[Übersetzung aus dem Englischen, der originale Artikel ist veröffentlicht in:
Bentham Open Access, "The Open Chemical Physics Journal", Volume 2, 2009, Seite 7-31, ISSN 1874-4125
http://www.bentham-open.org/pages/content.php?TOCPJ/2009/00000002/00000001/7TOCPJ.SGM]

Nachweis von reaktionsfähigem thermitischen Material im Staub der World Trade Center- Katastrophe vom 11. September 2001

Niels H. Harrit*[,1], Jeffrey Farrer[2], Steven E. Jones*[,3], Kevin R. Ryan[4], Frank M. Legge[5], Daniel Farnsworth[2], Gregg Roberts[6], James R. Gourley[7] and Bradley R. Larsen[3]

[1]*Department of Chemistry, University of Copenhagen, Denmark*
[2]*Department of Physics and Astronomy, Brigham Young University, Provo, UT 84602, USA*
[3]*S&J Scientific Co., Provo, UT, 84606, USA*
[4]*9/11 Working Group of Bloomington, Bloomington, IN 47401, USA*
[5]*Logical Systems Consulting, Perth, Western Australia*
[6]*Architects & Engineers for 9/11 Truth, Berkeley, CA 94704, USA*
[7]*International Center for 9/11 Studies, Dallas, TX 75231, USA*

*Korrespondenzadressen dieser Autoren:

Niels H. Harrit
Department of Chemistry
University of Copenhagen
Copenhagen
DK-2100 Dänemark/Denmark

Tel: (+45)35321846; Fax: (+45)35320460;
E-mail: harrit@nano.ku.dk

Steven E. Jones
S&J Scientific Co.
84606 Provo
Utah
USA

Tel: (001) 801-735-5885;
E-mail: Hardevidence@gmail.com

Abstract: Wir haben markante rot/graue dünne Plättchen in allen von uns untersuchten Proben von Staub, der bei der Zerstörung des World Trade Centers entstanden war, entdeckt. Über die Untersuchung von vier an verschiedenen Orten gesammelten Staubproben wird im vorliegenden Artikel berichtet. Die rot/grauen dünnen Plättchen weisen in allen vier Proben bezeichnende Ähnlichkeiten auf. Eine der Proben wurde ungefähr zehn Minuten nach dem Einsturz des zweiten Twin Towers von einem Einwohner Manhattans gesammelt. Zwei Proben wurden am Tag nach der Zerstörung des WTCs gesammelt, eine vierte Probe ungefähr eine Woche später. Die Eigenschaften dieser Plättchen wurden mittels Lichtmikroskopie, Rasterelektronenmikroskopie (REM), Energiedispersiver Röntgenmikrobereichsanalyse (EDXS), und Differential-Scanning-Kalorimetrie untersucht. Das rote Material enthält Körner von ungefähr 100 nm Korngröße, welche größtenteils aus Eisenoxid bestehen, während Aluminium in winzigen plattenartigen Strukturen enthalten ist. Die Auftrennung der Bestandteile mittels Methylethylketon zeigte, dass Aluminium in elementarer Form vorliegt. Eisenoxid und Aluminium liegen in dem roten Material eng miteinander vermischt vor. Werden die rot/grauen Plättchen in einem Differential-Scanning-Kalorimeter zur Reaktion gebracht, setzen sie in sehr kurzer Zeit sehr viel Wärmeenergie frei. Die Plättchen entzünden sich bei einer Temperatur von ungefähr 430 °C, weit unterhalb der normalen Entzündungstemperatur von konventionellem Thermit. Im Reaktionsrückstand dieser eigenartigen rot/grauen Plättchen lassen sich eindeutig zahlreiche eisenreiche Kügelchen feststellen. Der rote Anteil dieser Plättchen stellt sich als ein nicht abreagiertes, stark energetisches thermitisches Material heraus.

Stichworte: Rasterelektronenmikroskopie, Energiedispersive Röntgenmikrobereichsanalyse, Differential-Scanning-Kalorimetrie, DSC-Analyse, World Trade Center, WTC-Staub, 11. September 2001, eisenreiche Mikrokügelchen, Thermit, Superthermit, energetische Nanocomposite, Nanothermit

EINLEITUNG

Die Zerstörung von drei Wolkenkratzern (WTC 1, 2 und 7) am 11. September 2001 war eine außerordentlich tragische Katastrophe, die durch Verletzung oder Tod nicht nur tausende Personen und deren Familien direkt betraf, sondern die auch die Begründung lieferte für zahlreiche kostspielige und radikale Veränderungen in der Innen- und Außenpolitik. Es ist aus diesen und anderen Gründen von erheblicher Bedeutung zu wissen, was sich wirklich an diesem schicksalhaften Tag ereignete.

Erhebliche Kapazitäten flossen in verschiedene, von der Regierung finanzierte und dirigierte Untersuchungen. Im Ergebnis wurden insbesondere die von FEMA [1] und NIST [2] herausgegebenen Berichte vorgelegt. Andere Untersuchungen zur Zerstörung des WTCs haben bislang weniger öffentliche Aufmerksamkeit gefunden, doch sie sind nicht weniger wichtig für die unerledigte, den Opfern dieser Tragödie gegenüber bestehende Verpflichtung, die ganze Wahrheit über die Ereignisse dieses Tages herauszufinden [3-10]. Im Rahmen einiger dieser Untersuchungen richtete sich die Aufmerksamkeit angebrachterweise auf materielle Überreste, sowie auf verfügbare Photographien und Videoaufnahmen, da diese der Öffentlichkeit zur Verfügung stehenden Beweismittel Aufschluss geben können über die Methode, mit der die drei Wolkenkratzer zerstört worden sind.

Die Einstürze der drei höchsten WTC-Gebäude sind außergewöhnlich wegen ihrer Vollständigkeit, weil die Einstürze fast mit der Geschwindigkeit des freien Falls [11] und mit beachtlicher radialer Symmetrie erfolgten [1a, 12], sowie wegen der entstandenen, überraschend großen Menge an feinem, giftigen Staub [13]. Um diese Besonderheiten, die man bei der Zerstörung der Gebäude beobachten konnte, besser verstehen zu können, initiierten die Autoren eine Untersuchung des WTC-Staubs. Dr. Steven Jones hatte im Juni 2007 in einer Probe von WTC-Staub markante, zweischichtige feine dünne Plättchen festgestellt, die aus einer roten und einer grauen Schicht bestehen. Anfänglich war vermutet worden, dass es sich vielleicht um Plättchen von trockener Farbe handeln könnte, aber nach näherer Untersuchung stellte sich heraus, dass dies nicht der Fall war. Um Zusammensetzung und Eigenschaften der rot/grauen Plättchen zu bestimmen, wurden dann weitere Untersuchungen durchgeführt. Die Autoren erhielten und untersuchten auch zusätzliche Proben von WTC–Staub, welche von unabhängigen, dritten Personen am 11. September oder kurz danach gesammelt worden waren. Alle untersuchten Proben enthielten diese sehr kleinen, eigenartigen, rot/grauen dünnen Plättchen. Zu den bisherige Untersuchungen, in denen Eigenheiten des WTC-Staubs diskutiert wurden, gehören die Berichte der RJ Lee Company[14], der U.S. Geological Survey (USGS) [15], von McGee *et al*. [13] und Lioy *et al*. [16]. Einige dieser Untersuchungen bestätigen die Entdeckung von eisenreichen Mikrokügelchen, welche auch sehr ungewöhnlich sind [5, 8, 11, 13-15]. Die rot/grauen dünnen Plättchen jedoch, die im Rahmen der vorliegenden Studie analysiert wurden, sind anscheinend im Rahmen der bislang veröffentlichten Studien nicht behandelt worden. Es soll hier betont werden, dass eine der Staubproben bereits ca. zehn Minuten nach dem Einsturz des zweiten Wolkenkratzers gesammelt worden war, so besteht keine Möglichkeit, dass diese Staubprobe infolge der Aufräumarbeiten am Ground Zero kontaminiert wurde.

MATERIAL UND METHODEN

1. Herkunft der im Rahmen dieser Studie analysierten Staubproben

In einem im Internet veröffentlichten Artikel bezüglich der bei der Zerstörung des World Trade Centers festzustellenden Anomalien wurde im Herbst 2006 erstmals eine allgemeine Bitte nach WTC-Staubproben publiziert. Die Erwartung zu dieser Zeit war, dass eine sorgsame Untersuchung des Staubs vielleicht Hinweise zur Unterstützung der Hypothese erbringen könnten, dass andere explosive Substanzen als Flugzeugtreibstoff die ungemein schnelle und im Wesentlichen vollständige Zerstörung der drei WTC-Gebäude bewirkten.

Es stellte sich heraus, dass eine ganze Anzahl von Personen Proben des in Mengen produzierten dichten Staubs, welcher sich über Manhattan ausgebreitet und niedergelassen hatte, aufbewahrt hatten. Mehrere dieser Personen sandten je einen Teil ihres gesammelten Staubs an Mitglieder unserer Forschungsgruppe. Im Rahmen der vorliegenden Studie werden vier einzelne Staubproben untersucht, die entweder am 11. September 2001 oder kurz danach eingesammelt worden waren. Es wurde festgestellt, dass jede dieser vier Proben rot/graue dünne Plättchen enthielt. Alle vier Proben waren von zum Zeitpunkt der Tragödie in New York City lebenden Privatleuten gesammelt worden. Diese Bürger meldeten sich und stellten Staubproben für eine Untersuchung zur Verfügung. Sie ermöglichten so im Interesse der Öffentlichkeit

eine Analyse des Staubs vom 11. September, welche Fakten auch immer mit Hilfe des Staubs in Hinblick auf den 11. September in Erfahrung gebracht werden würden. Abbildung (**1**) zeigt auf einem Stadtplan die Orte, an denen die vier Staubproben eingesammelt worden sind.

Abbildung (1): Stadtplan von Manhattan. Zu sehen sind die Orte, an denen die hier analysierten Staubproben gesammelt wurden, und deren Lage bezüglich des WTC-Komplexes (grün markiert, nahe Fundort 1). Fundorte: 1: Staubprobe von Mr. MacKinlay (113 Cedar Street/110 Liberty Street); 2: Staubprobe von Mr. Delessio/Breidenbach (Brooklyn Bridge); 3: Staubprobe von Mr. Intermont (16 Hudson Street); 4: Staubprobe von Ms. White (1 Hudson Street). (Stadtplan freundlicher Weise zur Verfügung gestellt von http://www.openstreetmap.org; Copyright Bestimmungen unter http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/).

Die mit dem kürzesten zeitlichen Abstand zum Ereignis gesammelte Staubprobe stammt von Mr. Frank Delessio. Nach seinem eigenen, auf Video aufgezeichneten Bekunden [17] hielt sich Mr. Delassio um die Zeit als der zweite Turm, der North Tower, zerstört wurde, auf der Manhattan-Seite der Brooklyn Bridge auf. Mr. Delassio sah, wie der Turm herunterkam, dann wurde er von dem entstandenen dicken Staub, welcher sich überall in der Gegend niederließ, eingehüllt. Etwa 10 Minuten nach der Zerstörung des North Towers fegte Delassio auf dem Fußgängerweg der Brücke in der Nähe des Endes der Brücke eine Handvoll des Staubs von einem Geländer in seine Hand. Er ging dann, den Staub in seiner Hand tragend, seinen Freund Mr. Tom Breidenbach besuchen. Er und Mr. Breidenbach sprachen über den Staub und beschlossen, den Staub in einer Plastiktüte aufzubewahren. Am 15. 11. 2007 sandte Breidenbach einen Teil dieses Staubs zur Analyse an Dr. Jones. Breidenbachs Zeugnis bezüglich dieser Staubprobe ist ebenfalls auf Video aufgenommen [17]. Da die Delassio/Breidenbach Staubprobe ungefähr 10 Minuten nach dem Einsturz des zweiten Turmes gesammelt worden war, kann diese Staubprobe nicht mit Staub vom WTC 7 vermischt sein, da dieses erst Stunden später fiel. Ebenso ist mit Sicherheit auszuschließen,

dass diese Staubprobe im Zuge der Stahlschneide- oder Aufräumarbeiten am Ground Zero kontaminiert wurde, denn diese begannen erst später.

Am Morgen des 12.Septembers 2001 betrat Mr. Stephen White aus New York City ein Zimmer in seiner Wohnung in der achten Etage des Hauses Hudson Street 1, dies ist etwa fünf Häuserblocks vom WTC entfernt. Er fand eine Schicht Staub, ungefähr 2,5 cm dick, auf einem Stapel zusammengefalteter Wäsche in der Nähe eines Fensters, welches ungefähr 10 cm weit geöffnet war. Offensichtlich war es aufgrund des geöffneten Fensters möglich gewesen, dass am 11. September eine beträchtliche Menge an bei der Zerstörung des WTCs entstandenen Staubs in das Zimmer gelangen und sich auf der Wäsche niederschlagen konnte. Mr. Stephen White bewahrte etwas von dem Staub auf und sandte am 02. Februar 2008 eine Staubprobe direkt an Dr. Jones zur Analyse.

Eine weitere Staubprobe war von Mr. Jody Intermont am 12. September 2001, ungefähr um zwei Uhr nachmittags, im Apartmentgebäude Hudson Street 16 eingesammelt worden. Am 02. Februar 2008 wurde je eine kleine Probe dieses Staubs zur Analyse an Dr. Jones und an Kevin Ryan gesandt. Mr. Intermont legte jeder Probe eine schriftliche Erklärung bei, mit welcher er bestätigte, dass er persönlich die (nunmehr geteilte) Staubprobe gesammelt hatte.
Er schrieb:

> “Dieser Staub, welcher von den 'eingestürzten' World Trade Center- Türmen stammt, wurde am 12. September 2001 in meinem Loft Ecke Reade Street/Hudson Street gesammelt. Ich bin damit einverstanden, dass mein Name in Zusammenhang mit diesem Beweismaterial genutzt wird.” [Unterzeichnet 31. Januar 2008 in der Gegenwart von einem Zeugen, welcher ebenfalls mit seinem Namen unterschrieben hat.]

Am Morgen des 11. Septembers war Ms. Janette MacKinlay in ihrem Apartment im vierten Stock des Gebäudes 113 Cedar St./110 Liberty Street in New York City, das ist quer über der Straße von der World Trade Center Plaza. Als der South Tower einstürzte, bewirkte die anströmende Wolke aus Staub und Schutt, dass die Fenster ihrer Wohnung nach innen hin zerbrachen, und dass die Wohnung sich mit Staub füllte. Ms. MacKinlay entkam, indem sie schnell ein nasses Handtuch um ihren Kopf wickelte und das Gebäude verließ. Der Zugang zu dem Gebäude war für ca. eine Woche gesperrt. Sobald es Ms. MacKinlay erlaubt war ihre Wohnung wieder zu betreten, tat sie dies und begann mit der Säuberung. Auf dem Fußboden ihrer Wohnung befand sich eine dicke Staubschicht. Ms. MacKinlay sammelte etwas von diesem Staub in eine große verschließbare Plastiktüte, um ihn eventuell später in einem Kunstobjekt zu verwenden. Ms. MacKinlay reagierte auf die von Dr. Jones 2006 in dem Artikel publizierte Bitte, indem sie ihm eine Staubprobe zusandte. Im November 2006 reiste Dr. Jones nach Kalifornien, um Ms. MacKinlay an ihrem neuen Wohnort zu besuchen. In der Gegenwart von mehreren Zeugen entnahm Dr. Jones eine zweite Probe von WTC-Staub direkt aus Ms. MacKinlays großer Plastiktüte, in welcher der Staub aufbewahrt wurde. Ms. MacKinlay versandte außerdem Proben direkt zu Dr. Jeffrey Farrer, sowie zu Kevin Ryan. Die Ergebnisse der Analyse dieser Staubproben flossen in die vorliegende Studie ein.

Eine weitere Staubprobe war von einer Privatperson von einer Fensterbank eines Gebäudes in der Potter Street, New York City, gesammelt worden. Da diese Privatperson keine Erlaubnis zur Mitteilung ihres Namens erteilte, wurde das von ihr übersandte Material nicht für die vorliegende Studie verwendet. Es sei angemerkt, dass die von dieser Person eingesandte Staubprobe ebenfalls rot/graue Plättchen enthielt, und dass diese dieselbe allgemeine Zusammensetzung aufweisen, wie die hier beschriebenen Plättchen.

2. Größe der Plättchen, Isolierung und Untersuchung der Plättchen

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden im Folgenden die Staubproben, welche von Ms. Janette MacKinlay eingesammelt und an die Autoren gesandt wurden, als Probe 1 bezeichnet. Die Staubprobe

von Mr. Frank Delassio (oder die Delassio/Breidenbach Probe) wird im Folgenden als Probe 2 bezeichnet, die Staubprobe von Mr. Jody Intermont als Probe 3, und die Staubprobe von Mr. Stephen White als Probe 4. Die feinen rot/grauen Plättchen werden von einem Magneten angezogen, dies erleichterte es, die Plättchen aus der Hauptmasse des Staubs zu isolieren. Ein in einer Plastiktüte befindlicher Dauermagnet wurde benutzt, um die Plättchen aus den Staubproben anzuziehen und herauszusammeln. Die Plättchen sind in der Regel klein, dennoch lassen sie sich mit bloßem Auge aufgrund ihrer markanten Färbung leicht erkennen. Die Plättchen haben unterschiedliche Größen. Länge und Breite betragen jeweils ca. 0.2 mm bis ca. 3 mm. Die Dicke der einzelnen Schichten (rot und grau) beträgt ca. 10 bis ca. 100 Mikrometer. Proben von WTC-Staub sind von den genannten sowie auch von anderen Sammlern direkt an verschiedene Wissenschaftler gesandt worden, auch an Wissenschaftler, welche nicht zum Autorenteam dieser Studie gehören. Diese Wissenschaftler fanden solche rot/grauen kleinen Plättchen in dem bei der Zerstörung des World Trade Centers gebildeten Staub.

Ein FEI XL30-SFEG Rasterelektronenmikroskop (REM) wurde für Sekundärelektronenaufnahmen (SE) und für Rückstreuelektronenaufnahmen (RE) benutzt. Die SE-Aufnahmen wurden genutzt, um sich die Oberflächentopographie und die Porosität der rot/grauen Plättchen anzusehen. Die RE-Aufnahmen wurden unter anderem dazu genutzt, Unterschiede in der mittleren Kernladungszahl Z zu erkennen. Das Rasterelektronenmikroskop war außerdem mit einem System zur Energiedispersiven Röntgenmikrobereichsanalyse (EDXS) der Firma EDAX ausgestattet. [Anm. der Übers.: EDXS von Englisch "Energy Dispersive X-ray Spectroscopy"] Das verwendete EDXS-System verfügt über einen Silizium-Detektor mit einer Auflösung besser als 135 eV. Die Auflösung des Spektrums wurde auf 10 eV pro Kanal eingestellt. Wenn nicht anders angegeben, arbeitete das System während der Aufnahme der EDX-Spektren mit einer Beschleunigungsspannung von 20 kV, die Messzeit (livetime) betrug zwischen 40 und 120 Sekunden. Die EDXS-Karten [Engl.: maps] wurden mit dem gleichen System und einer Beschleunigungsspannung von 10 kV erstellt.

Für die allgemeine Oberflächenanalyse im Rasterelektronenmikroskop wurden die Staubproben auf leitfähigen Kohlenstoffträgern befestigt. Wenn nicht anders angegeben, wurden die Proben weder gespült noch beschichtet. Aus jeder der vier WTC Staubproben wurden je mehrere rot/graue dünne Plättchen zerbrochen, um die Charakteristika der roten und grauen Schichten genauer feststellen zu können, sowie um die Möglichkeit einer Oberflächenkontamination durch andere Staubpartikel auszuschließen. Die sauberen Bruchflächen wurden dann mittels RE-Aufnahmen und EDXS untersucht.

Um den Wärmestrom in die rot/grauen Plättchen hinein beziehungsweise aus den rot/grauen Plättchen heraus zu messen, wurden diese in einem Differential-Scanning-Kalorimeter (Netzsch DSC 404C) untersucht. Die DSC-Tests wurden mit einer linearen Heizrate von 10 °C pro Minute durchgeführt, bis eine Temperatur von 700 °C erreicht war. Während der Erhitzung befanden sich die Proben in Aluminiumoxid-Tiegeln, Luft konnte mit 55 Millilitern pro Minute strömen. Die Messkurven wurden mit einer Messrate von 20 Messpunkten pro Grad Celsius Temperaturanstieg, beziehungsweise von 200 Messpunkten pro Minute, erstellt. Die Anlage wurde so eingestellt, dass die Messergebnisse in Watt pro Gramm angezeigt wurden. Die graphische Darstellung der Messergebnisse wurde so gewählt, dass ein exothermes Verhalten der Probe (Abgabe von Wärme/thermischer Energie durch die Probe) einen Peak in der Kurve ergeben würde; und dass ein endothermisches Verhalten der Probe (Aufnahme von Wärme/thermischer Energie durch die Probe) zu einem Tal in der Kurve führen würde.

