypothese, erscheint gegeben. Aber es ist einerseits eine Hypothese, vorzuschlagen, dass 1,3-DPP in „grossen Mengen von Kunststoffen in den Gebäuden eingeschlossen“ war, und es ist eine andere Sache festzustellen, in welchen genauen Materialien diese seltene Verbindung eingeschlossen war. Verbrauchskunststoffe haben nicht typischerweise grosse Mengen von ungewöhnlichen organischen Verbindungen einfach in sich „eingeschlossen“.

Eine Literaturdurchsicht enthüllt eine interessante Quelle von eingeschlossenem 1,3-DPP, die helfen könnte, einen Grossteil der ungewöhnlichen Umweltdaten, die oben beschrieben wurden, zu erklären. Die Synthese von neuen nanostrukturierten Materialien hat die Verwendung von 1,3-DPP einbezogen, um mesoporöses Silikat durch die Kontrolle der Porengrösse nutzbar zu machen (Kidder u.a. 2003).

Das daraus hervorgehende neue Hybridmaterial verfügt über Silyl-aryl-äther-Verbindungen zur Silikat-Oberfläche, die thermisch bis ca. 550° C stabil sind, aber leicht mittels einer wässrigen Base bei Raumtemperatur gespalten werden können, um die organischen Hälften quantitativ zu erhalten. (Kidder et al. 2005)

Von solchen neuartigen Materialien mit Nanostruktur weiss man, dass sie in den vergangenen 10 Jahren im Fokus intensiver Forschung waren, besonders mit Hinblick auf die energetischen Nanokomposita. Energetische Nanokomposita sind hybride Sol-Gel-Materialien, die oft auf einer Silikatbasis hergestellt werden, die mit Metalloxiden und Aluminiumpulver im Nanobereich kombiniert worden sind, um superthermische Materialien herzustellen. Ein Grossteil dieser Arbeit ist an

den Lawrence Livermore National Laboratories durchgeführt worden (Gash et al. 2000; Clapsaddle et al. 2004, 2005; Simpson et al. 2004).

Ähnliche energetische Nanokomposita sind dafür bekannt, dass sie in einer Anwendungsform zum Aufsprühen verfügbar sind. Tatsächlich haben einige Forscher berichtet:

„Der Sol-Gel-Prozess ist sehr geeignet für Tauch-, Spinn- und Sprühbeschichtungstechnologien, um Oberflächen zu bedecken. Wir haben diese Eigenschaft der Tauchlackierung verschiedener Trägermaterialien verwendet, um Sol-Gel $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}/\text{Viton}$ -Beschichtungen herzustellen. [Viton ist eine DuPont-Warenzeichnung für ein Elastomer, das als Dichtungsmaterial mit hoher thermischer und chemischer Beständigkeit in der Vakuumtechnik und aufgrund der guten Löslichkeit in Estern und Aceton bei der Sprengstoffverarbeitung eingesetzt wird, vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Viton>]

Die energetische Beschichtung trocknet und ergibt dann einen fein haftenden Film. Vorläufige Experimente zeigen, dass Filme des Hybridmaterials, wenn sie durch einen thermischen Stimulus entzündet werden, sich [und die Entzündung] weiter ausbreiten. (Gash et al. 2002)

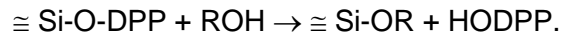
Abgesehen von Eisenoxid kommen auch andere Metalloxide, die allgemein als Oxidationsmittel in verschiedenen Formen von Thermitmischungen verwendet werden, MoO_3 und CuO [Molybdäntrioxid und Kupferoxid] zur Anwendung (Prakash et al. 2004). Obwohl EPA nicht auf Molybdän hin untersuchte [und es gleichwohl den Nachweis von geschmolzenem Molybdän in Kugelform im WTC-Staub gibt, was auf Schmelztemperaturen $> 2600^\circ \text{C}$ hinweist, s.u.], zeigen die Daten am 8. Oktober einen dramatischen Spitzenwert [spike] bei der Messung von Kupfer. Es ist zu beachten, dass die EPA-Analyse von Metallen in den Luftproben ein induktiv gekoppeltes Argonplasma verwendete und deshalb nicht zwischen den Metallen selbst und ihren Verbindungen unterschied.