Die Staubproben wurden außerdem mittels Lichtmikroskopie (VLM) unter Verwendung eines Nikon Epiphot 200 Stereomikroskops, eines Olympus BX60 Stereomikroskops und eines Nikon Labophot Mikroskops mit Kamera untersucht.

ERGEBNISSE

1. Charakterisierung der rot/grauen dünnen Plättchen

Rot/graue dünne Plättchen wurden in jeder der gesammelten Staubproben gefunden. Die Plättchen wurden analysiert, um deren chemische Eigenschaften und stofflichen Aufbau zu bestimmen, sowie um über die Ähnlichkeit der Plättchen urteilen zu können. Abbildung (**2**) zeigt je eine lichtmikroskopische Aufnahme von rot/grauen dünnen Plättchen aus den vier WTC-Staubproben. In den einzelnen Abbildungen ist der Maßstab zu beachten, da diese bei unterschiedlichen Vergrößerungen aufgenommen wurden. Das Plättchen in Abbildung (**2a**) zählte mit ca. 2,5 mm Länge zu einem der größeren der isolierten dünnen Plättchen. Das Gewicht dieses Plättchens betrug ca. 0,7 mg. Jedes der im Rahmen dieser Studie verwendeten dünnen Plättchen verfügte über eine graue Schicht und eine rote Schicht, und ließ sich mittels eines Magneten anziehen. Die in Abbildung (**2d**) eingefügte Aufnahme zeigt das Plättchen von der Seite, so dass die graue Schicht erkennbar ist. Ein Teil der grauen Schicht ist auch in Abbildung (**2b**) sichtbar. Ähnlichkeiten zwischen den Proben sind bereits anhand dieser lichtmikroskopischen Aufnahmen ersichtlich.

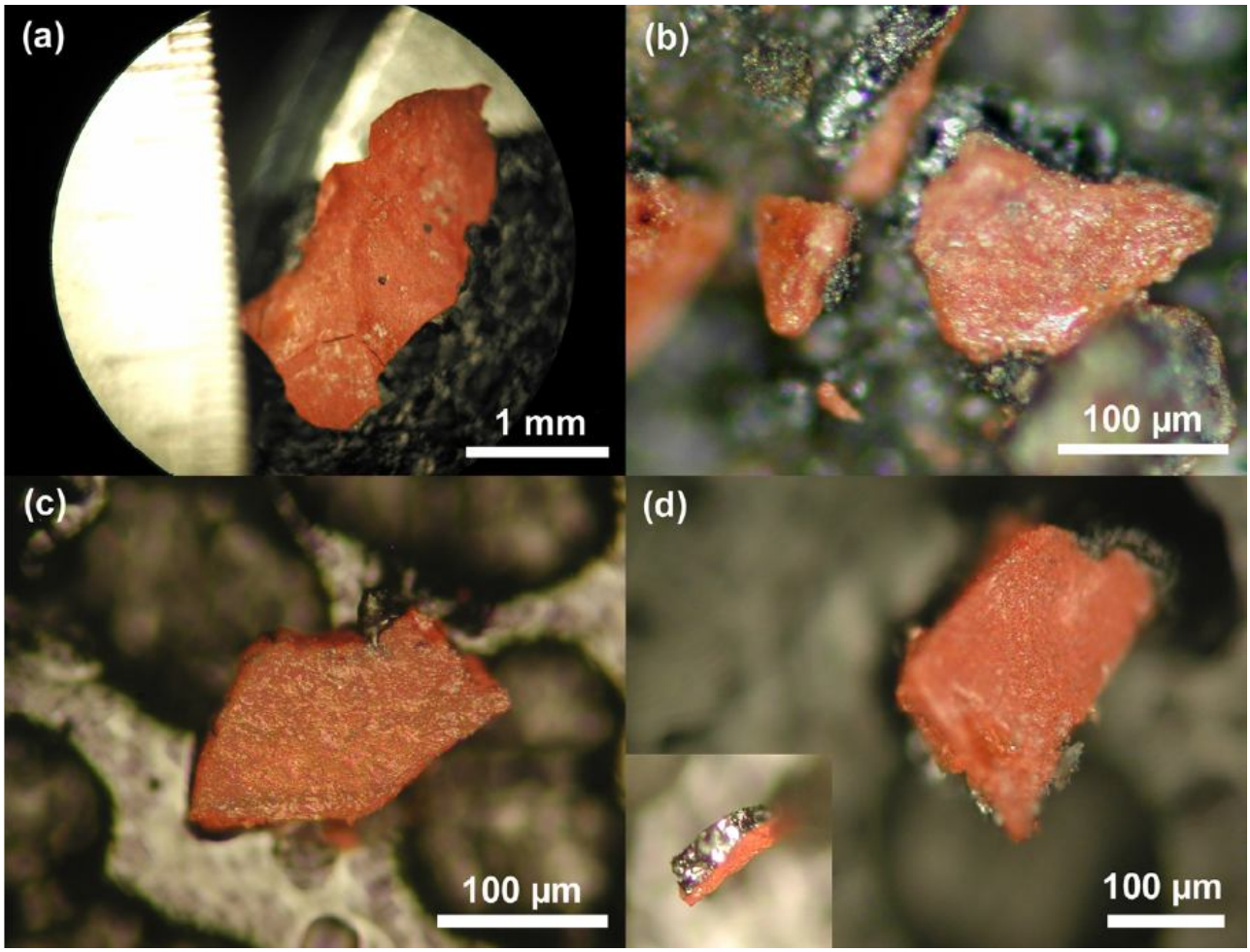


Abb. (2): Lichtmikroskopische Aufnahmen von im Rahmen dieser Studie verwendeten rot/grauen dünnen Plättchen von je einer der WTC Staubproben 1 bis 4 sind in den Abbildungen (a)-(d) gezeigt. Die eingefügte Aufnahme in (d) zeigt das Plättchen von der Seite mit erkennbarer grauer Schicht. Für die Rasterelektronenmikroskopaufnahmen wurden die rot/grauen dünnen Plättchen unter Verwendung leitfähiger Kohlenstoffträger auf einem Aluminiumsockel befestigt.

Abbildung (**3**) zeigt drei mit verschiedenen Methoden aufgenommene Ansichten derselben Gruppe von Partikeln im Vergleich. Bei Abbildung (**3a**) handelt es sich um eine lichtmikroskopische Aufnahme einer Gruppe von Partikeln, auf der das rote Material, und teilweise auch das anhaftende graue Material,

sichtbar ist. Die Abbildungen (**3b**) und **(3c)** zeigen die gleiche Gruppe von Partikeln unter dem Rasterelektronenmikroskop; zum einen auf einer Sekundärelektronen/(SE)-Aufnahme, zum anderen auf einer Rückstreuelektronen/(RE)-Aufnahme. Auf der Probe war keine stromableitende Beschichtung aufgebracht worden. Es lässt sich auf der SE-Aufnahme erkennen, dass die rote Schicht der Partikel sehr helle Bereiche aufweist, da es, verursacht durch die relativ schlechte elektrische Leitfähigkeit der roten Schicht, unter dem Elektronenstrahl zur einer leichten Anreicherung von Ladung gekommen war (siehe unten, Abschnitt "Diskussion"). Die RE–Aufnahme zeigt die rote Schicht dunkler als die graue Schicht, was darauf hinweist, dass sich die rote Schicht aus Material zusammensetzt, welches eine niedrigere mittlere Kernladungszahl Z aufweist als die graue Schicht.

Eine bei höherer Vergrößerung gemachte RE-Aufnahme einer Ecke von einem der in Abbildung (4) gezeigten Plättchen erlaubt es, den Unterschied zwischen den beiden Schichten bezüglich der Grauwerte genauer zu untersuchen und bestätigt die höhere mittlere Kernladungszahl der grauen Schicht. Im auffallenden Gegensatz zu der gleichmäßigen grauen Schicht ist das rote Material heterogen.

Abbildung (5) zeigt RE-Aufnahmen von kurz zuvor gebrochenen rot/grauen Plättchen aus vier unterschiedlichen Staubproben. Die Charakteristika dieser vier Bruchflächen sind repräsentativ für alle der untersuchten rot/grauen dünnen Plättchen aus den Staubproben. Die RE-Aufnahmen zeigen, dass alle untersuchten roten Schichten kleine, hier hell erscheinende Teilchen oder Körnchen enthalten, die durch eine hohe mittlere Kernladungszahl charakterisiert sind. Es wurde festgestellt, dass die Teilchen in allen untersuchten roten Schichten vorhanden sind, und dass ihre Größe einheitlich ist, dass aber die Konzentration der Teilchen, wie in den Aufnahmen zu sehen, von Stelle zu Stelle variiert.

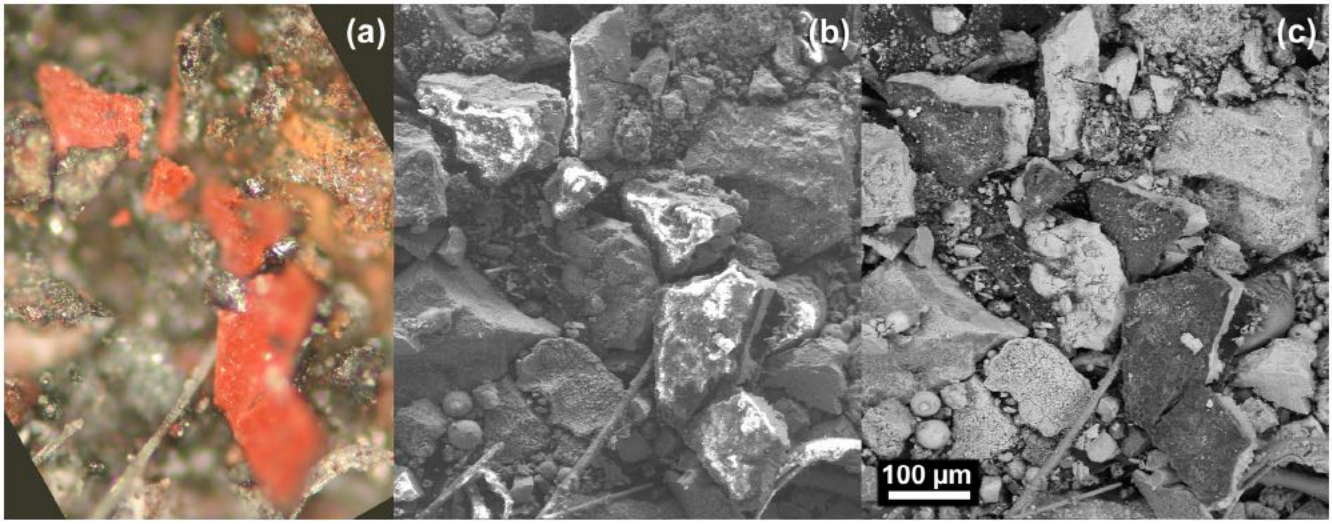


Abb. (3): Eine Serie von Aufnahmen einer mit Hilfe eines Magneten aus Probe 2 extrahierten Gruppe von Partikeln. Auf einer farbigen lichtmikroskopischen Aufnahme (3a) lassen sich die rot/grauen Partikel identifizieren und lokalisieren. Eine mittels REM erlangte SE-Aufnahme (b) lässt Größe und Form der Partikel besser erkennen, und eine RE-Aufnahme (c) zeigt anhand der Grauwerte die Unterschiede in der mittleren Kernladungszahl zwischen anderen Staubteilchen, der roten Schicht, und der grauen Schicht, auf.

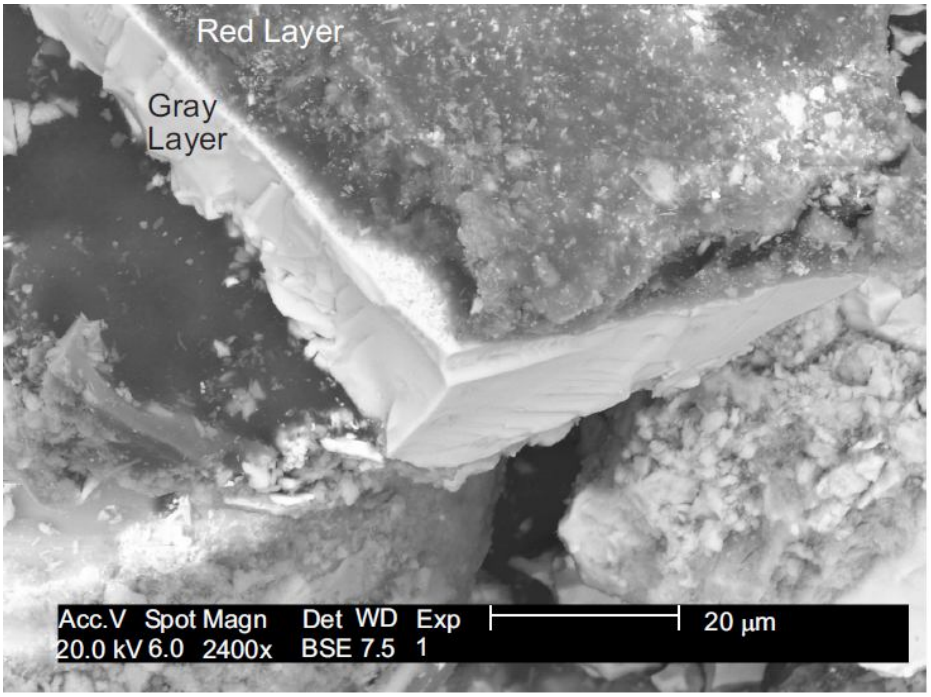


Abb. (4): RE-Aufnahme von einem der Plättchen aus der vorangegangenen Aufnahmenserie in höherer Vergrößerung. Die rote Schicht, welche sich hier im Bild oberhalb von der grauen Schicht befindet, erscheint dunkler. [Red Layer = rote Schicht; Gray Layer = graue Schicht]

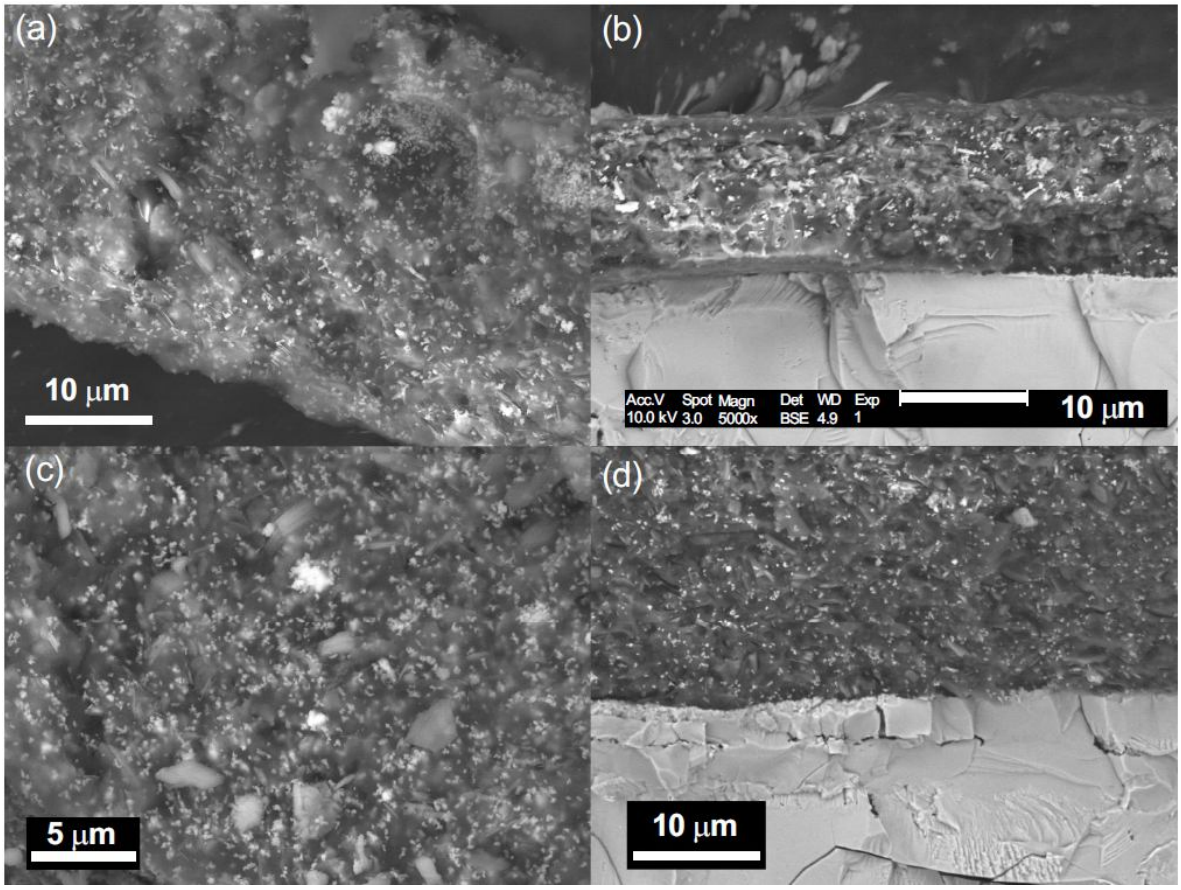


Abb. (5): RE-Aufnahmen von Bruchflächen der rot/grauen Plättchen aus den Proben 1 bis 4 sind in den Abbildungen (5a) bis (5d) zu sehen. Bei den Aufnahmen 5b (Probe 2) und 5d (Probe 4) ist auch die anhaftende graue Schicht zu sehen.

Mit Energiedispersiver Röntgenmikrobereichsanalyse (EDXS) wurden sowohl rote als auch graue Schichten von Bruchflächen, die von Plättchen aus allen vier Staubproben präpariert worden sind, untersucht. Repräsentative Spektren sind in den Abbildungen (**6**) und (**7**) zu sehen. Die vier Spektren in Abbildung (**6**) zeigen, dass sich die grauen Schichten durchweg durch einen hohen Eisen- und Sauerstoffgehalt auszeichnen, außerdem ist in geringerer Menge auch Kohlenstoff vorhanden. Die in den roten Schichten gefundenen chemischen Signaturen sind ebenfalls recht einheitlich: jedes der Spektren (Abbildung **7**) zeigt die Anwesenheit von Aluminium (Al), Silizium (Si), Eisen (Fe) und Sauerstoff (O) an, und außerdem einen signifikanten Peak für Kohlenstoff (C).

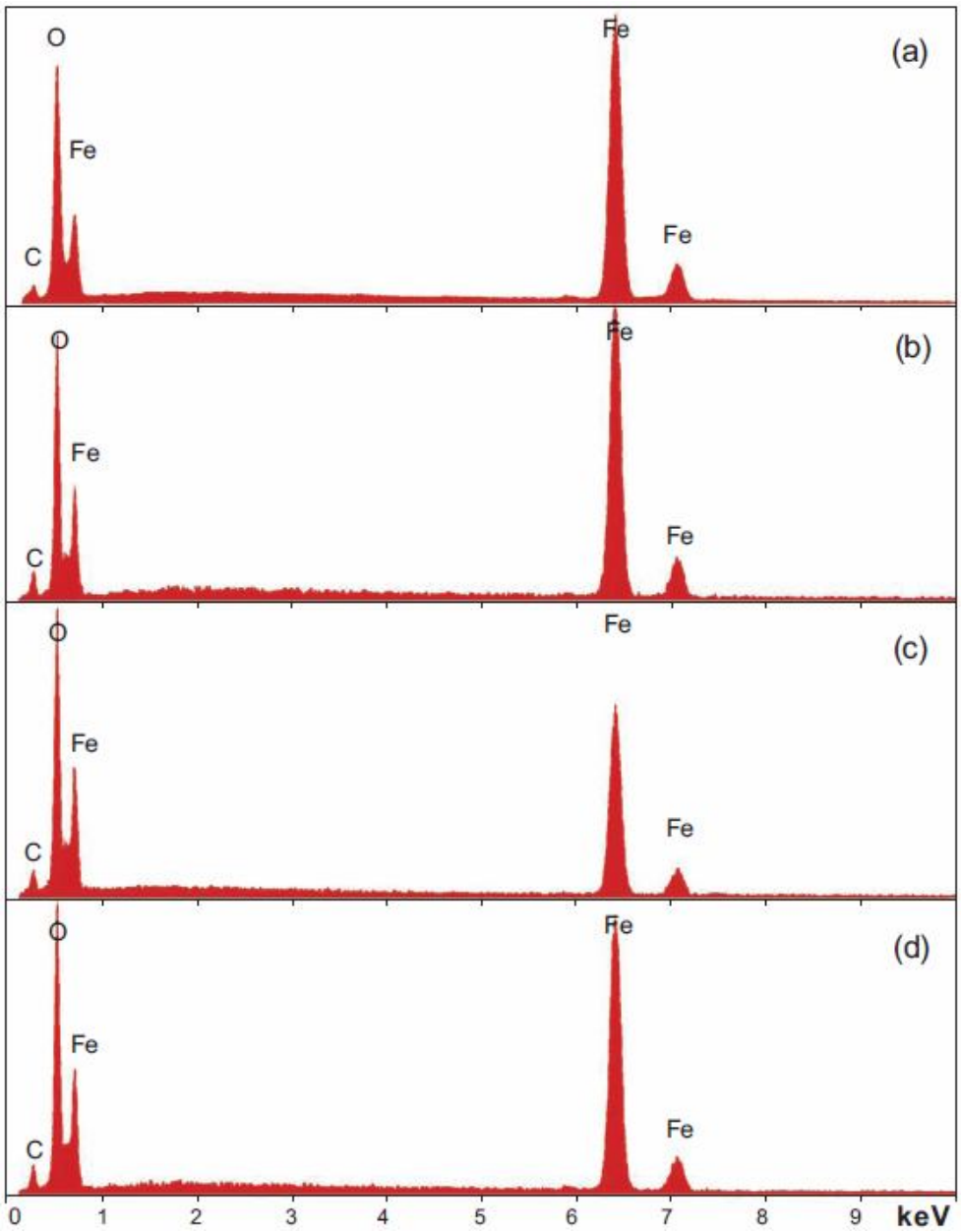


Abb. (6): EDX- Spektren von je einer der grauen Schichten aus jeder der vier WTC – Staubproben. Spektrum (a) ist von Probe (1), (b) von Probe (2) etc.

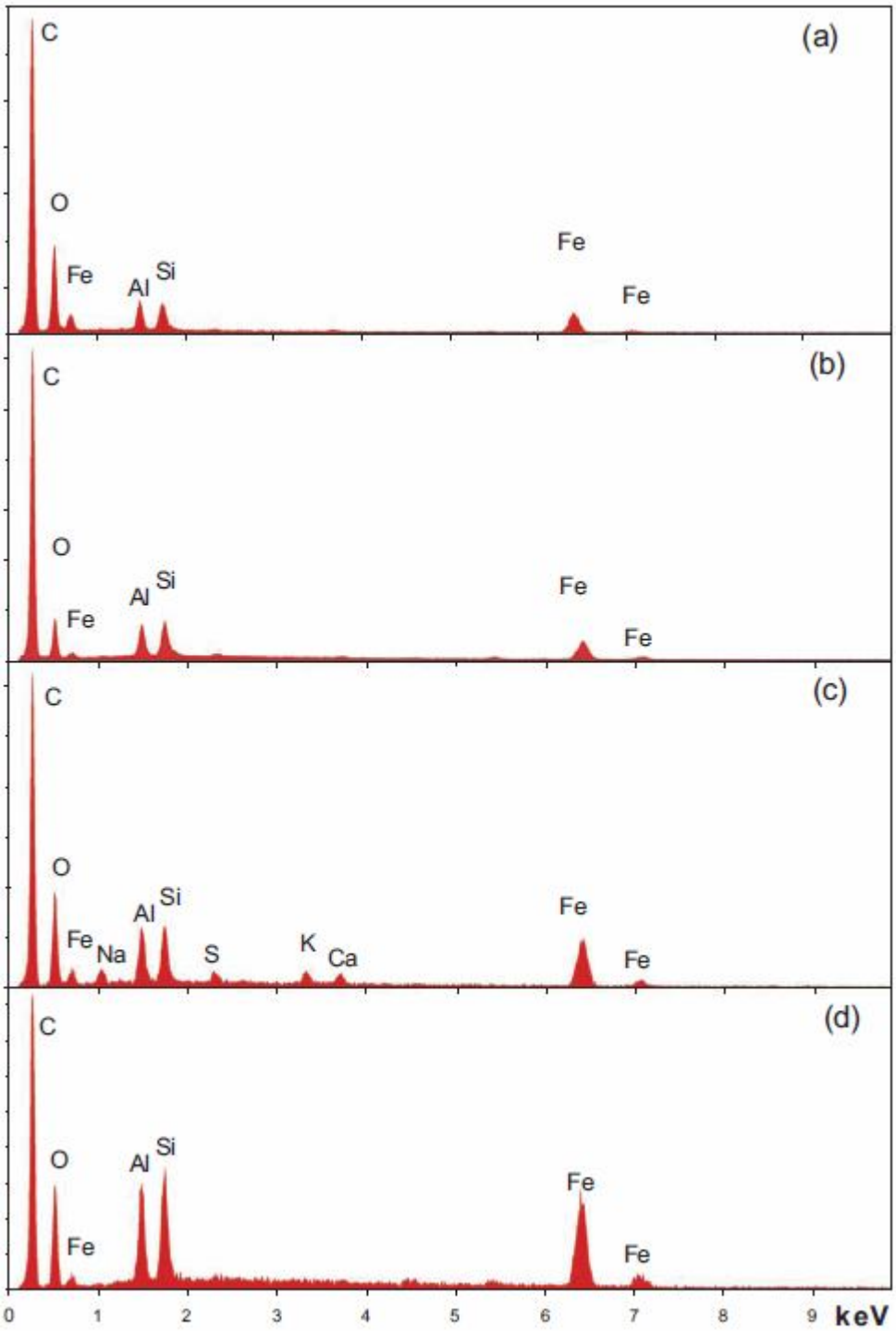


Abb. (7): EDX – Spektren von je einer der roten Schichten aus jeder der vier WTC–Staubproben. Spektrum (a) ist von Probe (1), (b) von Probe (2) etc.

Bei noch höheren Vergrößerungen erstellte RE-Aufnahmen der roten Schichten zeigen die Ähnlichkeit der Plättchen aus den verschiedenen Staubproben. RE-Aufnahmen von kleinen, aber repräsentativen Teilbereichen von Bruchflächen von roten Schichten aus jeder der vier Staubproben sind in Abbildung (**8**) zu sehen. Die Ergebnisse zeigen, dass die kleinen Teilchen, welche eine hohe RE-Intensität (Helligkeit) aufweisen, durchgängig eine polyedrische Erscheinung mit einer Korngröße von ca. 100 nm haben. Man kann sehen, dass diese in der RE-Aufnahme sehr hellen Teilchen mit plattenartigen Teilchen vermischt sind, welche eine mittlere RE-Intensität haben, ungefähr 40 nm dick sind und bis zu ca. 1 Mikrometer Durchmesser haben. Durch Vergleich der RE-Aufnahme in Abbildung (**8a**) mit der SE-Aufnahme in

Abbildung (**9**) kann man außerdem sehen, dass alle diese Teilchen in eine unstrukturierte Grundmasse eingebettet sind, die dunklere Grauwerte in der RE-Aufnahme aufweist.

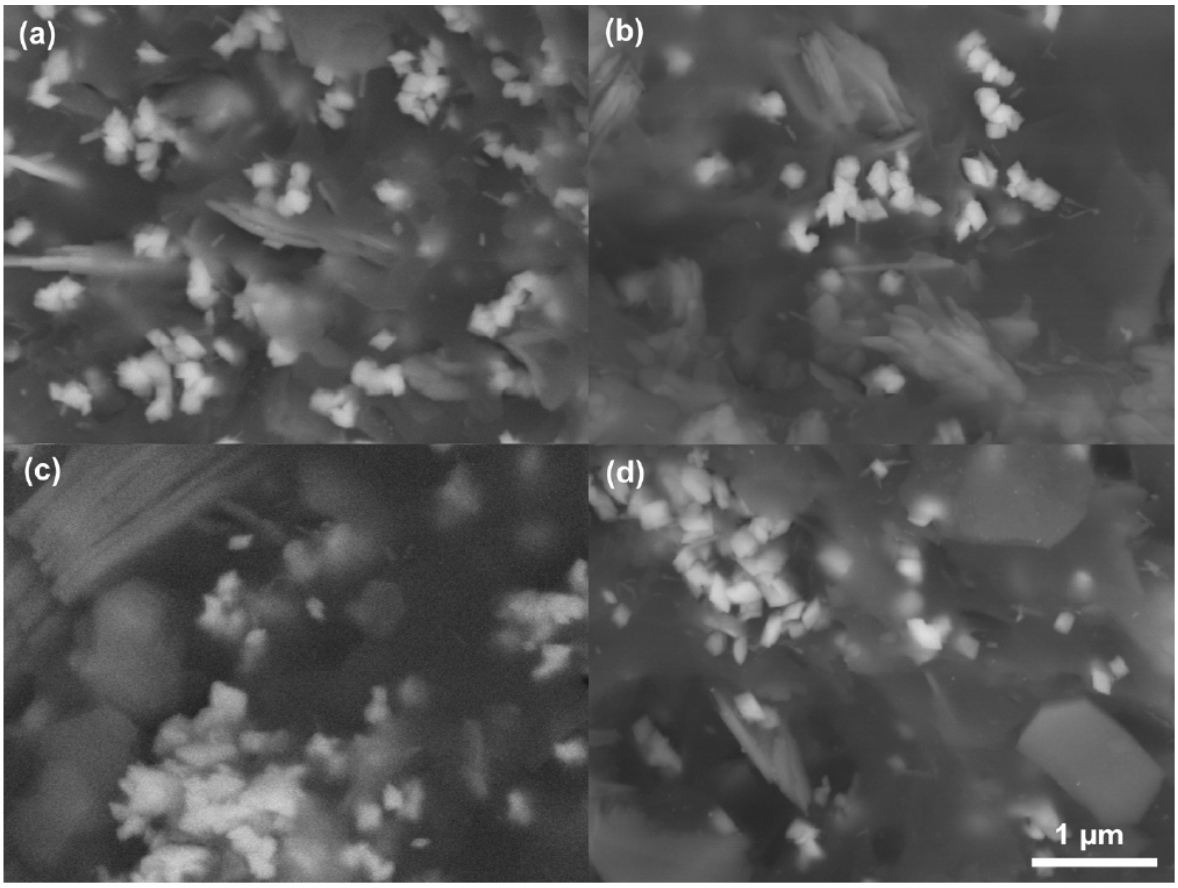


Abb. (8): Die Abbildungen (8a) bis (8d) zeigen RE-Aufnahmen von Bruchflächen von je einer roten Schicht aus den vier Staubproben 1 bis 4.

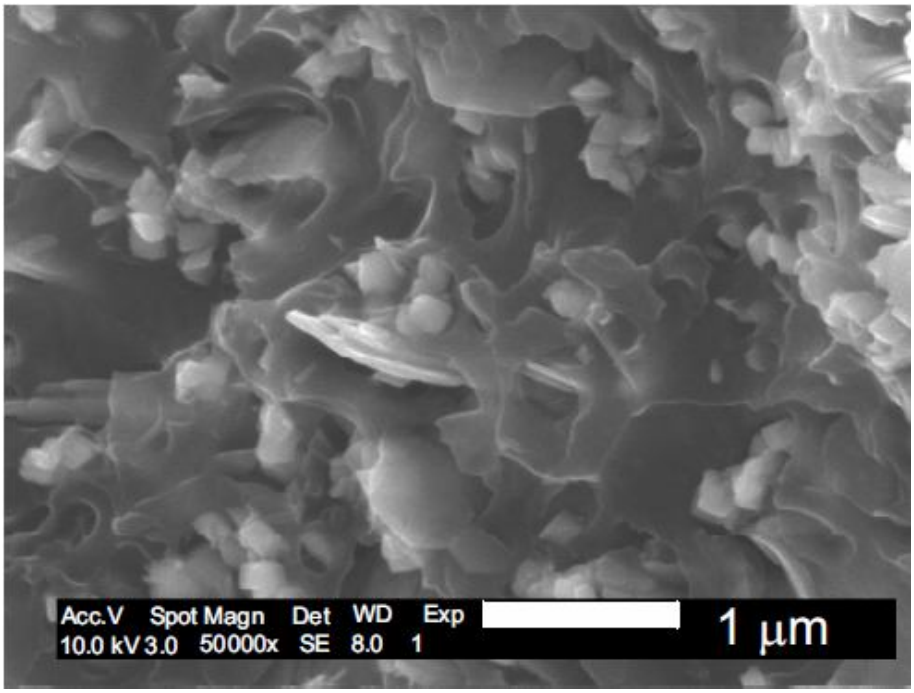


Abb. (9): SE–Aufnahme der in Abbildung (8a) gezeigten Bruchfläche einer roten Schicht.

EDXS-Karten von der Oberfläche der Bruchfläche einer roten Schicht wurden bei einer Beschleunigungsspannung von 10 kV aufgenommen. Der dafür untersuchte Bereich der Bruchfläche ist auf der RE-Aufnahme in Abbildung (**10a**) gezeigt. Die Intensität der jeweiligen Farbe auf den EDXS-Karten (mehrere Karten sind in den Abbildungen **10b** bis **10f** zu sehen) spiegelt die Mengen wieder, in denen das jeweilige Element an der Oberfläche und im oberflächennahen Bereich an den einzelnen Stellen des untersuchten Bereiches zu finden ist. Die Ergebnisse zeigen, dass die kleineren Teilchen, welche einen sehr hellen Grauwert in der RE-Aufnahme haben, mit Bereichen assoziiert sind, die einen hohen Eisen- und Sauerstoffanteil aufweisen. Die plattenartigen Teilchen mit mittlerer RE-Intensität treten in Bereichen auf, die mit einem hohen Aluminium- und Siliziumanteil assoziiert sind. Die Kartierung des Sauerstoffs zeigt außerdem, dass Sauerstoff in geringerem Maße auch in solchen Bereichen vorliegt, wo Aluminium und Silizium vorhanden sind. Allerdings lässt sich anhand dieser Messwerte nicht feststellen, ob der Sauerstoff mit Silizium oder mit Aluminium, oder mit beiden Elementen assoziiert ist. Aus der Kartierung des Kohlenstoffs ist ersichtlich, dass Kohlenstoff nicht mit einem bestimmten Teilchen, oder mit einer bestimmten Gruppe von Teilchen assoziiert ist, sondern vielmehr mit der Grundmasse.

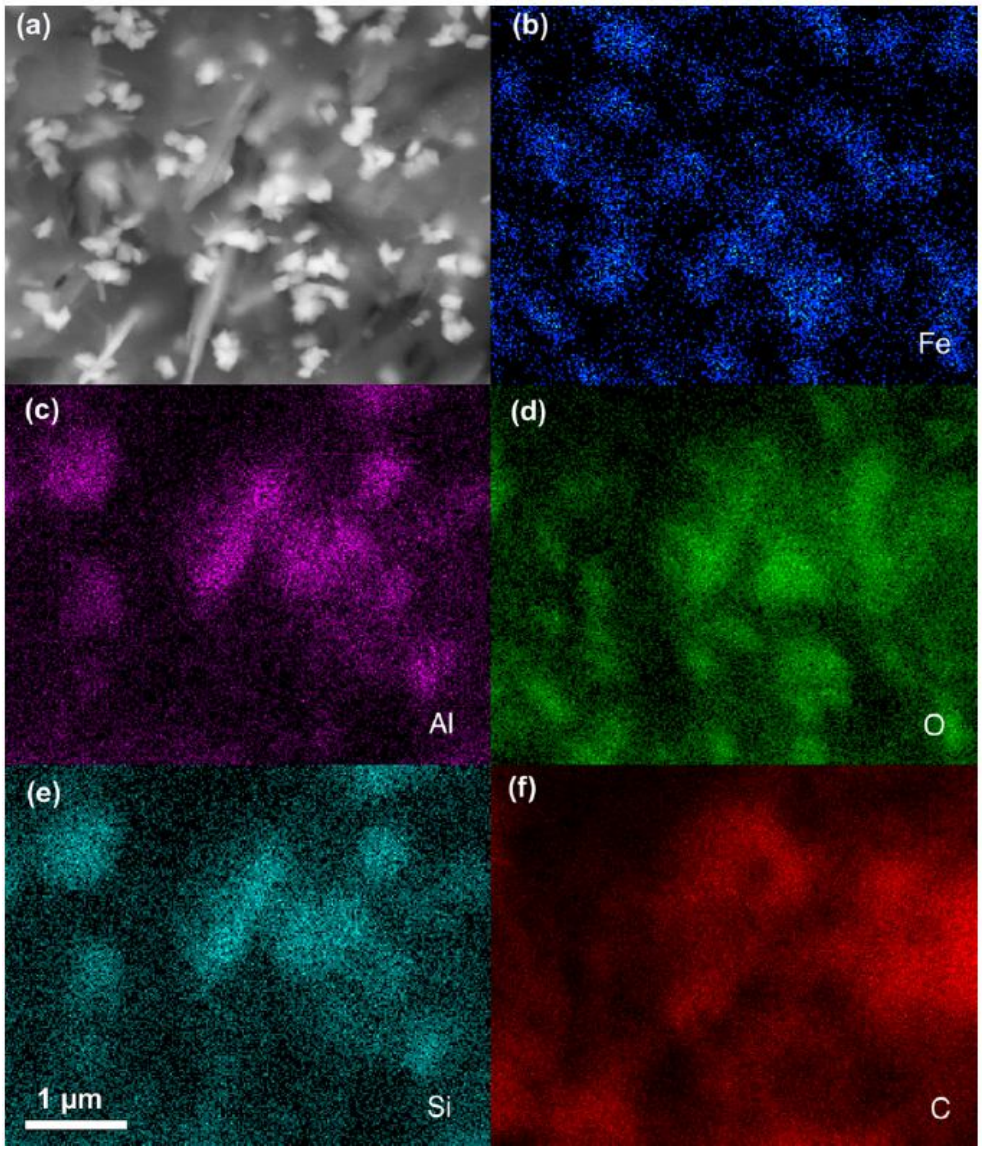


Abb. (10): Abbildung (10a) zeigt eine RE-Aufnahme einer Bruchfläche der roten Schicht eines rot/grauen Plättchens aus Staubprobe 1. Die Abbildungen (10b) – (10f) zeigen EDXS-Karten dieser Bruchfläche. Die angezeigten Elemente sind: (b) Eisen/Fe, (c) Aluminium/Al, (d) Sauerstoff/O, (e) Silizium/Si, and (f) Kohlenstoff/C.

Um genauere Ergebnisse zu erhalten, wurden EDXS–Daten der unterschiedlichen Teilchen erfasst, indem ein fokussierter Elektronenstrahl direkt auf die unterschiedlichen Teilchen gerichtet wurde. Das Spektrum in Abbildung (**11a**) wurde erzeugt, indem der Elektronenstrahl auf eine Gruppe der plattenartigen Teilchen gerichtet wurde. Das Spektrum in Abbildung (**11b**) wurde von einer Gruppe der kleineren, in der RE-Aufnahme sehr hellen, polyedrischen Körnchen aufgenommen. Es wurde erneut festgestellt, dass die dünnen plattenartigen Teilchen aluminium- und siliziumreich sind, wohingegen die sehr hell erscheinenden polyedrischen Körnchen eisenreich sind. Beide Spektren (**11a und 11b**) zeigen signifikante Peaks für Kohlenstoff und Sauerstoff. Dies könnte zu einem Teil daran liegen, dass die Anregungstiefe des Elektronenstrahls zu einem überlappenden Röntgensignal führte, welches sowohl in der Grundmasse als auch in unter der Oberfläche befindlichen Teilchen erzeugt wurde. Die verwendete Beschleunigungsspannung von 20 kV führt dazu, dass das Volumenelement, in welchem das Röntgensignal erzeugt wird, größer ist als das Volumen der angepeilten Teilchen. Daher kann es sein, dass es sich bei den nachgewiesenen Aluminium und Silizium (siehe Spektrum in Abbildung **11b**) gar nicht um inhärente Bestandteile der polyedrischen Körnchen handelt, und dass auch das in geringer Menge nachgewiesene Eisen (siehe Spektrum in Abbildung **11a**), gar kein inhärenter Bestandteil der plattenartigen Teilchen ist.