Es ist beachtenswert, dass die United States Geological Survey (USGS) eine oder mehrere Molybdänkügelchen im WTC-Staub fand und untersuchte (Jones et al. 2008a). Diese Tatsache beweist das Vorhandensein von geschmolzenem Molybdän und darum möglicherweise die damit verbundene aluminiumthermische Hochtemperaturreaktion.

5. Hypothese zur Freisetzung von 1,3-DPP und anderen ungewöhnlichen Verbindungen am WTC

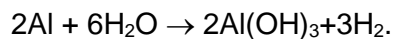
Wenn energetische Nanokomposita am WTC vorhanden waren, dann kann das Auftreten von 1,3-DPP durch einen Mechanismus erklärt werden, bei dem es durch wässrige Basen aus dem Silizium-Mikrogefüge freigesetzt wird. Wie oben bemerkt, ist die Silyl-Aryl-Ether-Verbindung des Gemischs „*thermisch bis ca. 550°C stabil*“, aber dennoch können die organischen Mischungen „*leicht bei Raumtemperatur mit einer wässrigen Base gespalten werden, um sie quantitativ zu erhalten.*“ Der Staub am GZ war bekanntlich hochbasisch (Jenkins 2007), und kombiniert mit einer grossen Menge Wasser aus der Brandbekämpfung und dem Regen ergab dies unzweifelhaft im gesamten Schuttberg eine wässrige Base. Es ist wichtig zum Verständnis, dass 1,3-DPP nicht direkt aus der Silikat-Mikrostruktur über den Weg der wässrigen Base gelöst wurde.

Es wäre das Hydroxyl-Derivat gewesen, p-(3-phenylpropyl)Phenol, abgekürzt mit HODPP, das auf diese Weise zuerst freigesetzt worden wäre.

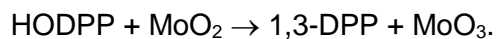
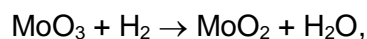


Aber die Poren eines energetischen Nanokomposita sind zusätzlich mit einer Mischung aus feinem Aluminiumpulver und einem oder mehreren fein suspendierten Metalloxiden gefüllt.

Deshalb könnte Wasserstoffgas auf folgendem Weg entstanden sein (wie auch durch einige andere Reaktionsmechanismen in der Umgebung von Hochtemperaturen bei der Verbrennung am GZ).



Die Erzeugung von 1,3-DPP könnte dann einer durch reduziertes Metalloxid katalysierten Reaktion des p-(3-phenylpropyl)Phenols mit Wasserstoff gefolgt sein. Über eine ähnliche Reduktion des Phenols zu Benzol, das durch Molybdäntrioxid MoO_3 katalysiert wurde, ist berichtet worden (Woodward and Glover 1948).



Es sind auch andere Verläufe für die Freisetzung von 1,3-DPP vorgeschlagen worden. Einige benötigen keine vorausgehenden Reaktionen, aber dazu sind weitere Experimente nötig, um diese Möglichkeiten zu bestätigen.

Nach kürzlich veröffentlichten Daten wurden die grössten Konzentrationen an 1,3-DPP (am Broadway 290, ~ 600 m vom GZ) am oder um den 5., 13. und 21. Oktober gemessen. Diese letzten beiden Daten unterscheiden sich von den Daten, die heftige, kurzlebige Brände nahelegen. Es könnte erwartet werden, dass 1,3-DPP wahrscheinlich solche extremen Brandereignisse nicht überstehen würde, sondern in andere Produkte umgewandelt werden würde. Im frühen Oktober jedoch hatten die vollumfänglichen Aufräumarbeiten am GZ gerade begonnen, und 1,3-DPP hätte an mehreren Orten im Schutt freigesetzt worden sein können, in einigen Fällen durch physikalische oder chemische Prozesse.

Was die Auswirkungen von Hitze angeht, sind Styrol und Toluol, in gleichen Mengen, die Produkte der Pyrolyse von 1,3-DPP bei 375°C (Poutsma und Dyer 1982). Dies kann direkt in der trockenen Mischung geschehen (Kidder et al. 2005). Hinzu kommt, dass eine Fragmentierung von Toluol bei hohen Temperaturen dafür bekannt ist, dass sie Benzol produziert (Brezinsky et al. 1984).