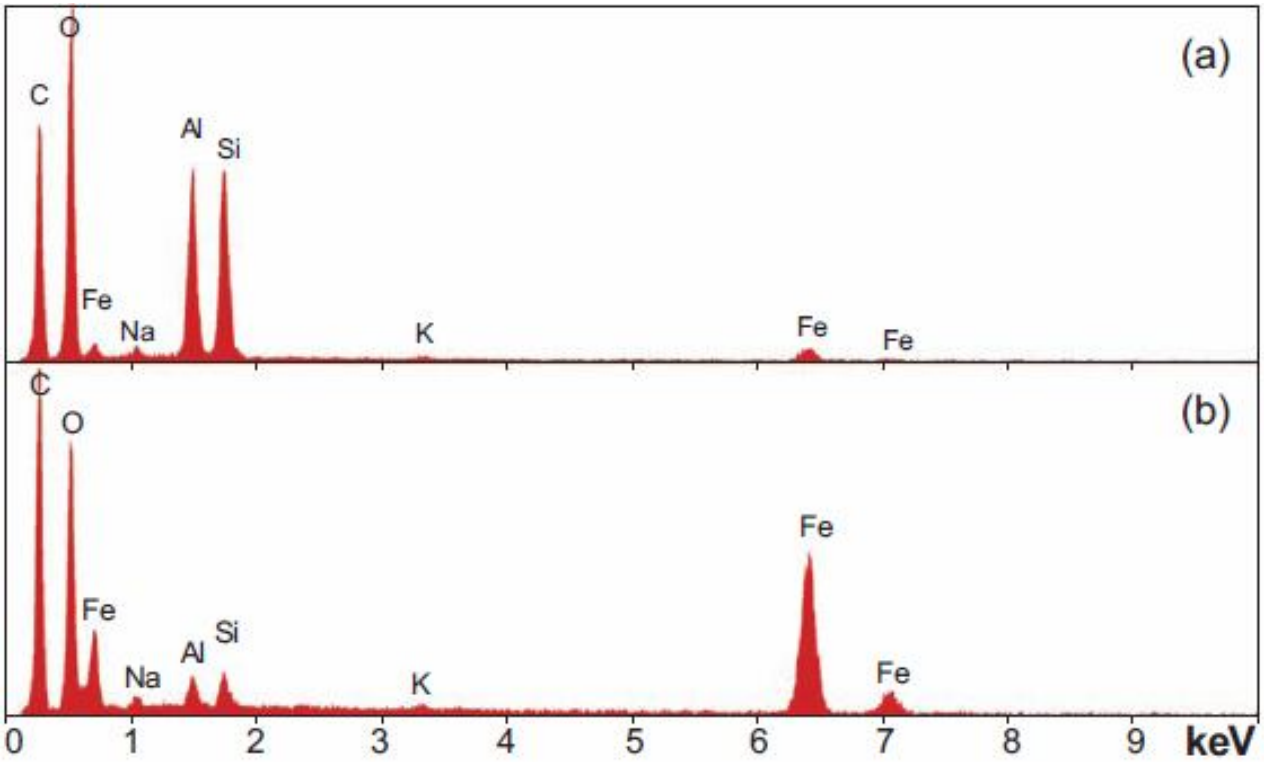


Abb. (11): EDX-Spektren von einer Gruppe solcher dünner plattenartigen Teilchen (a), sowie von einer Gruppe solcher weißlicher Partikel (b) wie sie auf den mit starker Vergrößerung gemachten RE-Aufnahmen der roten Schicht zu sehen sind (siehe Abbildungen 8a – 8d).

Die einheitlich polyedrische Erscheinung der stark eisenhaltigen Körnchen und deren einheitlich rhombische Seitenflächen [Engl.: rhombic-shaped, faceted appearance] legen es sehr nahe, dass es sich bei den Körnchen um eine kristalline Substanz handelt. Basierend auf den ausgeführten Ergebnissen steht fest, dass sich die rot/grauen dünnen Plättchen aus den verschiedenen WTC-Staubproben in ihrer chemischen Zusammensetzung und in ihrem strukturellen Aufbau außerordentlich ähnlich sind. Es wurde auch nachgewiesen, dass es in der roten Schicht eine enge Vermischung der eisenreichen Körnchen mit den plattenartigen Aluminium/Silizium-Teilchen gibt, und dass die Körnchen und die plattenartigen Teilchen in eine kohlenstoffreiche Grundmasse eingebettet sind.

2. Untersuchung der roten Schicht unter Verwendung des Lösungsmittels Methylethylketon
Die chemische Zusammensetzung der in der roten Schicht zu findenden unterschiedlichen Teilchen konnte genauer bestimmt werden, indem das Material in die unterschiedlichen Bestandteile aufgetrennt wurde. Das anfängliche Ziel war es, das Materialverhalten der roten Schicht mit dem Materialverhalten von Farbe [Engl.: paint] zu vergleichen. [Anm.d. Übers.: Der im Englischen verwendete Begriff "paint", hier und im Folgenden übersetzt mit "Farbe", schließt auch konventionelle Anstriche im weiteren Sinne des Wortes ein.] Dazu wurden beide Stoffe in ein starkes organisches Lösungsmittel eingelegt, von dem bekannt ist, dass es Farbe aufweicht und an- oder auflöst. Rot/graue dünne Plättchen wurden unter häufigem Bewegen für 55 Stunden in Methylethylketon (MEK) eingelegt, und anschließend für mehrere Tage an der Luft getrocknet. Die rote Schicht der Plättchen war nach dieser Behandlung deutlich aufgequollen, doch zeigte sich keine offensichtliche Auflösung. Im deutlichen Gegensatz dazu wurden Farbplättchen aufgeweicht, sowie teilweise aufgelöst, wenn sie in gleicher Weise in MEK eingelegt wurden. Es stellte sich nach der MEK-Behandlung heraus, dass es in dem roten Material der Plättchen zu einer signifikanten Migration und Abscheidung von Aluminium gekommen war. Dies erlaubte es uns zu untersuchen, ob ein Teil des Aluminiums in elementarer Form vorliegt.

Das dünne Plättchen, welches für dieses Experiment benutzt wurde, war aus Staubprobe 2 entnommen worden. Es ist auf den untenstehenden Abbildungen gezeigt. Abbildung (**12a**) zeigt eine SE-Aufnahme des dünnen Plättchens bevor es in MEK eingelegt wurde. Es ist so positioniert, dass sich die Berührungsfläche von roter und grauer Schicht annähernd parallel zur Bildebene befindet. Abbildung (**12b**) zeigt eine RE-Aufnahme von dem Plättchen nachdem es in MEK eingelegt worden war. Man beachte, dass das Plättchen während der MEK-Behandlung und bei Berührung zerbrach. Auf dieser Aufnahme sind rote Schicht und graue Schicht nebeneinander zu sehen, die Berührungsfläche der beiden Schichten steht senkrecht, die graue Schicht befindet sich rechts im Bild. Nach Augenschein ließ sich erkennen, dass die rote Schicht des Plättchens über der grauen Schicht auf ungefähr das Fünffache ihrer ursprünglichen Dicke aufgequollen war. Die lichtmikroskopische Aufnahme in Abbildung (**13**) zeigt ebenfalls das Plättchen nach der MEK-Behandlung. Man kann erkennen, dass die rote Schicht über der grauen Schicht an Dicke zugenommen hat.

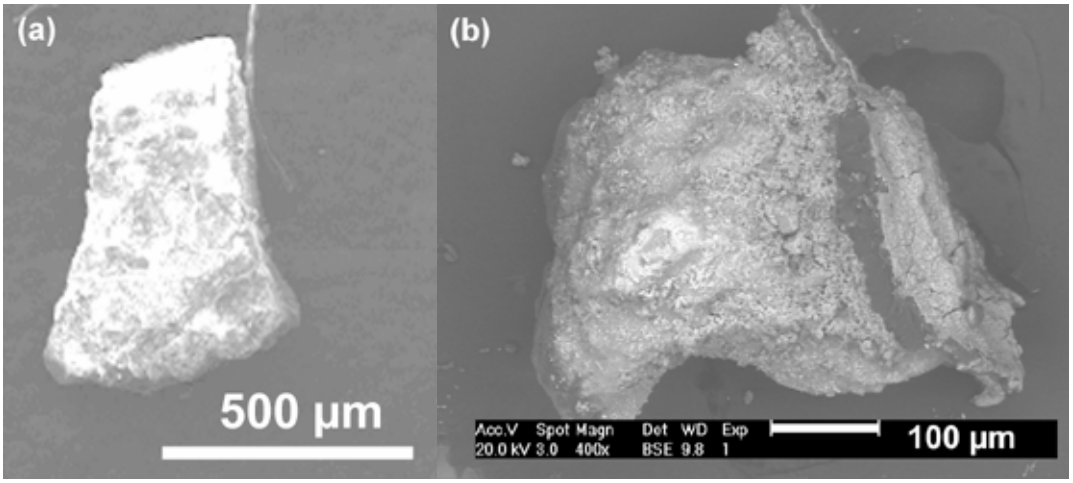


Abb. (12): SE-Aufnahmen des rot/grauen Plättchens, welches für 55 Stunden in Methylethylketon eingelegt wurde; (a) vor der Behandlung, und (b) nach der Behandlung mit MEK.

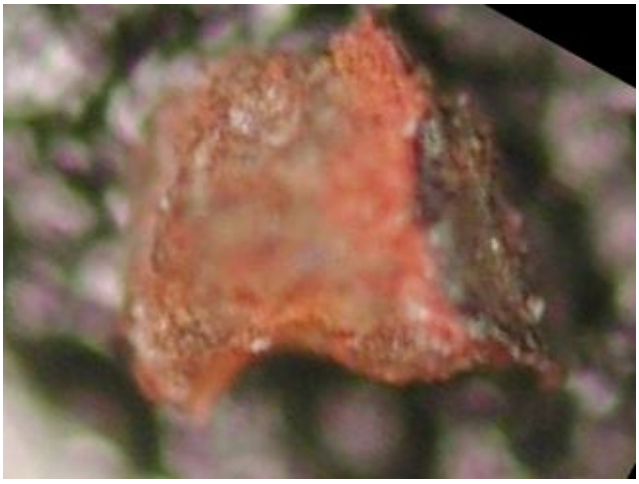


Abb. (13): Lichtmikroskopische Aufnahme des mit MEK behandelten rot/grauen Plättchens.

Vor dem Einlegen des dünnen Plättchens in MEK war von einem Bereich der Oberfläche der roten Schicht ein EDX-Spektrum aufgenommen worden. Das in Abbildung (**14**) gezeigte resultierende Spektrum weist die erwarteten Peaks für Eisen/Fe, Silizium/Si, Aluminium/Al, Sauerstoff/O, und Kohlenstoff/C auf. Weitere Peaks zeigten sich für Kalzium, Schwefel, Zink, Chrom und Kalium. Das Vorhandensein dieser Elemente könnte auf eine Oberflächenkontamination zurückzuführen sein, da die Analyse auf der ungereinigten Oberfläche der roten Schicht durchgeführt wurde. Die hohen Peaks für Kalzium und Schwefel könnten sich auf eine Kontamination durch Gips von pulverisierten Gipskartonplatten aus den Gebäuden zurückführen lassen.

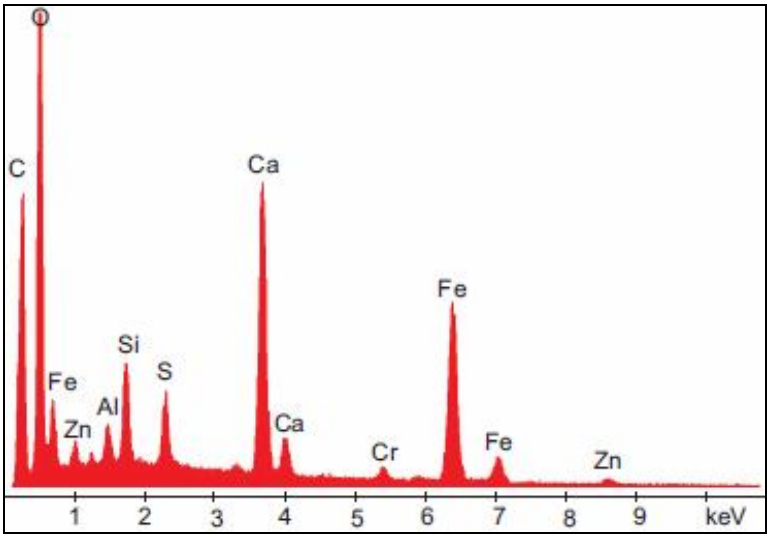


Abb. (14): EDX–Spektrum der roten Schicht vor dem Einlegen in MEK. Man beachte die Präsenz von Zink und Chrom. Beide Elemente waren wiederholt in den roten Schichten nachzuweisen. Die hohen Peaks für Kalzium und Schwefel könnten sich auf eine Oberflächenkontamination durch Gipskartonplattenmaterial zurückführen lassen.

Mit einer Beschleunigunsspannung von 10 kV wurden EDXS-Karten des aufgequollenen roten Materials erstellt, um die nach der MEK-Behandlung gegebene räumliche Verteilung der verschiedenen Elemente feststellen zu können. Die in Abbildung (**15**) gezeigten Messergebnisse repräsentieren Bereiche wo Eisen, Aluminium, und Silizium konzentriert vorliegen. Die Messwerte zeigen an, dass in Bereichen mit hoher Silizium- oder Eisenkonzentration auch Sauerstoff konzentriert ist. Andererseits gibt es auch Bereiche, wo

Aluminium konzentriert ist, ohne dass ein entsprechend hoher Sauerstoffanteil vorliegt. Zur Bestätigung dieser Beobachtungen, sowie zur quantitativen Bestimmung der Anteile der einzelnen Elemente wurden EDX-Spektren von typischen Bereichen mit hoher Silizium-, Aluminium- beziehungsweise Eisen-Konzentration aufgenommen (siehe unten).

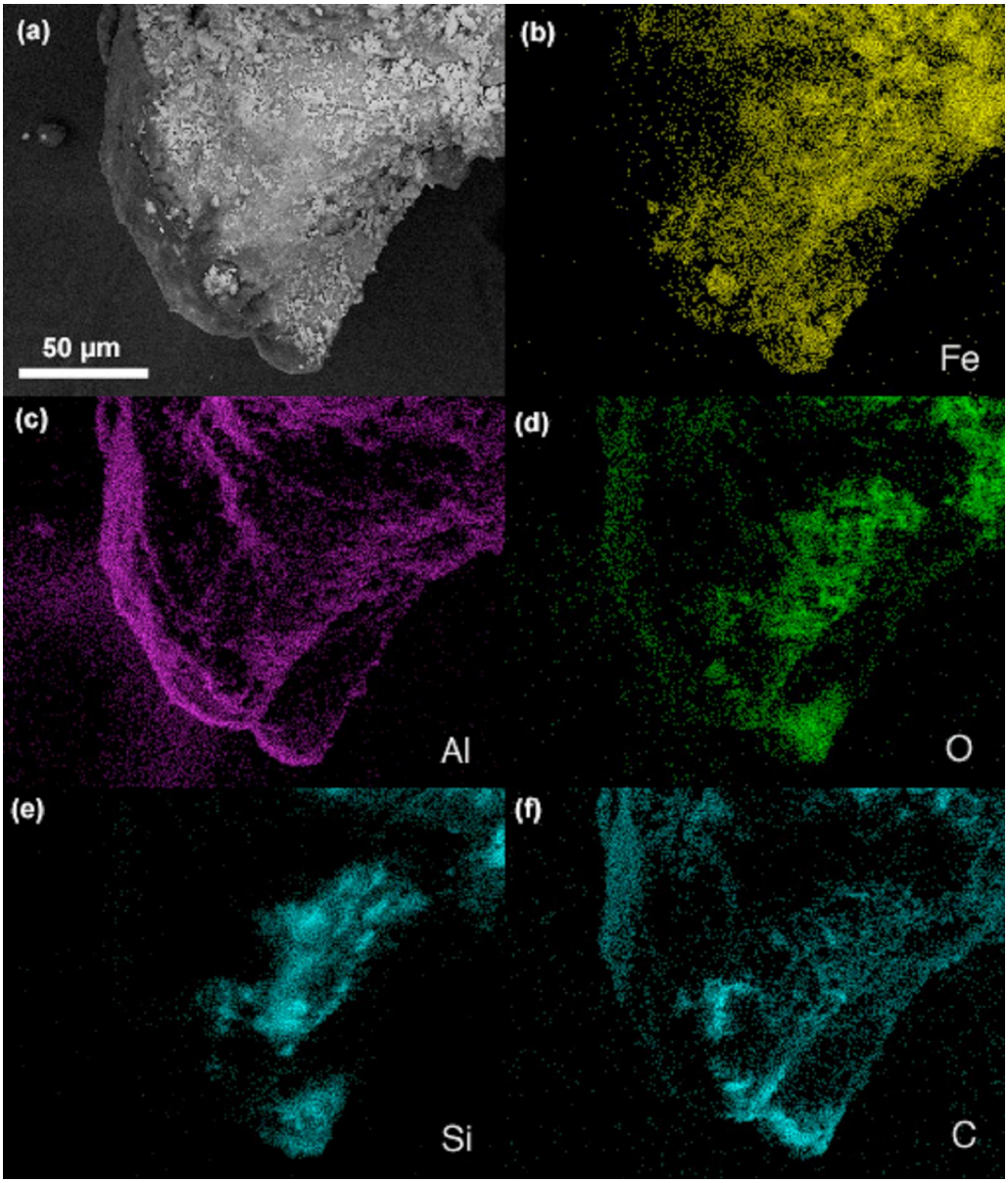


Abb. (15): (a) RE-Aufnahme und (b) – (f) dazugehörige EDXS-Karten der roten Schicht des Plättchens, welches für 55 Stunden in Methylethylketon eingelegt war. Gezeigt sind hier die Karten für (b) Eisen/Fe, (c) Aluminium/Al, (d) Sauerstoff/O, (e) Silizium/Si, und (f) Kohlenstoff/C.

Als der Elektronenstrahl auf einen siliziumreichen Bereich gerichtet wurde fanden wir Silizium und Sauerstoff, aber nur wenig an anderen Elementen (Abbildung **16**). Der zu untersuchende Bereich wurde mittels der EDXS-Karte für Silizium (siehe Abb. **15e**) ausgewählt. Offensichtlich hatte das Lösungsmittel die Struktur der Grundmasse, die die verschiedenen Teilchen fixiert, beeinträchtigt, so dass es zu einer gewissen Migration und Separierung der Bestandteile kommen konnte. Das ist ein wichtiges Ergebnis, denn es bedeutet, das Aluminium und Silizium nicht chemisch miteinander verbunden sind.

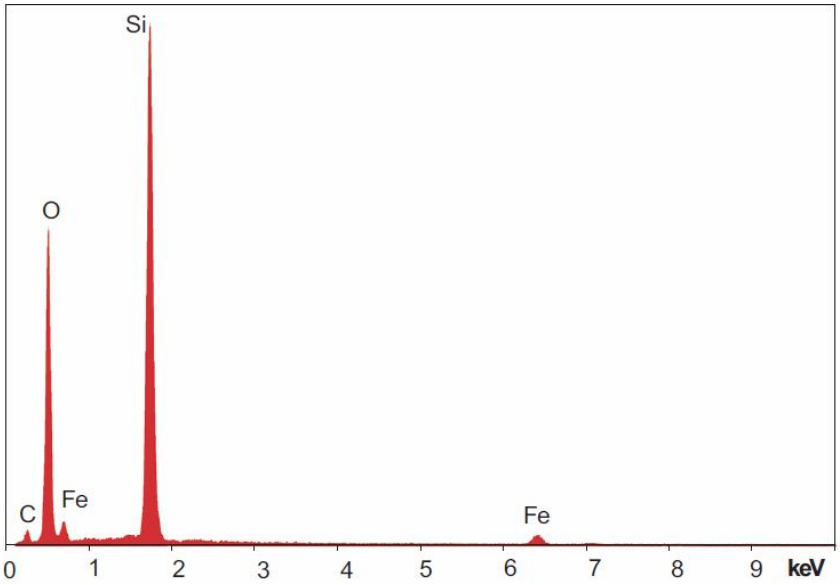


Abb. (16): EDX–Spektrum eines siliziumreichen Bereiches auf der porösen roten Grundmasse des mit Methylethylketon behandelten roten Materials.

Das EDX-Spektrum in Abbildung (**17**) wurde von einem Bereich mit hoher Aluminiumkonzentration gemacht. Unter Verwendung eines etablierten Verfahrens zur quantitativen Analyse wurde festgestellt, dass die Menge des vorliegenden Aluminiums die Menge des vorliegenden Sauerstoffs signifikant übersteigt (im Verhältnis von ungefähr 3:1). Demzufolge, während ein Anteil des Aluminiums oxidiert sein mag, ist nicht ausreichend Sauerstoff vorhanden, als dass das gesamte Aluminium an Sauerstoff gebunden vorliegen könnte; ein Teil des Aluminiums muss deshalb in dem roten Material in elementarer Form vorhanden sein. Das ist ein bedeutendes Resultat. Aluminiumpartikel sind unabhängig von ihrer Größe mit einer Schicht aus Aluminiumoxid überzogen, deshalb ist es in Anbetracht des sehr hohen Oberflächen- zu Volumenverhältnisses dieser sehr kleinen Partikel begründet, dass ein erheblicher Sauerstoffanteil zusammen mit dem Aluminium vorzufinden ist.

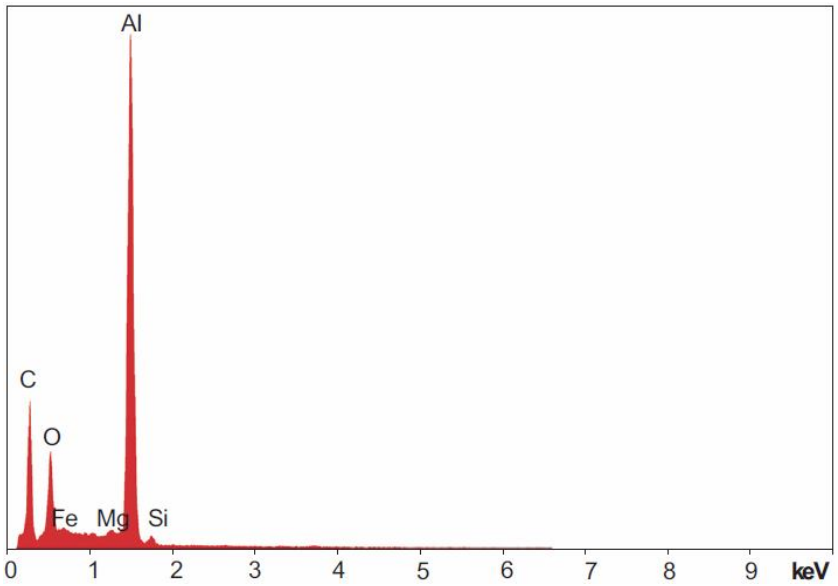


Abb. (17): Mit einer Beschleunigungsspannung von 10 kV erzeugtes EDX-Spektrum eines Bereiches der mit Methylethylketon behandelten roten Schicht. Das betrachtete Volumenelement der Probe befindet sich in einem Bereich, der eine hohe Aluminiumkonzentration aufweist.

Danach wurde ein Bereich mit besonders hoher Eisenkonzentration analysiert, dies erbrachte das in Abbildung (**18**) gezeigte EDX-Spektrum.

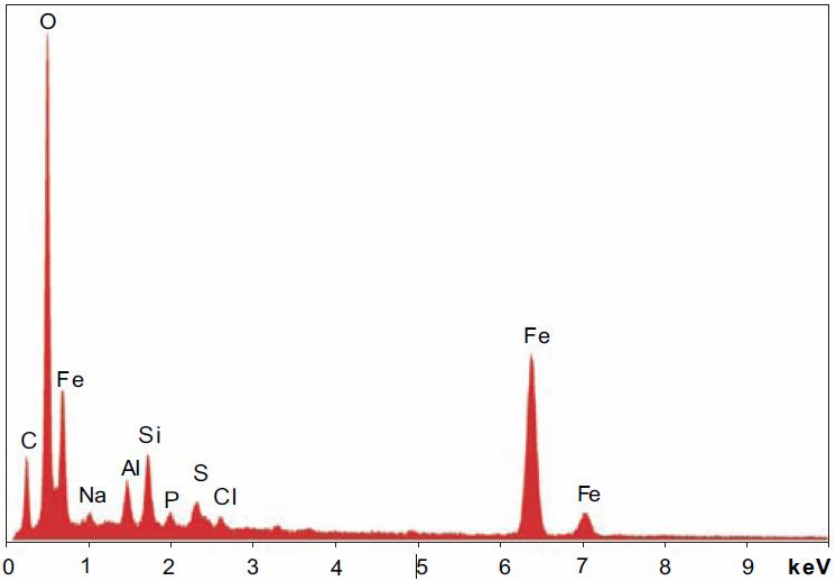


Abb. (18): Ein mit einer Beschleunigungsspannung von 15 kV aufgenommenes EDX-Spektrum eines Bereiches der mit Methylethylketon behandelten roten Schicht. Das betrachtete Volumenelement der Probe befindet sich in einem Bereich, der eine hohe Eisenkonzentration aufweist.

Sauerstoff lässt sich sehr beständig in hoher Konzentration zusammen mit Eisen in dem roten Material nachweisen, selbst nachdem das Material in Methylethylketon-Lösungsmittel eingelegt worden war (Abbildung **15**). Auf dem in Abbildung (**18**) gezeigten Spektrum ist ein Sauerstoff-Überschuss im Verhältnis zu Eisen festzustellen.

Basierend auf einer quantitativen Auswertung der EDX-Spektren unter Berücksichtigung einer Bindung von Anteilen des Sauerstoffs an in Spuren vorhandene andere Elemente, lässt sich für das Spektrum in Abbildung (**18**) ein Eisen/Sauerstoff Verhältnis von ungefähr 2:3 feststellen. Dies weist nach, dass das Eisen oxidiert ist und offenbar in der Oxidationsstufe III vorliegt, was anzeigt, dass Fe_2O_3 vorhanden ist, oder vielleicht ein Eisen-(III)-Sauerstoff-verbrücktes Polymer.

Um die zur quantitativen Auswertung verwendete Methode zu überprüfen, wurden Tests mit reinem Eisen-(III)-oxid durchgeführt. Es konnte festgestellt werden, dass die verwendete Methode konsistente und reproduzierbare Ergebnissen für die Mengenanteile von Eisen und Sauerstoff liefert. Insbesondere führten wir acht 50-Sekunden-Messungen an Fe_2O_3 Proben durch. Wir erhielten konsistente Ergebnisse für Eisen (± 6.2%, 1 sigma) und für Sauerstoff (± 3.4%, 1 sigma) bei einem Sauerstoff/Eisen-Verhältnis, welches konsistent in der Nähe des zu erwartenden Wertes von 1,5 lag.

Das Vorhandensein von Eisenoxid und elementarem Aluminium führt zu der naheliegenden Hypothese, dass das Material Thermit enthalten könnte. [Anm. d. Übers.: Thermit ist eine Mischung aus Eisenoxid und Aluminiumpulver (in der üblicherweise verwendeten Mischung). In einer stark exothermen Reaktion reagiert diese Mischung zu Aluminiumoxid und Eisen. Das Eisen liegt aufgrund der freiwerdenden Energie in flüssiger Form vor.] Zur Überprüfung dieser Hypothese waren weitere Untersuchungen nötig. Zum Beispiel stellte sich die Frage, wie sich das Material verhält, wenn es in einem nachweisempfindlichen Kalorimeter erhitzt wird. Wenn ein Material bei einem solchen Test nicht heftig reagiert, dann könnte der Einwand vorgebracht werden, dass das Material kein wirkliches Thermit sei, auch wenn die *Bestandteile* von Thermit vorhanden sind.

3. Thermische Analyse mittels Differential-Scanning-Kalorimetrie

Die rot/grauen dünnen Plättchen wurden in einem Differential-Scanning-Kalorimeter (DSC) erhitzt. Die in Abbildung (**19**) dargestellten Messergebnisse zeigen, dass sich alle getesteten rot/grauen Plättchen (aus verschiedenen WTC-Staubproben) im Temperaturbereich von 415-435 °C entzündeten. Die für jedes exotherme Ereignis freigesetzte Energie kann mittels des Integrals über der Zeit unter dem scharfen Peak abgeschätzt werden. Es konnte abgeschätzt werden, dass die pro Ereignis jeweils freigesetzte Energie ungefähr 1,5 kJ/g, 3 kJ/g, 6 kJ/g und 7.5 kJ/g betrug (hier nach der Höhe der Peaks geordnet angegeben, beginnend mit dem kleinsten Peak). Schwankungen in der Höhe der Peaks, als auch bezüglich der geschätzten freigesetzten Energie sind nicht überraschend, da die zur Messbereichsfestsetzung verwendete Masse auch Masse der grauen Schicht einschloss. Es wurde festgestellt, dass die graue Schicht zum Großteil aus Eisenoxid besteht, so dass sie höchstwahrscheinlich nicht zu den exothermen Ereignissen beitrug; gleichzeitig variierte aber der Anteil der grauen Schicht an der Gesamtmasse in den einzelnen Plättchen stark.

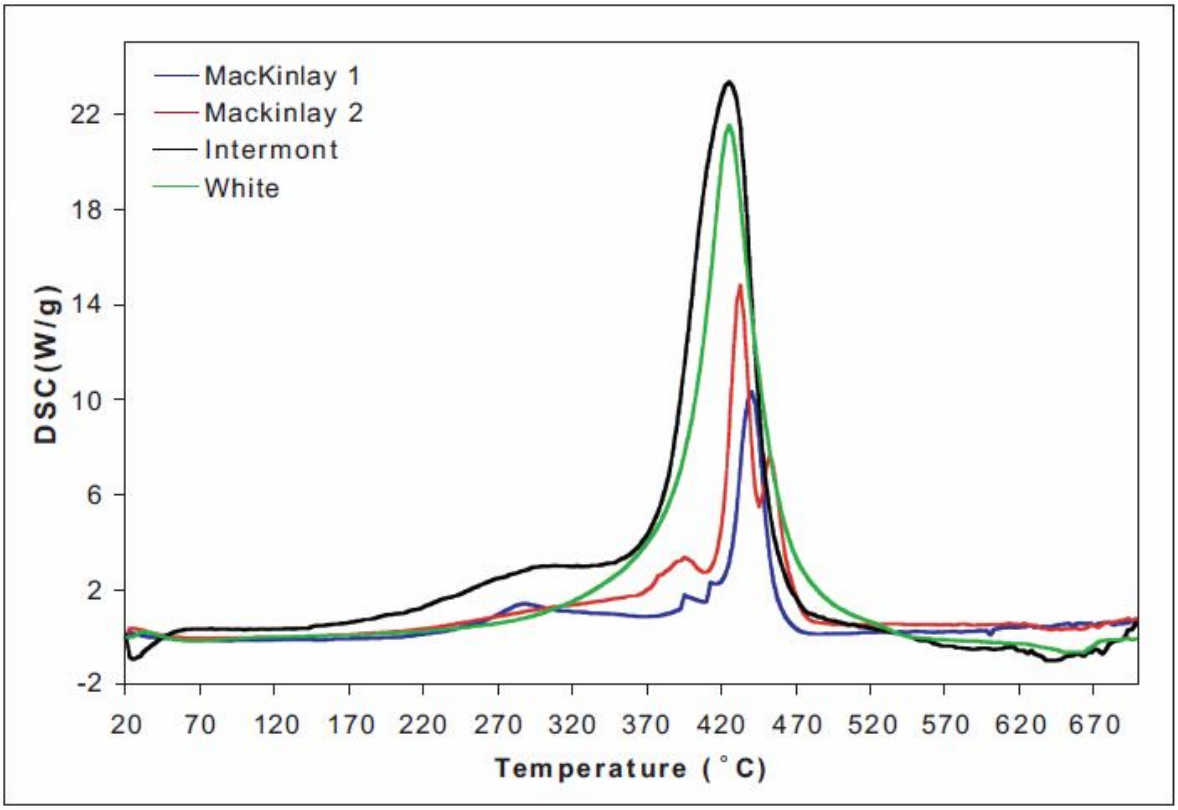


Abb. (19): Messkurve des Differential-Scanning-Kalorimeters (DSC) für vier Proben von aus dem gesammelten WTC-Staub isolierten rot/grauen Plättchen.

4. Beobachtung der Bildung von stark eisenhaltigen Kügelchen nachdem sich die rot/grauen Plättchen in einem Differential-Scanning-Kalorimeter umgesetzt hatten

In den im Differential-Scanning-Kalorimeter nach der Umsetzung vorgefundenen Rückständen wurden poröses, verkohltes Material, sowie zahlreiche Mikrokügelchen und kugelähnliche Gebilde (Spheroide) festgestellt. Viele dieser Mikrokügelchen und Spheroide wurden analysiert. Es wurden eisenreiche Mikrokügelchen nachgewiesen, diese erscheinen unter dem Lichtmikroskop glänzend und silbrig, sowie siliziumreiche Mikrokügelchen, diese erscheinen durchsichtig oder lichtdurchlässig, wenn sie bei Weisslicht betrachtet werden; siehe dazu die mit einem Nikon-Mikroskop gemachten lichtmikroskopischen Aufnahmen (Abb. **20**).

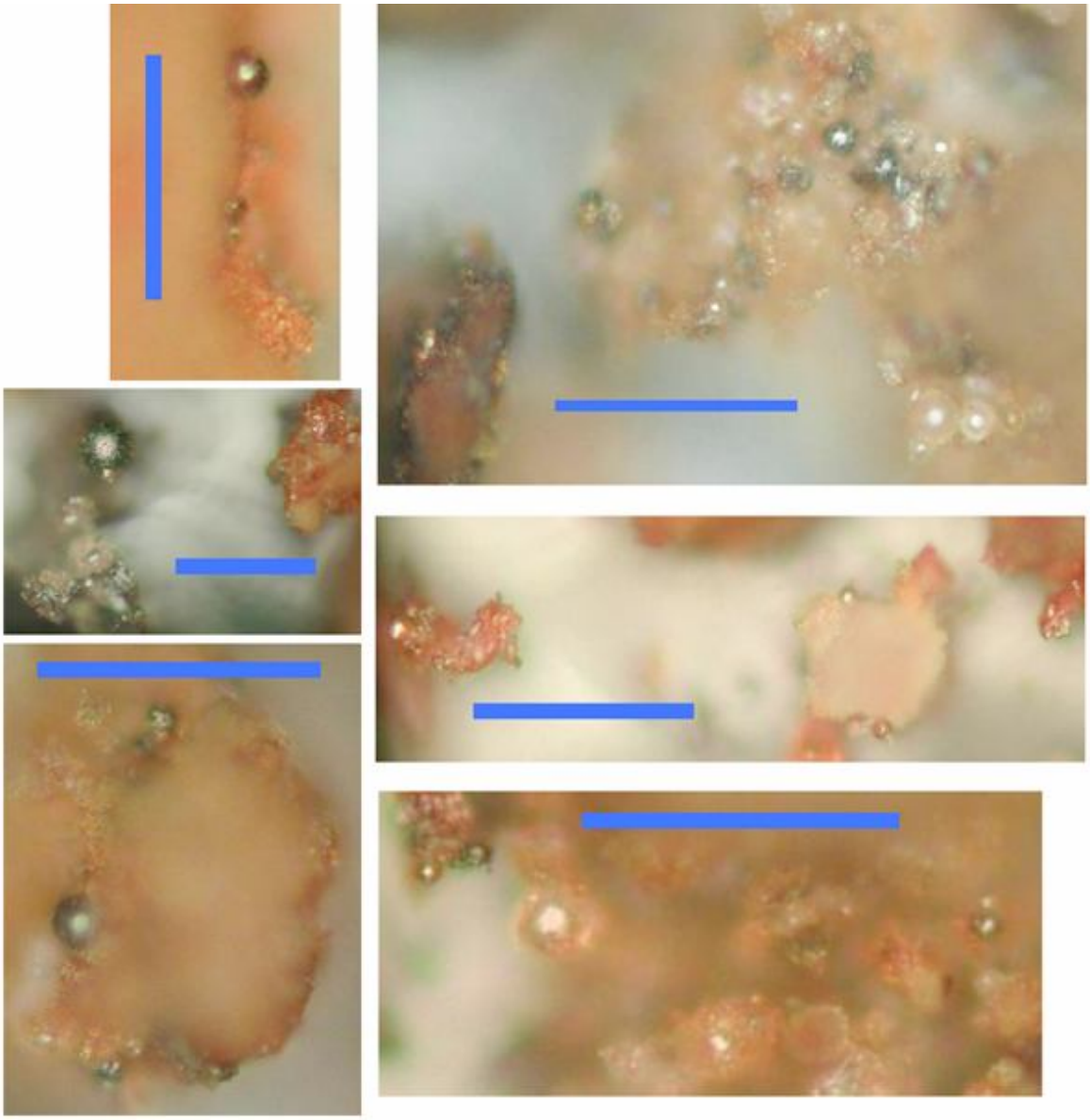
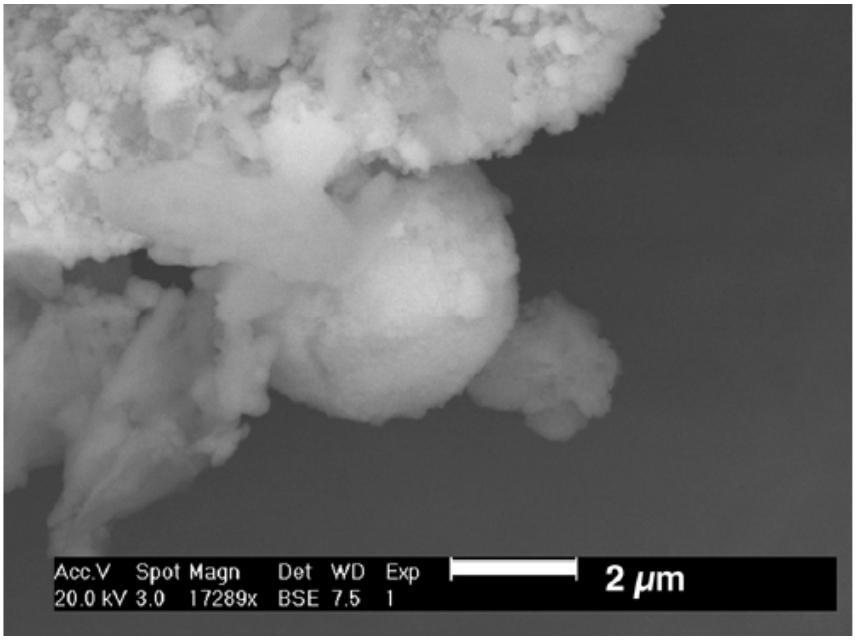


Abb. (20): Lichtmikroskopische Aufnahmen von Rückständen rot/grauer Plättchen, die sich im DSC entzündet hatten. Man beachte die metallisch-glänzenden, sowie auch die lichtdurchlässigen Kügelchen. Die Länge der blauen Maßstabsbalken beträgt 50 Mikrometer.

Die reichlich vorhandenen eisenreichen Kügelchen sind hier von besonderem Interesse; keines dieser Kügelchen war vor der DSC-Erhitzung auf den einzelnen dünnen Plättchen festgestellt worden. In Anbetracht der hohen Schmelzpunkte von Eisen und Eisenoxid [5] beweisen die eisenreichen Kügelchen bereits, dass sehr hohe Temperaturen erreicht wurden. Diese Temperaturen müssen weit über der am DSC als maximale Erhitzungstemperatur eingestellten Temperatur von 700 °C gelegen haben. Diese hohen Temperaturen zeigen, dass eine chemische Reaktion stattgefunden haben muss.

Mittels RE-Aufnahmen wurden eisenreich erscheinende Kügelchen aus den im DSC vorgefundenen Reaktionsrückständen ausgewählt. Ein Beispiel für ein solches eisenreiches Kügelchen ist auf der RE-Aufnahme in Abb. (**21**) zusammen mit dem dazugehörigen EDX-Spektrum dieses Kügelchens zu sehen.