Die Ausschläge beim Nachweis von flüchtigen organischen Chemikalien [VOC – volatile organic chemicals] könnte auch als Ergebnis einer schnellen Verbrennung von typischen Materialien erklärt werden, die innerhalb des Gebäudebaus gefunden werden. Wenn energetische Nanokompositmaterialien, die innerhalb des Schutts am GZ begraben waren, irgendwie zu spezifischen Zeiten entzündet wurden (Tab. 1), würde dies zu kurzlebigen und möglichen explosiven Bränden führen. Solche Brände hätten alle umliegenden Brennmaterialien schnell aufgezehrt. Die verfügbaren brennbaren Materialien, nach einem oder zwei Monaten schwelender Brände im Schutt, könnten mit Wahrscheinlichkeit solche wie Kunststoffe gewesen sein, die vorher unvollständig verbrannt worden sind. Eine spätere

Verbrennung solcher Plastikmaterialien in heftigen, kurzlebigen Bränden könnte die Ausschläge an VOC erklären, die zu diesen Zeitpunkten zu sehen waren.

Wie bei Cahills Daten scheint das Vorhandensein von Verbindungen von Schwefel und Silizium im winzigen Feinstaub (PM – particulate matter) gut zu dieser Hypothese zu passen. Schwefel ist typisch als Bestandteil aluminothermischer Materialien (z.B. Thermat), und Silikat wird oft als Strukturbasis für energetische Nanokomposita verwendet. Schwefel könnte zusammen mit sehr feinen Silikaten und anderen Verbindungen, die mit energetischen Nanokomposita verknüpft sind, durch Explosionen, heftige Brände oder andere physikalische Störungen im Schutt am GZ freigesetzt worden sein.

In diesem Zusammenhang ist es bemerkenswert, dass die Daten von EPA und Cahill die Entdeckung von Aluminium, Eisen und Barium aufzeigen, die jeweils allgemeine Bestandteile von thermatähnlichen aluminothermischen Gemischen sind (Jones 2006) und an bestimmten Daten Ausschläge verzeichnen. Cahills Ergebnisse zeigen einen sehr gut wahrnehmbaren gleichzeitigen Ausschlag von Aluminium und Eisen am 26. Oktober.

Die Daten der EPA zeigen, dass an den 28 Tagen, an denen Aluminium 2001 in der Luft gemessen wurde, die Daten des maximalen Nachweises von Eisen auf die gleichen 9 Daten fallen. Barium teilt sich acht von diesen obersten neun Tagesmaxima. Die Metallvorkommen, die Cahill erwähnt und für die ein Mechanismus „anaerober Verbrennung“ vorgeschlagen wurde, könnten auch durch eine weitere Fortentwicklung dieser Hypothese erklärt werden. Zum Beispiel ist Vanadiumoxid in energetischen Nanokomposita (Gash et al. 2000) verwendet worden, und es ist hybriden Aerogelen zur Verbesserung der elektrischen Leitfähigkeit hinzugefügt worden, wie auch zu Silizium-Nanokomposita zum Zweck der Katalyse (Harreld et al. 1998; Luco et al. 1995).

Die EPA-Daten zeigen ein Maximum von Vanadium am 19. Dezember, dem gleichen Datum wie die maximale Feststellung der EPA von Eisen, und dem Datum der zweithöchsten Entdeckung von sowohl Barium wie auch Aluminium. Der höchste Nachweis von Barium trat am 7. März 2002 auf.

Titan und Nickel, andere Metalle, die von Cahill in ungewöhnlichen Mengen entdeckt wurden, sind ebenso bei der Produktion von energetischen Nanokomposita verwendet worden (Gash et al. 2003). Weder EPA noch Cahill berichteten über augenfällige Messungen von Titan, aber Ausschläge bei Nickel finden sich klar in den EPA-Daten am 11. Oktober, am 19. Dezember [2001] und am 7. März 2002.

Weitere Tests dieser Hypothese für das Vorhandensein von energetischen Materialien am GZ könnten sich auf die Staubproben konzentrieren. Wenn zum Beispiel aluminothermische Mischungen am WTC entzündet wurden, wären signifikante Mengen des oxidierten Aluminiums in der Luft und im Staub vorhanden gewesen. Da EPA und Cahill nur die Elementanalyse verwendeten, wurde der Anteil an Aluminium, der als Aluminiumoxid vorhanden war, nicht identifiziert. Unglücklicherweise sind Luftproben wahrscheinlich nicht so brauchbar zu diesem späten Zeitpunkt, jedoch können spezifische Messungen von Aluminiumoxid in Staubproben sicherlich durchgeführt werden. Solche Messungen können auch helfen, andere Anomalien zu erklären, die am WTC beobachtet wurden, wie die Wolken weisser Asche sowie die sehr hellen Flammen am Südturm, kurz vor seinem Fall

(Jones et al. 2008b). Andere Tests in Bezug auf Reste von energetischen Nanokomposita im WTC-Staub würden ebenfalls weitere Hinweise geben können.

6. Schlussfolgerung

Das Vorhandensein von energetischen Materialien, insbesondere energetischen Nanokomposita am Ground Zero, hat das Potential, viele der ungewöhnlichen Umweltdaten zu erklären, die am WTC festgestellt wurden. Thermit, wie es kurz oben dargestellt wurde, ist solch eine pyrotechnische Mischung, die nicht so leicht gelöscht werden kann, und eine gebräuchliche Komponente von energetischen Nanokomposita. Ungewöhnlich hohe Nachweise von Schwefel, Silizium, Aluminium, Kupfer, Nickel, Eisen, Barium und Vanadium könnten alle durch die physikalische Freisetzung von Materialien aus solchen energetischen Nanokomposita erklärt werden. Hinzu kommt, dass die Entdeckung von 1,3-DPP am WTC diese Hypothese unterstützt. Schliesslich können die Ausschläge von volatilen organischen Chemikalien (VOC), die von der EPA an spezifischen Tagen entdeckt wurden, leichter als Ergebnis von kurzlebigen, heftigen Bränden erklärt werden, die mittels energetischer Materialien verursacht wurden.

Open Access: Dieser Artikel wurde unter den Bedingungen des Creative Commons Attribution Noncommercial License publiziert. Dies erlaubt jegliche nicht-kommerzielle Verwendung, Verbreitung und Reproduktion in einem Medium, vorausgesetzt dass die Originalautoren und die Quelle angegeben werden.

Literaturverzeichnis

American Scientist (2003) Researchers present findings on ground zero chemical fire, 16 September 2003, 1:20. <http://www.americanscientist.org/template/Newsletter?memberid=null&issueid=1581>. 16 Feb 2008

Boettner EA, Ball GA, Weiss B (1973) Combustion products from the incineration of plastics, University of Michigan, Report No. EPA-670/2-73-079, National Technical Information Service, 90–93. <http://deepblue.lib.umich.edu/dspace/bitstream/2027.42/3702/5/anh0435.0001.001.pdf>. 16 Feb 2008

Brezinsky K, Litzinger TA, Glassman I (1984) The high temperature oxidation of the methyl side chain of toluene. *Int J Chem Kinet* 16(9):1053–1074. doi:10.1002/kin.550160902

Cahill TA, Shackelford CJ, Meier M et al (2003) Very fine aerosols from the World Trade Center collapse piles: anaerobic incineration. <http://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/305393.pdf>. 16 Feb 2008

Cahill TA, Cliff SS, Perry KD et al (2004) Analysis of aerosols from the World Trade Center collapse site, New York, October 2–30, 2001. *Aerosol Sci Tech* 38:165–183. <http://www.informaworld.com/smpp/section?content=a714044206&fulltext=713240928>. 16 Feb 2008

Clapsaddle BJ, Gash AE, Plantier KB et al (2004) Synthesis and characterization of mixed metal oxide nanocomposite energetic materials, LLNL UCRL-PROC–204118. Proceedings of the 31st international pyrotechnics seminar, May 12, 2004. <http://ereports-ext.llnl.gov/pdf/307362.pdf>. 16 Feb 2008

Clapsaddle BJ, Zhao L, Prentice D et al (2005) Formulation and performance of novel energetic nanocomposites and gas generators prepared by sol–gel methods, LLNL UCRL-PROC–210871. <http://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/318263.pdf>.