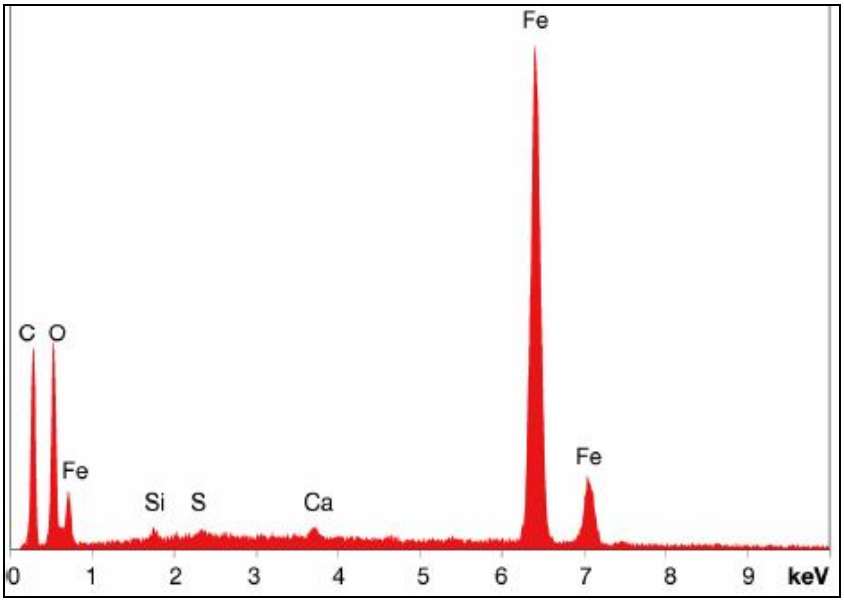


Abb. (21): Ein eisenreiches Spheroid, welches im DSC–Rückstand gefunden wurde, und das dazugehörige EDX–Spektrum. Der Kohlenstoff-Peak im Spektrum muss als nicht aussagekräftig interpretiert werden, da diese Probe mit einer dünnen Kohlenstoffbeschichtung versehen worden war, um ein Aufladen der Probe unter dem Elektronenstrahl auszuschließen.

Ein etabliertes Verfahren zur quantitativen Analyse wurde benutzt, um den Gehalt der einzelnen Elemente abzuschätzen. Im Falle des eisenreichen Spheroids von Abb. (**21**) übersteigt der Eisenanteil den Sauerstoffanteil ungefähr um den Faktor 2, daher muss eine beträchtliche Menge des Eisens in elementarer Form vorliegen. Dieses Ergebnis ergab sich auch bei der Untersuchung anderer eisenreicher Spheroide aus den DSC-Rückstandsproben, sowie bei der Untersuchung von in den Rückständen zu findenden eisenreichen Strukturen, die sich nicht zu Kügelchen geformt hatten. Es wurden Spheroide mit einem Eisen/Sauerstoff Verhältnis von bis zu ca. 4:1 festgestellt. In den DSC–Rückständen wurden auch eisenreiche Kügelchen gefunden, die neben Eisen auch Aluminium und Sauerstoff enthielten (siehe unten, Abschnitt “Diskussion”).

Dass es tatsächlich aufgrund der rot/grauen dünnen Plättchen zu Thermit-Reaktionen im Differential-Scanning-Kalorimeter kam, als die Plättchen dort durch die Methode der ansteigenden Temperatur zur Entzündung gebracht wurden, wird durch die Kombination folgender Beobachtungen bestätigt: (1) Bei ca. 430 °C treten stark energetische Reaktionen auf. (2) Es bilden sich eisenreiche Kügelchen. Dies bedeutet, dass das Produkt so heiß gewesen sein muss (über 1400 °C für Eisen sowie Eisenoxid), dass es flüssig vorlag. (3) Es bilden sich Kügelchen, Spheroide, sowie nicht kugelförmige Rückstände, in denen der Eisenanteil den Sauerstoffanteil übersteigt. [Anm. d. Übers.: Energetische Reaktion: eine Reaktion bei der sehr viel Energie in sehr kurzer Zeit freigesetzt wird.] In diesen Rückständen findet sich signifikant viel elementares Eisen, genauso wie man es nach einer thermitischen Redox-Reaktion zwischen Aluminium und Eisenoxid erwartet.

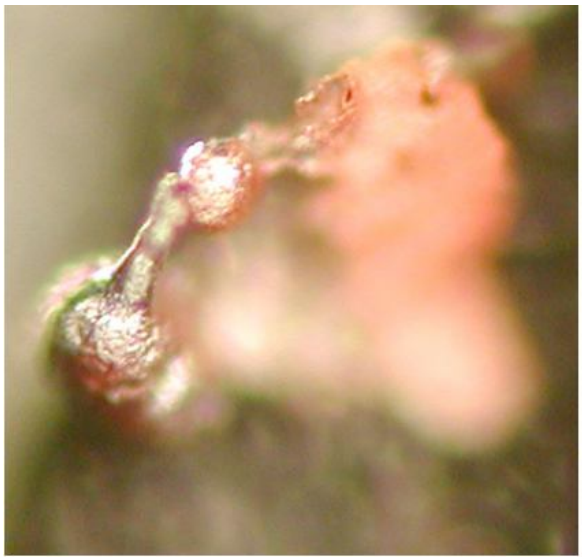
Die Beweise dafür, dass der WTC Staub reaktionsfähiges, stark energetisches thermitisches Material enthält, sind zwingend.
[Anm. d. Übers.: "energetic materials" ~ "energetische Materialien"; Es handelt sich um eine Sammelbezeichnung für Pyrotechnika, Treibladungen, und Explosivstoffe. Pyrotechnika sind Stoffe, die in einer energetischen Reaktion Hitze, Licht, Rauch und/oder Lärm erzeugen.]

5. Entzündungs- und Brenntests

Das im Rahmen dieser Studie benutzte DSC erlaubte keine Sichtkontrolle der energetischen Reaktion. Deshalb wurden auch Untersuchungen durchgeführt, in denen rot/graue Plättchen einer kleinen Oxyacetylenflamme ausgesetzt wurden. Die Proben wurden entweder auf einem Graphitblock liegend erhitzt (Abb. **22**), oder mit einer Pinzette in die Flamme gehalten. Auch mehrere Farbproben wurden in der heißen Flamme erhitzt. Die Farbproben wurden dabei jeweils umgehend zu Asche reduziert. Doch keines der rot/grauen Plättchen aus dem WTC–Staub wurde in der heißen Flamme zu Asche reduziert. Das erste der so getesteten rot/grauen Plättchen aus dem WTC-Staub hatte eine Größe von ca. 1 mm x 1 mm. Nachdem das Plättchen einige Sekunden erhitzt worden war, wurde der mit hoher Geschwindigkeit erfolgte Ausstoß eines heißen Teilchens unter der Hand der Person, die den Gasbrenner hielt, beobachtet (Abbildung **22**). Das intensive Aufleuchten und die strahlend orange Färbung des Teilchens bewiesen dessen hohe Temperatur. Der Versuch, dieses winzige Reaktionsprodukt zu finden, war erfolglos. Ein kurzer Videoclip des Experiments (einschließlich Zeitlupe) kann hier angesehen werden: http://journalof911studies.com/volume/2008/oxy_redchip_slow.mov

Abb. (22): Ein kleiner Gasbrenner wurde an ein winziges rot/graues Plättchen gehalten. Nach einigen Sekunden erfolgte der Ausstoß von Material. Auf der Videoaufnahme ist dieser Ausstoß von Material als oranger horizontaler Streifen sichtbar, der auf die Hand des Mitarbeiters zuläuft (Standbilder aus dem oben erwähnten Video).

In einem weiteren Entzündungs- und Brenntest konnte das Endprodukt geborgen werden. Abbildung (**23**) zeigt es in einer lichtmikroskopischen Aufnahme, sowie unter dem Rasterelektronenmikroskop. Die Bildung von eisenreichen Halbkügelchen zeigt auch hier wieder an, dass der Rückstand geschmolzen vorgelegen haben muss, da die flüssige Substanz durch die Oberflächenspannung in kugelige Formen gebracht werden konnte. Die mittels DSC-Analyse erbrachten Beweise belegen allerdings zwingender, dass tatsächlich eine Thermit-Reaktion stattgefunden hat, weil in diesem Fall eine Umsetzung festgestellt wurde, obwohl das Material auf nicht mehr als 430 °C erhitzt worden war.



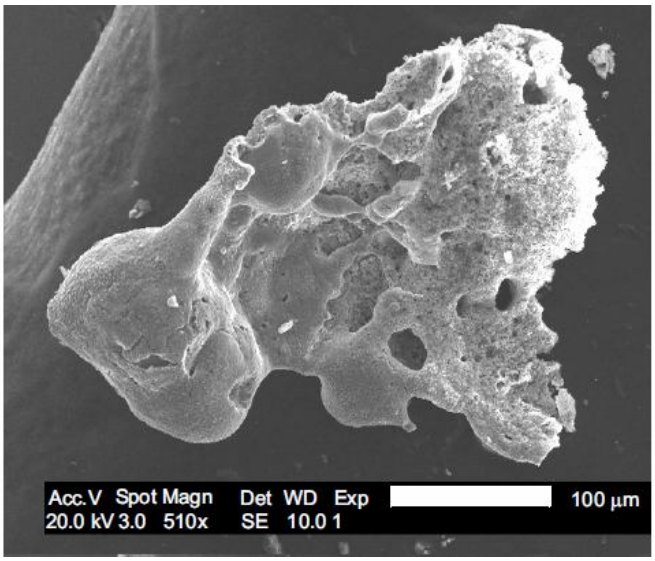


Abb. (23): Silbrig-graue Spheroide waren nach dem Brenntest eines rot/grauen Plättchens aus Probe 1 zu sehen, ein Teil des porösen roten Materials blieb erhalten (links). Rechts: Eine REM-Aufnahme dieser Spheroide und des porösen roten Materials.

DISKUSSION

Es wurde festgestellt, dass sämtliche untersuchte Staubproben rot/graue Plättchen enthalten. Die Plättchen zeichnen sich aus durch eine rote Schicht, in welcher mittels EDXS Kohlenstoff, Sauerstoff, Aluminium, Silizium und Eisen nachgewiesen wurden, sowie eine graue Schicht, worin hauptsächlich Eisen und Sauerstoff nachgewiesen wurden. Die Mengenverhältnisse, mit der diese Elemente in den einzelnen Schichten vorliegen, sind sich insbesondere dann ähnlich, wenn die Analyse an sauberen Bruchflächen ausgeführt wurde. Die Rückstreuelektronenaufnahmen machen die Konsistenz der roten Schichten sichtbar, da auf ihnen die Größe und Morphologie der Teilchen, welche in der Hauptmasse der roten Schicht enthalten sind, erkennbar sind. Die Ergebnisse zeigen klar die Ähnlichkeiten der rot/grauen Plättchen aus den verschiedenen Staubproben aller vier Fundorte.

Unsere Ergebnisse werfen eine Anzahl von Fragen auf.

1. Wie viel von dem energetischen roten Material überdauerte die Zerstörung des WTCs?

Der Anteil der rot/grauen Plättchen an der von J. MacKinlay gesammelten Probe wurde annäherungsweise bestimmt. Aus einer Staubprobe von 1,6 Gramm, aus welcher leicht erkennbare Fragmente von Glas und Beton bereits mit der Hand entfernt worden waren, wurden fünfzehn kleine Plättchen mit einer Gesamtmasse von 1,74 mg isoliert. Demnach betrug der Anteil der rot/grauen Plättchen am Gewicht des abgetrennten Staubes ca. 0,1%. Bei einer weiteren Stichprobe ließen sich 69 kleine, rot/graue Plättchen in einer Probe von 4,9 Gramm abgetrennten Staubs erkennen. Weitere Proben werden für eine Verfeinerung der Schätzung analysiert. Der Fall der WTC-Türme verursachte enorme Staubwolken, deren Gesamtgewicht schwer zu bestimmen ist. Aufgrund der in den Stichproben gefundenen Anteile rot/grauer Plättchen ist es aber klar, dass deren Gesamtmenge im Staub des WTC erheblich gewesen sein muss.

2. Ist das rote Material thermitisch?

Unsere Beobachtungen zeigen, dass das rote Material erhebliche Mengen an Aluminium, Eisen und Sauerstoff enthält, wobei diese Elemente sehr fein vermischt beziehungsweise in chemischer Bindung vorliegen. Im Material der in MEK eingelegten Probe lies sich deutlich eine Abscheidung von Aluminium feststellen, welches von den anderen Elementen weg abwanderte und sich ansammelte, und wir stellten fest, dass Eisenoxid und elementares Aluminium vorhanden sein müssen. Im den nach den Reaktionen im DSC vorgefundenen Rückständen fanden wir Kügelchen, die im Ausgangsmaterial nicht vorgelegen hatten. Viele dieser Kügelchen hatten einen hohen Eisenanteil, und elementares Eisen fand sich auch anderweitig im Reaktionsrückstand. Die DSC-Messkurven zeigen, dass die rot/grauen Plättchen bereits bei Temperaturen heftig reagieren, die sowohl unter dem Schmelzpunkt von Aluminium liegen, als auch unter der Entzündungstemperatur von ultrafeinkörnigem (UFG) Aluminium in Luft [18]. Diese Beobachtungen brachten uns das im Lawrence Livermore National Laboratory und anderswo hergestellte Nanothermit in Erinnerung. Die dazu vorhandenen Artikel beschreiben Nanothermit-Composites, die UFG-Aluminium und Eisenoxid in enger Mischung aufweisen, und die als Pyrotechnika oder Explosivstoffe Anwendung finden könnten [19-21]. In der typischen Thermit-Reaktion reagiert Aluminium mit einem Metalloxid, wie in dieser Reaktion von Aluminium mit Eisenoxid:

$2Al + Fe_2O_3 \rightarrow Al_2O_3 + 2Fe$ (geschmolzenes Eisen), $\Delta H = -853.5$ kJ/mol.

Handelsübliches Thermit verhält sich wie ein Brandsatz, wenn es angezündet wird [6]. Aber wenn die Ausgangsstoffe ultrafeinkörnig (UFG) und eng vermischt vorliegen, reagiert dieses “Nano-Thermit” sehr schnell, sogar explosiv, und wird mitunter als “Super-Thermit” bezeichnet [20, 22].

Wir würden das Material der roten Schicht gerne eingehend mit bekannten Super-Thermit Composites vergleichen, ebenso die jeweiligen Reaktionsprodukte. Da es High-Tech Thermit aber in zahlreichen Varianten gibt, muss dieser Vergleich auf eine zukünftige Studie verschoben werden. Hier seien einstweilen die Reaktionsrückstände der rot/grauen Plättchen mit den Reaktionsrückständen von handelsüblichem (Makro-) Thermit verglichen. Wir haben bei der Reaktion von Thermit beobachtet, dass viele Kügelchen und Spheroide gebildet werden, wenn ein Teil des geschmolzenen Reaktionsproduktes energisch zerstäubt wird. Tröpfchen des geschmolzenen Materials neigen aufgrund der Oberflächenspannung dazu kugelförmig zu werden. Da sie klein sind, kühlen sie rasch ab und werden, noch während sie durch die Luft fallen, fest. Daher bleibt ihre Kugelform erhalten.

Um Vergleiche der Reaktionsrückstände rot/grauer Plättchen mit den Reaktionsrückständen von handelsüblichem Thermit zu erleichtern, stellen wir hier die entsprechenden Aufnahmen sowie EDX-Spektren gegenüber.

Wir stellen fest, dass die spheroidförmigen Reaktionsrückstände der rot/grauen Plättchen (Abb. **25**, **26**) eine auffallend ähnliche chemische Signatur aufweisen wie ein typisches EDX-Spektrum der von handelsüblichem Thermit gebildeten Kügelchen (Abb. **24**). Diese Ähnlichkeit unterstützt unsere Hypothese, dass es sich bei dem roten Material der rot/grauen Plättchen tatsächlich um eine Form von Thermit handelt.

Neben den rot/grauen Plättchen sind von unserer Gruppe auch viele kleine Kügelchen im WTC-Staub gefunden worden. Wie bereits in einem früheren Artikel ausgeführt wurde, enthalten diese dieselben Elemente wie die Rückstände von Thermit [5]. Wir zeigen hier Aufnahmen von Kügelchen, die im WTC-Staub (Abb. **27**) gefunden wurden und ein repräsentatives EDX-Spektrum eines solchen Kügelchens (Abb. **28**). Man vergleiche die Aufnahmen und korrespondierenden repräsentativen Spektren für Kügelchen aus den Reaktionsrückständen von handelsüblichen Thermit, für Kügelchen aus den Reaktionsrückständen der rot/grauen Plättchen (siehe oben), sowie für Kügelchen aus dem WTC-Staub.

Aufnahmen von Kügelchen **EDX-Spektren der Kügelchen**

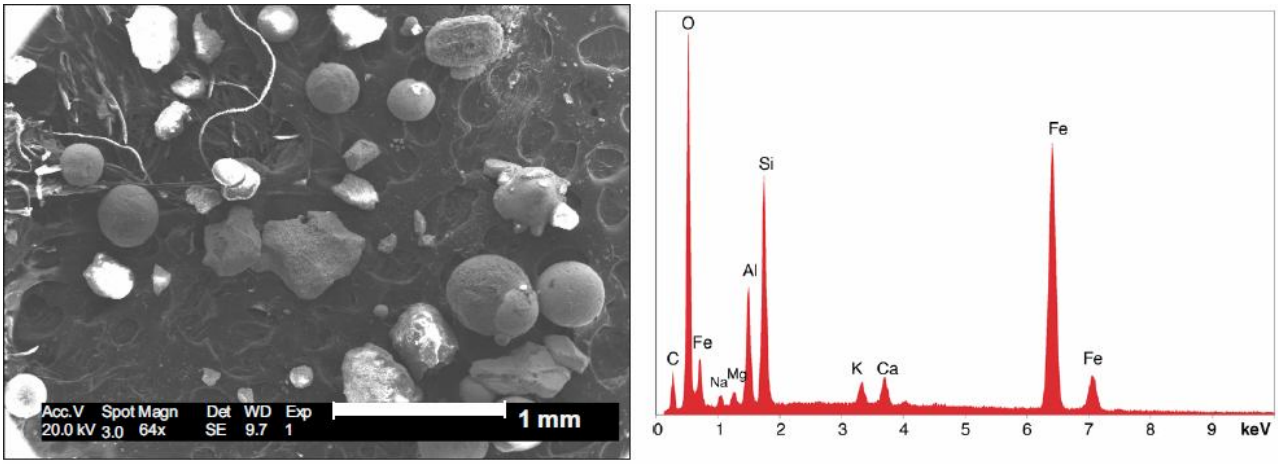


Abb. (24): Bei der Reaktion von handelsüblichem Thermit gebildete Kügelchen, mit dazugehörigem repräsentativen EDX-Spektrum.

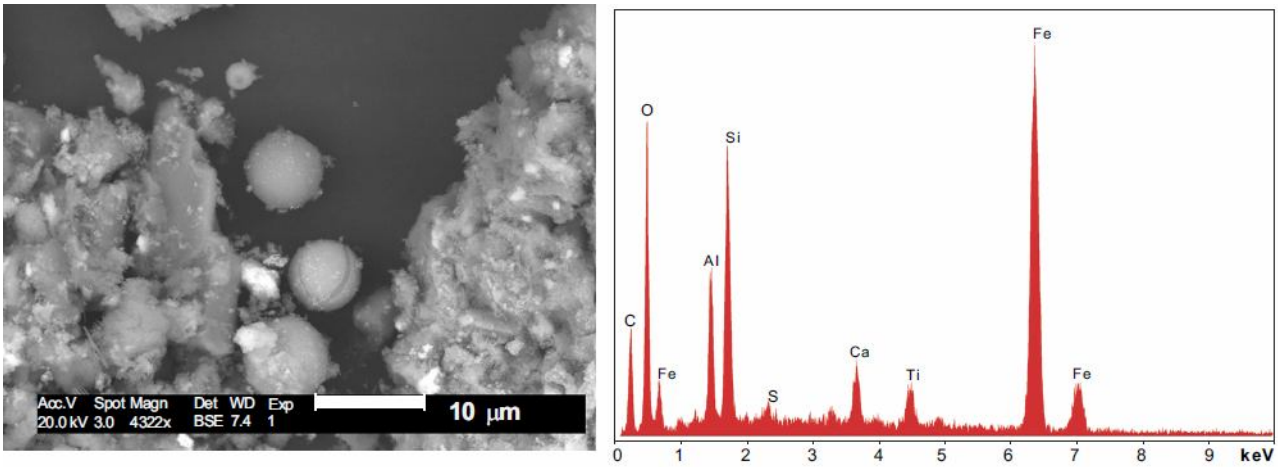


Abb. (25): Bei der Reaktion von rot/grauen Plättchen im DSC gebildete Kügelchen, mit dazugehörigem repräsentativen EDX-Spektrum. (Allerdings wurden auch Kügelchen, die hauptsächlich aus Eisen bestehen und wenig Sauerstoff enthalten, in den Rückständen gefunden).