16 Feb 2008

Crebellia R, Tomeib F, Zijnoa A et al (2001) Exposure to benzene in urban workers: environmental and biological monitoring of traffic police in Rome. *Occup Environ Med* 58:165–171. doi: [10.1136/oem.58.3.165](https://doi.org/10.1136/oem.58.3.165)

Environmentalist (2009) 29:56–63

Dalton L (2003) Chemical analysis of a disaster. *Chem Eng News* 81(42):26–30. <http://pubs.acs.org/cen/NCW/8142aerosols.html>. 16 Feb 2008

ENS (Environment News Service) (2002) Registry to track people exposed to WTC collapse, 18 July 2002. <http://www.ensnewswire.com/ens/jul2002/2002-07-18-02.asp>

EPA (2002) World Trade Center disaster response air monitoring data summaries, 4 June 2002. <http://www.epa.gov/wtc/summaries/datasummaries.pdf>. 16 Feb 2008

EPA (2004) WTC response, environmental monitoring data, version 3.0, February 2004. The FOIA obtained data was provided on CD, with comma separated value (CSV) files and a query tool. The CD can be requested through EPA Region II. <http://oaspub.epa.gov/nyr/cd>. Some of this data is available via downloadable zip files at EPA's website. <http://www.epa.gov/wtc/monitoring/>. 16 Feb 2008

EPA (2006) Environmental information management system, EIMS metadata report—document entry ID: 62021. http://oaspub.epa.gov/eims/xmlreport.display?deid=62021&z_chk=65088. 16 Feb 2008

Garrett L (2003) Full effects of WTC pollution may never be known. *Newsday*, 14 September 2003. http://www.newsday.com/news/health/ny-hsair0911_0,471193.story?coll=ny-homepage-right-area. 16 Feb 2008

Gash AE, Simpson RL, Tillitson TM et al (2000) Making nanostructured pyrotechnics in a Beaker, Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) UCRL-JC-137593. <http://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/247064.pdf>. 16 Feb 2008

Gash AE, Simpson RL, Satcher JH (2002) Energetic nanocomposites with sol-gel chemistry: synthesis, safety, and characterization, LLNL UCRL-JC-146739. <http://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/244137.pdf>. 16 Feb 2008

Gash A, Barbee T, Simpson R et al (2003) Environmentally benign stab detonators, LLNL report UCRL-TR-201628. <http://ereports-ext.llnl.gov/pdf/303520.pdf>. 16 Feb 2008

Gonzalez J (2002) Fallout: the hidden environmental consequences of 9/11, *In These Times*, 10 September 2002. <http://www.alternet.org/911oneyearlater/14073/?page=1>. 16 Feb 2008

Harreld J, Wong HP, Dave BC et al (1998) Synthesis and properties of polypyrrole–vanadium oxide hybrid aerogels. *J Non-Cryst Solids* 225:319–324. doi: [10.1016/S0022-3093\(98\)00321-4](https://doi.org/10.1016/S0022-3093(98)00321-4)

HHS (US Department of Health and Human Services) (2007) Toxicological profile for benzene. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp3.pdf>. 16 Feb 2008

Jenkins C (2007) Request for an investigation by the Senate Subcommittee on superfund and environmental health into the Falsification of pH corrosivity data for World Trade Center Dust, *J 9/11 studies*. <http://www.journalof911studies.com/volume/>

200704/DrJenkinsRequestsSenateInvestigationOnWTCdust.pdf

Jones SE (2006) Why indeed did the WTC buildings completely collapse? J 9/11 studies. http://www.journalof911studies.com/volume/200609/Why_Indeed_Did_the_WTC_Buildings_Completely_Collapse_Jones_Thermite_World_Trade_Center.pdf. 16 Feb 2008

Jones SE, Farrer J, Jenkins GS, Legge F et al (2008a) Extremely high temperatures during the World Trade Center destruction, J 9/11 studies. <http://www.journalof911studies.com/articles/WTCHighTemp2.pdf>. 16 Feb 2008