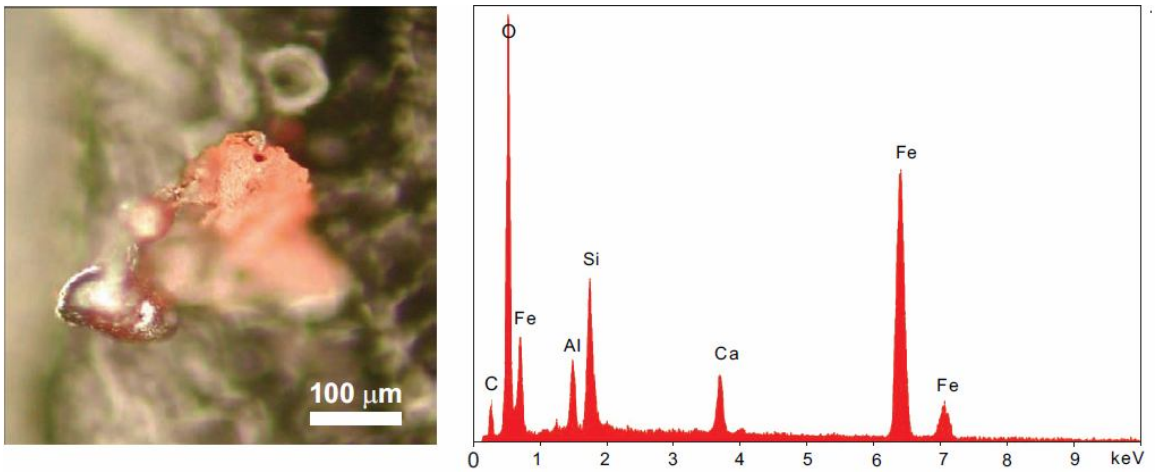
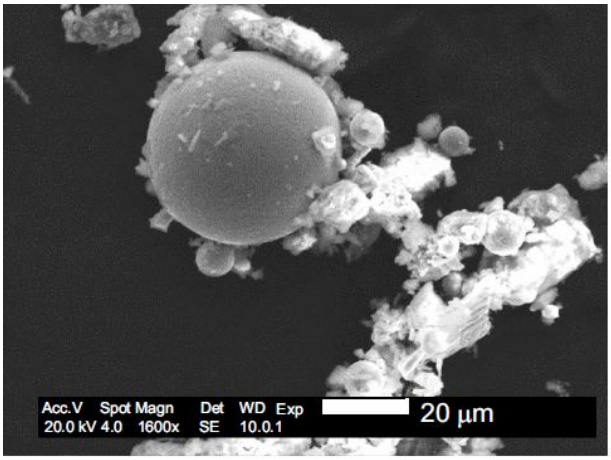


Abb. (26): Reaktionsrückstand eines rot/grauen Plättchens nach dem Brenntest; EDX-Spektrum des Mikrokügelchens, welches im Bild am weitesten links zu sehen ist.



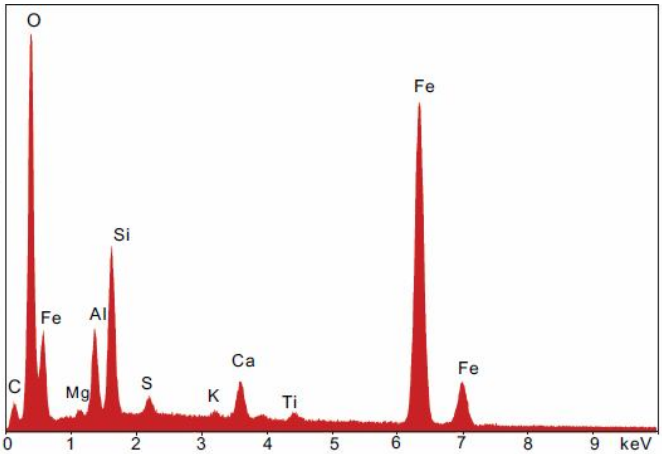


Abb. (27) und (28): Aus dem WTC-Staub isolierte Kügelchen.
EDX-Spektrum von einem der aus dem WTC-Staub isolierten Kügelchen.

3. Könnte es sich bei dem roten Material um nicht abreagiertes "Super-Thermit" handeln?

Wir haben bereits erwähnt, dass sich gewöhnliches Thermit bei der Entzündung wie ein Brandsatz verhält. Doch wenn die Ausgangsstoffe ultrafeinkörnig und eng vermischt vorliegen, reagiert die Thermit-Mischung sehr rasant, sogar explosiv [20]. So existiert eine stark energetische Variante von Thermit, bekannt als energetisches Nanocomposite oder "Super-Thermit". In dieser Variante liegen Aluminium und/oder Eisenoxid in einer Korngröße von nur ca. 100 nm oder kleiner vor, oft ist zusätzlich Silizium und Kohlenstoff vorhanden [19-28].

> "Bei Reaktionen von Aluminium und Metalloxiden, die in Nanogrößen vorliegen, können die Reaktionsgeschwindigkeiten signifikant höher sein als die, welche bei den traditionellen Mikrogröße-Thermitpulvern festgestellt werden. Bei den Reaktionen zwischen Nanogrößen Metall- und Metalloxidpulvern werden hohe Temperaturen (> 3000 K) erzeugt. Durch Vermischung von Aluminium- und Metalloxid-Nanopulvern gebildete Super-Thermite ziehen Geschwindigkeiten der Energiefreisetzung nach sich, die um zwei Größenordnungen höher liegen, als die ähnlicher, auf der Basis von Mikrogrößen-Ausgangsstoffen gebildeter Mischungen" [22].

Die rote Schicht der rot/grauen Plättchen ist deshalb von großem Interesse, weil sie Aluminium-, Eisen- und Sauerstoffanteile enthält, welche eng vermischt beziehungsweise in chemischer Bindung in einer Größenordnung von ca. 100 Nanometern (nm) oder weniger vorliegen. Nun vergleiche man eine Messkurve einer DSC-Analyse eines aus dem WTC-Staub isolierten rot/grauen Plättchens mit der Messkurve einer DSC-Analyse eines bekannten Super-Thermits (siehe Abbildung **29**).

Gewöhnliches Thermit entzündet sich erst bei einer weit höheren Temperatur (bei ca. 900 °C oder höher) und erzeugt in der DSC-Analyse einen deutlich flacheren und breiteren Peak als Super-Thermit [21]. Alle diese Fakten zeigen an, dass das im WTC-Staub gefundene thermitische Material eine Form von Nanothermit ist, und nicht gewöhnliches (Makro-) Thermit. Wir werden nicht versuchen, die spezielle Form des vorhandenen Nanothermits zu benennen, solange nicht mehr über das rote Material, und besonders über die Beschaffenheit des enthaltenen organischen Materials, in Erfahrung gebracht ist.

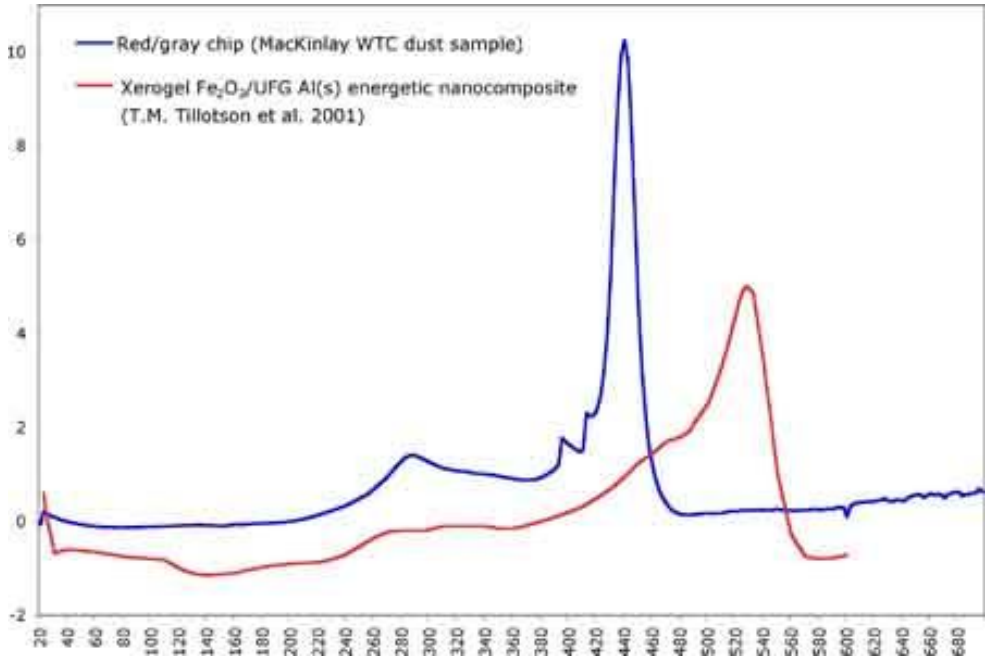


Abb. (29): DSC-Messkurve von Probe 1 (blauer Kurve) im Vergleich mit der DSC-Messkurve eines Fe_2O_3/UFG Al-Nanocomposite-Xerogels (aus Tillotson *et al.* [28]). Beide DSC-Messkurven zeigen, dass es bei Temperaturen von weniger als 560 °C zur Reaktion kam.

4. Existierte die Technologie zur Herstellung von stark energetischen Nanocomposites bereits vor dem 11. September 2001?

Wir finden die Antwort in einem auf April 2000 – dies war siebzehn Monate vor der Tragödie – datierten Artikel von Gash *et al.*:

> "Nanostruktur-Composites sind Mehrkomponenten-Materialien, bei welchen mindestens eine der Komponenten in einer oder mehreren Dimensionen (Länge, Breite, oder Dicke) im Nanometerbereich liegt, welcher von 1 nm bis 100 nm definiert ist. Energetische Nanocomposites sind eine Klasse von Materialien, in denen ein zu oxidierende Stoff und die Oxidationsmittelkomponente eng vermischt vorliegen, und bei dem die Größe von mindestens einer der einzelnen Komponenten im definierten Nanometerbereich liegt. Ein von einem Sol-Gel abgeleitetes Pyrotechnik-Material ist ein Beispiel für ein energetisches Nanocomposite, bei welchem Metalloxid-Nanopartikel mit Metallen oder anderen zu oxidierenden Stoffen in stark exothermen Reaktionen umgesetzt werden. Zumindest ein Teil des Gerüstes der Grundmasse besteht aus dem Oxidationsmittel, während sich die zu oxidierende Komponente in den Poren der Grundmasse befindet. "
> "Um ein Beispiel zu nennen, energetische Nanocomposites aus Fe_xO_y und metallischem Aluminium lassen sich einfach darstellen. Die Mischungen sind haltbar, sicher, und sie können leicht entzündet werden" [19].

Wir entnehmen daraus, dass im April 2000 die Technologie zur Herstellung von Materialien, die außergewöhnlich gut zu einer Beschreibung der roten Schichten passen würden, verfügbar war. Die Wissenschaftler erwähnen in demselben Artikel, dass man den Nanocomposites "Polymere" hinzufügen kann:

> "Diese Sol-Gel – Methode erlaubt den Zusatz von unlöslichen Materialien (wie z.B. von Metallen oder Polymeren) zu dem zähviskosen Sol kurz vor der Gelierung, so dass mit der Gelierung ein energetisches Nanocomposite mit gleichmäßiger Verteilung der Komponenten

> hergestellt wird. Aluminium in Form eines feinen Pulvers von ca. 6 µm Durchmesser wurde zu einer kurz vor der Gelierung befindlichen Eisenoxid –Gel Synthese hinzugegeben, um pyrotechnische Fe_xO_y /Al -Nanocomposites herzustellen. [...] Diese Nanocomposites wurden danach zu einem Xerogel und einem Aerogel des Materials verarbeitet [...] Das pyrotechnische Nanocomposite kann mittels eines Propanbrenners entzündet werden" [19].

In der Tat, die rot/grauen Plättchen lassen sich mit einem Propanbrenner entzünden, und sie besitzen die Eigenschaften eines pyrotechnischen Nanocomposite. Alle erforderlichen Inhaltsstoffe – Aluminium, Eisen, Sauerstoff, Silizium und Kohlenstoff – sind vorhanden, und sie sind auf eine solche Weise verbunden, dass diese rot/grauen Plättchen sehr heißes Material bilden (und manchmal ausstoßen), wenn man sie entzündet. Gashs Artikel beschreibt FTIR-Spektren, welche charakteristisch für energetische Eisenoxid/Aluminium Nanocomposites sind. [Anm. d. Übers.: FTIR = Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie] Wir haben mit derselben Methode Untersuchungen ausgeführt, und werden die Ergebnisse an anderer Stelle veröffentlichen. Wir weisen darauf hin, dass Polymere in der Grundmasse für die Absorption von MEK und für das anschließende beobachtete Aufquellen verantwortlich sein könnten [29].

Ein Artikel über eine Konferenz, welche im April 2001 stattfand, zeigt auf wer zu dieser Zeit dafür bekannt war, an derartigen Explosivstoffen zu arbeiten:

> "Das im April 2001 in San Diego abgehaltene 221. "Nationale Meeting der Amerikanischen Gesellschaft für Chemie" bot ein Symposium "Militärische Anwendungen von Nanomaterialien". Eine der vier Sitzungen war mit "Nanoenergetics" betitelt [...] Diese Sitzung bot eine gute Darstellung der Bandbreite der laufenden Forschung auf diesem Gebiet, welches es seit ungefähr 10 Jahren gibt [Anm. d. Übers.: d.h. seit ca. 1992] [....] Zur Zeit haben alle Teilstreitkräfte des Militärs und einige Labors des Energieministeriums, sowie einige akademische Labors aktive Forschungs- und Entwicklungsprogramme, welche darauf abzielen **die besonderen Eigenschaften der Nanomaterialien, welche die Möglichkeit bieten, sie in energetischen Formulierungen für moderne Explosivstoffe zu verwenden,** auszuschöpfen. Energetische Nanomaterialien **stellen in Aussicht, zu zweckdienlichen Bestandteilen von thermobarischen Waffen (TBX), sowie von TBX – artigen Waffen zu werden**, insbesondere da sie sich in Hinblick auf Energiefreisetzung und Impuls-Steuerung leicht an verschiedenste Ansprüche anpassen lassen" [20].

Der Aspekt "Impuls-Steuerung" könnte bedeutsam sein. Es ist möglich, dass Formulierungen ausgewählt worden sein könnten, welche gerade genügend Sprengwirkung haben, um die gewünschte Fragmentierung zu erzielen, während gleichzeitig der Lärmpegel minimiert wird.

5. Kann Super-Thermit gefahrlos gehandhabt werden?

In dem Artikel von Gash *et al*. von April 2000 ist ausgeführt:

> "Die Eigenschaften der noch feuchten Nanocomposites gewähren auch ein zusätzliches Maß an Sicherheit. Die noch feuchten pyrotechnischen Nanocomposites können nicht entzündet werden, solang der Trocknungsprozess nicht abgeschlossen ist. Diese Eigenschaft sollte es erlauben, eine große Menge des pyrotechnischen Materials herzustellen, das für einige Zeit gefahrlos gelagert werden kann und erst kurz vor seiner Verwendung getrocknet wird" [19].

Die gefahrlose Handhabung des formbaren Sol-Gel-Materials erlaubt eine einfache Beschichtung von Oberflächen (wie z.B. von Stahl), was dieselbe Forschungsgruppe, nach ihrer eigenen Darstellung in einem nachfolgenden Artikel, auch ausgeführt hat:

> "Der Sol-Gel-Prozess ist sehr gut zu kombinieren mit Tauch-, Spin- und Spraybeschichtungstechnologien zur Oberflächenbeschichtung. Wir haben diese Eigenschaft

> benutzt, um verschiedene Trägermaterialien im Tauchverfahren mit einer Fe_2O_3/Al/Viton Beschichtung zu versehen. Die energetische Beschichtung trocknet zu einem gut anhaftenden Film aus." "Wir haben feine Pulver, gepresste Pellets, gegossene Stücke, und dünne Filme aus dem hybriden anorganisch/organischen energetischen Nanocomposite angefertigt" [25].

Demnach können die energetischen Nanocomposites auf Oberflächen gesprüht oder sogar "gestrichen" werden, wobei sie gewissermaßen einen energetischen oder sogar explosiven Anstrich bilden. Die roten Schichten der von uns im WTC-Staub gefundenen rot/grauen Plättchen entsprechen Gashs *et al.* Beschreibung von "dünnen Filmen" aus "hybriden anorganisch/organischen energetischen Nanocomposites". Tatsächlich, die verwendeten Begriffe "energetische Beschichtung" und "gut anhaftender Film" passen sehr gut zu den von uns festgestellten Eigenschaften der rot/grauen Plättchen, welche die WTC Zerstörung überdauert haben. Wir können zurzeit nicht darüber befinden, ob die Plättchen aufgrund der Aufbringungsmethode so dünn sind, oder wegen deren Reaktionsverhaltens. Während die Aufbringung eines dünnen Films vielleicht speziellen erwünschten Ergebnissen gedient haben mag, ist es ebenso möglich, dass der kühlende Effekt des Stahls, mit dem das Material in Kontakt war, vielleicht bewirkte, dass ein dünner Film einer größeren Masse nicht abreagierte. Der Umstand, dass die meisten der dünnen Plättchen eine markante graue Schicht haben, legt nahe, dass das nicht abreagierte Material in engem Kontakt mit etwas anderem war, entweder mit seinem Angriffsziel, einem Behälter, oder einem Haftmittel.

Clapsaddle *et al.* erwähnen in ihrem Artikel desweiteren:

> "Diese Ergebnisse zeigen, dass das hybride anorganisch/organische energetische Composite unter Umgebungsbedingungen bei Schlageinwirkung stabil bleibt, unempfindlich ist gegenüber Funkenflug, und nur in sehr geringem Ausmaß empfindlich für Reibung ist. Wie im Abschnitt Experimente von diesem Artikel vermerkt, sind feuchte hybride Nanocomposites gefahrlos zu handhaben und schwierig zu entzünden [...] Sobald das Material jedoch einmal getrocknet ist, brennt es sehr heftig und schnell unter Entwicklung von signifikanten Mengen an gasförmigen Spezies" [24].

Wenn die energetischen Superthermite trocken sind, trägt die organische Komponente zu der schnellen Entwicklung von Gasen und dem explosiven Charakter dieser Superthermite bei [24].

Im Los Alamos National Laboratory sind "elektrische Super-Thermit Zünder" entwickelt worden, deren "Anwendungen die Zündung von Explosivstoffen bei ... Sprengungen einschließt" [30]. Es ist gewiss möglich, dass solche Zünder, welche dafür bestimmt sind, auf einen einfachen elektrischen Impulse hin zu zünden, Material enthalten können, dass dem von uns im WTC-Staub gefundenen roten Material ähnelt. In Hinblick auf die Sicherheit von Super-Thermit Zündern ist in der Los Alamos Veröffentlichung angemerkt:

> "Bedauerlicherweise bedienen sich konventionelle elektrische Zünder bleihaltiger Komponenten, welche äußerst empfindlich gegenüber Schlageinwirkung, Reibung, elektrostatische Aufladung und Wärme sind, wodurch die Handhabung dieser Zünder gefährlich ist. Außerdem produzieren diese Mischungen giftigen Rauch. Die elektrischen Super-Thermit Zünder produzieren keinen giftigen bleihaltigen Rauch, und sie sind sicherer zu handhaben, da sie aufgrund ihrer Zusammensetzung **Reibung, Schlageinwirkung, Hitze und elektrostatischer Aufladung standhalten können**, womit das Risiko einer versehentlichen Zündung verringert wird. Sie können so konzipiert werden, dass, abhängig von den Erfordernissen unterschiedlicher Anwendungen, verschiedene, zur Zündung geeignete Outputs erzeugt werden– einfache Funken, heiße Schlacke, Tröpfchen, oder Flammen" [30].

6. Wie hoch ist die Energiefreisetzung von Super-Thermit im Vergleich zu konventionellen Explosivstoffen?

Ein Diagramm in einem Artikel über nanostrukturierte energetische Materialien [21] zeigt, dass die Ausbeute an Energie per Volumen für Al/Fe_2O_3-Compositestoffe die der in Sprengungen üblicherweise verwendeten Explosivstoffe TNT, HMX and TATB übersteigt (siehe Abbildung **30**).