Jones SE, Legge FM, Ryan KR, Szamboti AF, Gourley JR (2008b) Fourteen points of agreement with official government reports on the World Trade Center destruction, The Open Civil Eng J 2(1):35–40. doi:10.2174/1874149500802010035. <http://www.bentham-open.org/pages/content.php?TOCIEJ/2008/00000002/00000001/35TOCIEJ.SGM>

Kidder M, Britt PF, Zhang Z et al (2003) Pore size effects in the pyrolysis of 1,3-Diphenylpropane confined in mesoporous silicas. Chem Commun (Camb) 2003:2804–2805. doi:10.1039/b310405b

Kidder M, Britt PF, Zhang Z et al (2005) Pyrolysis of mesoporous silica-immobilized 1,3-Diphenylpropane. Impact of pore confinement and size. J Am Chem Soc 127:6353–6360. <http://pubs.acs.org/cgi-bin/abstract.cgi/jacsat/2005/127/i17/abs/ja050389w.html>. 16 Feb 2008

Lipton E, Revkin AC (2001) Nation challenged: the firefighters; with water and sweat, fighting the most stubborn fire. New York Times, November 19, 2001

Luco V, MacLachlan DJ, Hook JM et al (1995) Synthesis and characterization of mesostructured vanadium oxide. Chem Mater 7:2220–2223. doi:10.1021/cm00060a002

McCaffrey WC, Brues MI, Cooper DG et al (1996) Thermolysis of polyethylene/polystyrene mixtures. J Appl Polym Sci 60:2133–2140. doi:10.1002/(SICI)1097-4628(19960620)60:12<2133::AID-APP10[3.0.CO;2-8

Meyerowitz J (2006) Aftermath: World Trade Center archive. Phaldon Publishing, London, p 178. See photograph of the event on 11/08/01 that shows a stunning and immediate change of cloud-like emissions from the pile, from dark smoke to white cloud

MOEE (Canadian Ministry of Environment and Energy) (1997) Internal review of the Ministry of Environment and Energy Response to the Plastimet Fire City of Hamilton July 9–12, 1997, Appendix II (B). <http://www.ene.gov.on.ca/envision/techdocs/3599e.htm#chap4>. 16 Feb 2008

Prakash A, McCromick A, Zachariah MR (2004), Aero-sol-gel synthesis of nanoporous iron-oxide particles: a potential oxidizer for nanoenergetic materials. Chem Mater 16(8):1466–1471. http://www.enme.umd.edu/*mrz/pdf_papers/2004_CM_FeO.pdf. 16 Feb 2008

Public Broadcasting Service (PBS) (2002) America rebuilds: a year at ground zero, credited to Great Projects Film Company. http://www.pbs.org/americarebuilds/engineering/engineering_debris_06.html. 16 Feb 2008

Poutsma ML, Dyer CW (1982) Thermolysis of model compounds for

coal. 3. Radical chain decomposition of 1,3-Diphenylpropane and 1,4-Diphenylbutane. J Org Chem 47:4903–4914. doi: [10.1021/jo00146a017](https://doi.org/10.1021/jo00146a017)

Simpson RL, Satcher JH, Gash AE (2004) Safe and environmentally acceptable sol-gel derived pyrophoric pyrotechnics, LLNL report UCRL-TR-204902. <https://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/308591.pdf>. 16 Feb 2008

Swartz E, Stockburger L, Vallero D (2003) Polycyclic aromatic hydrocarbons and other semivolatile organic compounds collected in New York City in response to the events of 9/11. Environ Sci Technol 37:3537–3546. <http://pubs.acs.org/cgi-bin/abstract.cgi/esthag/2003/37/i16/abs/es0303561.html>. 16 Feb 2008

Woodward LA, Glover AT (1948) Molybdenum oxide catalysts for the reduction of phenol to benzene. Trans Faraday Soc 44:608–616. doi:[10.1039/TF9484400608](https://doi.org/10.1039/TF9484400608)

Wright S (2002) Air quality scientists release WTC study. Dateline UC Davis. http://www-dateline.ucdavis.edu/021502/DL_wtc.html. 16 Feb 2008
Environmentalist (2009) 29:56–63 63

Übersetzung: Andreas Bertram-Weiss
Korrekturvorschläge senden Sie bitte an: abw@ae911truth.ch