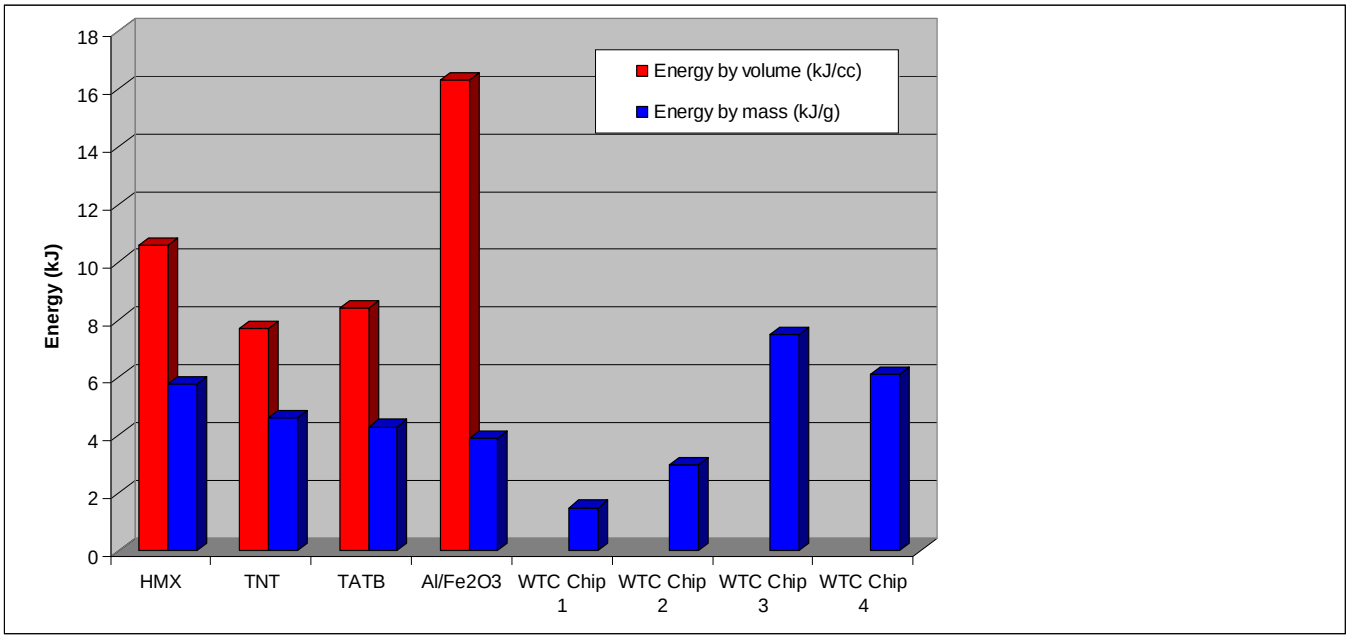


Abb. (30): Energiefreisetzung der monomolekularen Explosivstoffe HMX, TNT, TATB und eines energetisches Al/Fe_2O_3 Composite, und die in den Differential-Scanning-Kalorimeter-Tests gemessene Energiefreisetzung pro Masse für vier im WTC-Staub gefundene rot/graue Plättchen.

Es ist bemerkenswert, dass einige der rot/grauen dünnen Plättchen mehr Energie in kJ/g freisetzen als gewöhnliches Thermit (siehe dazu die blauen Säulen im Diagramm, Abbildung 30). Das theoretische Maximum an freiwerdender Energie beträgt für Thermit 3,9 kJ/g [27]. Wir schließen daraus, dass das in den rot/grauen Plättchen erkennbare organische Material auch stark energetisch ist und höchstwahrscheinlich Gas produziert, welches explosiven Druck beisteuert. Nochmals, konventionelles Thermit wird als Brandsatz aufgefasst, während Super-Thermit, welches organische Komponenten zur schnellen Gaserzeugung enthalten kann, als pyrotechnisches Material oder Explosivstoff betrachtet wird [6, 24]. Es ist möglich, dass ein Teil der beobachteten Steigerung der Energieausbeute auf einer Oxidation der organischen Komponente durch Luftsauerstoff beruhen kann, da die Untersuchung im DSC in Luft erfolgte.

7. Könnte es sich bei den Plättchen um gewöhnliche Farbe handeln?

Wir haben unter Verwendung eines Fluke 8842A Multimeters den Widerstand des roten Materials gemessen (an einer Seite haftete eine kleine Menge graues Material an), um ihn mit dem Widerstand gewöhnlicher Farben zu vergleichen. Wir benutzten die Formel:

Spezifischer Widerstand = RA / l

Dabei ist R der elektrischer Widerstand (in Ω); A die Querschnittsfläche (in m^2); und l die Länge (in m).

Aufgrund der geringen Größe des roten Plättchens von ca. 0.5 mm x 0.5 mm, haben wir zwei Proben verwendet, und kamen auf einen Wert von ungefähr 10 Ωm. Dieser Wert ist um mehrere

Größenordnungen geringer als die entsprechenden Werte von Farben, welche wir in einer Tabelle aufgelistet fanden. Deren spezifischer Widerstand beträgt typischerweise über 1010 Ωm [31].

Im Rahmen einer anderen, oben beschriebenen Untersuchung, wurden die rot/grauen Plättchen unter Bewegung für dutzende Stunden in das Lösungsmittel Methylethylketon (MEK) eingelegt. Das rote Material quoll auf, aber es löste sich nicht auf, und die harte siliziumreiche Grundmasse war nach dieser Prozedur noch vorhanden. Andererseits wurden Proben von Farbe, die derselben Einwirkung von MEK ausgesetzt waren, biegeschlaff und lösten sich zu einem erheblichen Teil auf, wie es zu erwarten war, da es sich bei MEK um ein Farb-Lösungsmittel handelt.

Desweiteren haben wir gezeigt, dass das rote Material sowohl Eisenoxid als auch elementares Aluminium enthält, das heißt, die Bestandteile von Thermit, und dass diese Stoffe in interessanter Beschaffenheit und eng vermischt in den erhalten gebliebenen Plättchen vorliegen (siehe oben, Abschnitt "Ergebnisse", Sektion 1). Die Spezies sind klein (die Eisenoxid-Körnchen haben zum Beispiel eine Korngröße von ungefähr 100 nm), und sie sind eingebettet in eine Grundmasse, die Silizium und Kohlenstoff enthält, was auf ein Superthermit-Composite hindeutet. Die dünnen Plättchen erzeugen sogar noch jetzt, mehrere Jahre nach der Tragödie vom 11. September, sehr hohe Temperaturen, wenn sie zur Reaktion gebracht werden, wie dies der beobachtete helle Funken und die Bildung von eisenreichen Kügelchen zeigen (siehe oben, lichtmikroskopische Aufnahmen in Abb. **20**)

Übereinstimmend damit zeigen die Untersuchungen im DSC die Freisetzung einer hohen Enthalpie, die sogar größer ist als die von reinem Thermit. Außerdem wird die Energie in sehr kurzer Zeit freigesetzt, wie die Schärfe des Peaks in Abbildung (**29**) zeigt. Die Rückstände aus den DSC-Tests enthalten Mikrokügelchen, in welchen der Eisenanteil den Sauerstoffanteil übersteigt. Dies bedeutet, dass zumindest ein Teil des Eisenoxids in einer chemischen Reaktion reduziert wurde. Wenn eine Farbe entwickelt würde, welche diese sehr energetischen Materialen enthält, dann wäre sie nach dem Trocknen sehr gefährlich und es wäre höchst unwahrscheinlich, dass sie eine behördliche Zulassung für eine Verwendung in Gebäuden erhalten würde. Jede Behauptung, dass eine alltägliche Substanz wie Farbe den von uns beschriebenen Eigenschaften entsprechen könnte, müsste, um Beachtung zu verdienen, von einer empirischen Beweisführung unter Verwendung einer Probe des vorgeschlagenen Materials, einschließlich einer Analyse mittels REM/EDXS sowie DSC, begleitet sein.

8. Welche weiteren Untersuchungen sind in Erwägung gezogen?

Wir stellen fest, dass die gesamte freigesetzte Energie von einigen der rot/grauen dünnen Plättchen die für reines Thermit gegebene theoretische Grenze von 3.9 kJ/g übersteigt. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass das in der roten Schicht enthaltene organische Material ebenfalls energetisch ist. Eine Bestimmung der in der organischen Komponente der roten Schicht vorhandenen chemischen Verbindung(en) würde das Verständnis fördern. Weitere Untersuchungen des roten Materials (abgetrennt vom grauen Material), unter Verwendung von DSC, TGA [Thermogravimetrische Analyse], FTIR [Fourier-Transformations-Infrarot-Spektroskopie] etc., im Vergleich mit bekannten Varianten von Super-Thermit, wären dafür gewiss angezeigt. Im Besonderen sind NMR [Kernresonanz-Spektroskopie] und Gaschromatographie-Massenspektrometrie und ähnliche Untersuchungen zur Identifizierung des organischen Materials dringend erforderlich.

Wir haben festgestellt, dass einige Plättchen zusätzlich Elemente wie Kalium, Blei, Barium und Kupfer enthalten. Es stellt sich die Frage, ob diese Elemente bedeutsam sind, und warum solche Elemente in einigen der rot/grauen Plättchen vorkommen, aber nicht in allen. Ein Beispiel ist in Abbildung (**31**) gezeigt. Das hier abgebildete Plättchen weist neben Kohlenstoff, Sauerstoff, Eisen und Aluminium auch einen hohen Bleianteil auf, und es zeigt mehrlagige rote und graue Schichten.

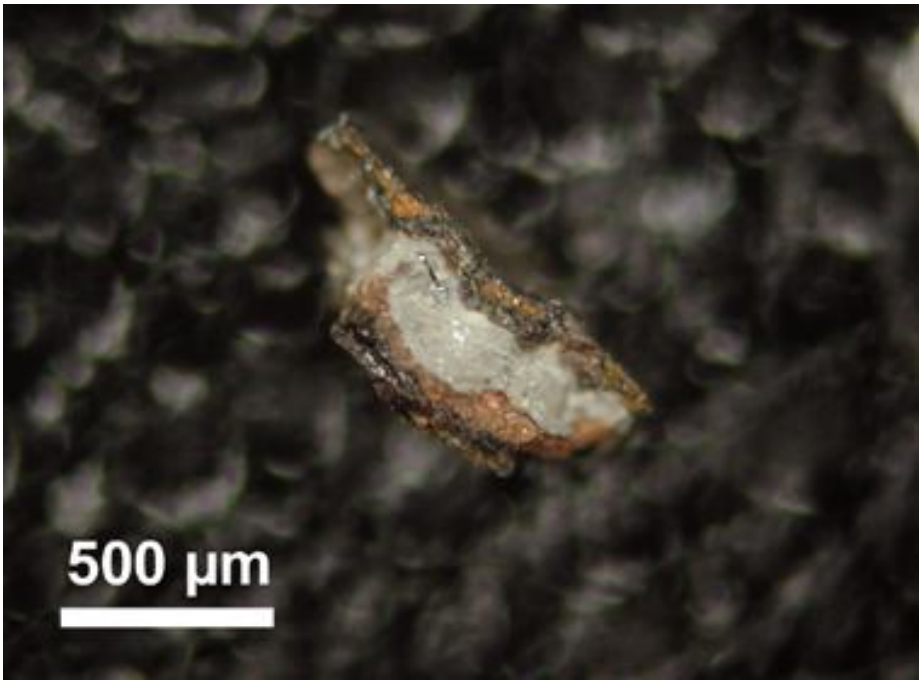
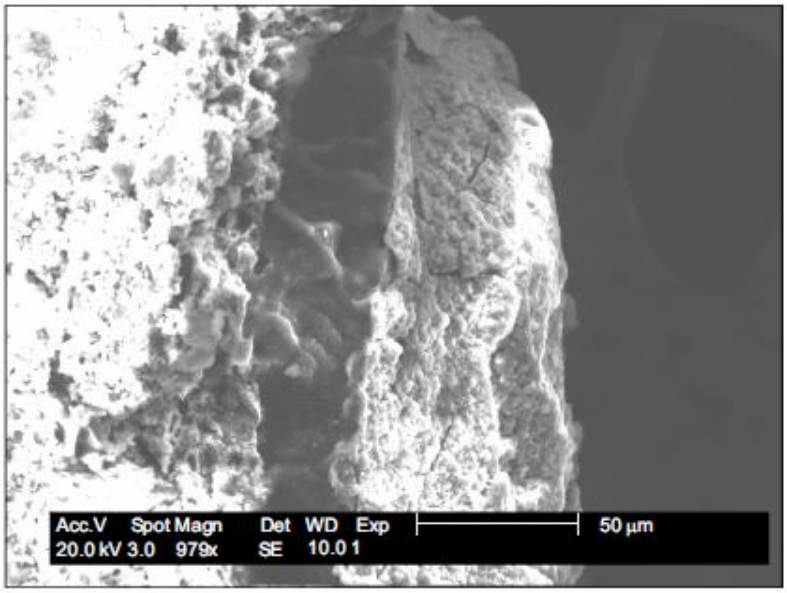


Abb. (31): Lichtmikroskopische Aufnahme von einem rot/grauen Plättchen aus Staubprobe 3, welches eine mehrfache Schichtung, sowie eine ungewöhnliche, hellgraue Schicht zwischen den roten Schichten, erkennen lässt.

Außerdem sind weitere Untersuchungen des grauen Materials erforderlich. Es stellt sich die Frage, nach der Funktion des grauen Materials. Mitunter tritt das graue Material in mehrfachen Schichten auf, wie hier in Abbildung (**32**) zu erkennen.



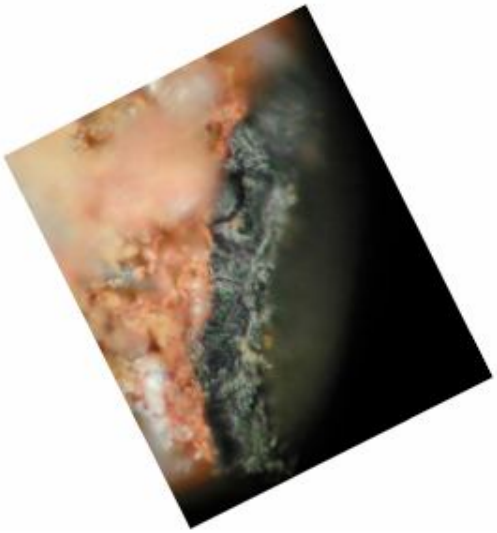


Abb. (32): Eine REM-Aufnahme eines Ausschnitts des rechts abgebildeten dünnen Plättchens. Die beiden Aufnahmen zeigen dasselbe Plättchen, aber nicht exakt dieselbe Stelle. Dieses Plättchen war in MEK Lösungsmittel eingelegt, wodurch sich die rote Schicht ausdehnte, und die Porosität offensichtlich wurde.

Das rote mesoporöse Material ist in dieser Abbildung links zu sehen, angrenzend die dunkelgraue Schicht, und ein hellgraueres Material rechts, so wie man es auf einer photographischen Aufnahme desselben Plättchens erkennen kann (Abbildung ganz rechts in Abb. (**32**). [Anm. d. Übers.: Als mesoporös werden poröse Materialien mit einem Porendurchmesser bezeichnet, der zwischen 2 und 50 nm beträgt.] Die graue Schicht in Berührung

zur roten Schicht hat das in Abbildung (**33**) gezeigte EDX-Spektrum, in welchem kein Signal für Eisen zu sehen ist, während das äußere graue Material ein EDX-Spektrum hat, das den in Abbildung (**6**) gezeigten Spektren entspricht.

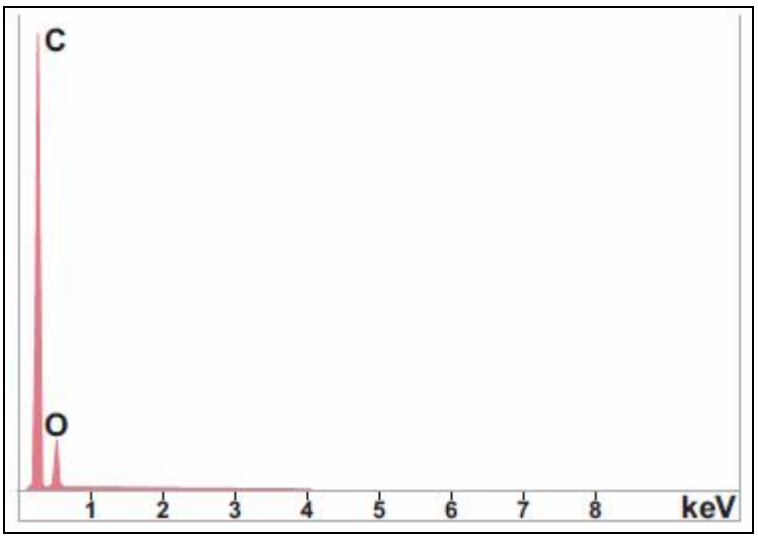


Abb. (33): EDX-Spektrum der an die rote Schicht angrenzenden grauen Schicht aus dem oben gezeigten Plättchen.

Demzufolge enthält das graue Material der mittleren Schicht Kohlenstoff und Sauerstoff, und wahrscheinlich auch Wasserstoff, welcher aufgrund seiner geringen Atommasse mit der verwendeten Methode nicht nachgewiesen werden kann. Da die innere graue Schicht zwischen zwei anderen Schichten liegt, mag es sich um eine Art Haftmittel handeln, welches das rote poröse thermitische Material an ein anderes, eisenreiches Material bindet. Man könnte mutmaßen, dass das rote thermitische Material durch ein Haftmittel an rostiges Eisen angelagert wurde. Der kühlende Effekt des Eisens, welches als Wärmeableiter wirkt, könnte die Reaktion unterbunden haben und den Umstand erklären, dass im Staub nicht abreagiertes und von uns immer in dünnen Schichten gefundenes, rotes thermitische Material erhalten blieb. Diese Hypothese lädt zu weiteren Experimenten ein.

Keinerlei rot/graue Plättchen mit den hier geschilderten Charakteristika fanden sich im Staub von professionell und unter Benutzung konventioneller Explosivstoffe und Methoden gesprengten Gebäuden (Stardust Resort & Casino in Las Vegas, gesprengt 13. März 2007, sowie Key Bank in Salt Lake City, gesprengt 18. August 2007). Selbstverständlich nehmen wir nicht an, dass die Zerstörung der WTC-Wolkenkratzer auf konventionelle Weise erfolgte.

Die Untersuchungen im DSC haben gezeigt, dass das rote Material sehr schnell verbrennt; außerdem haben wir nach der Entzündung einen hellen Funken beobachtet. Eine Bestimmung der Verbrennungsgeschwindigkeit des roten Materials könnte helfen, es als einen Explosivstoff mit niedriger oder hoher Abbrand- bzw. Detonationsgeschwindigkeit zu klassifizieren. Möglicherweise wurde das Material nicht im Sinne eines sogenannten “cutter charge” verwendet, sondern, so wie in den Superthermit-Zündern, eher als ein Mittel um Stoffe mit hoher Sprengkraft zu zünden [30]. [Anm. d. Übers. "Cutter charges" sind auf der Basis energetischer Substanzen arbeitende Vorrichtungen zum zielgerichteten Durchtrennen von Bauteilen.] Da wir nicht abreagiertes thermitisches Material in den Überresten des WTC festgestellt haben, schlagen wir vor, dass im WTC-Staub auch nach anderen energetischen Materialien, die man für “cutter charges” oder als Explosivstoffe verwenden kann, gesucht wird. NIST hat eingestanden, bislang nicht nach derartigen Rückständen gesucht zu haben [11].

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Wir haben markante, rot/graue dünne Plättchen in signifikanter Anzahl in dem bei der Zerstörung des World Trade Centers gebildeten Staub gefunden. Wir haben REM/EDXS und andere Methoden eingesetzt, um die Winzigkeit der Größenordnung der Struktur [Engl.: small scale structure] und um die chemische Signatur dieser Plättchen, speziell ihrer roten Komponente, zu charakterisieren. Das rote Material ist am interessantesten und hat die folgenden Charakteristika:

1. Es setzt sich aus Aluminium, Eisen, Sauerstoff, Silizium und Kohlenstoff zusammen. Mitunter sind geringere Mengen von anderen, potentiell reaktionsfähigen Elementen, wie zum Beispiel Kalium, Schwefel, Blei, Barium und Kupfer vorhanden.

2. Die hauptsächlich vorhandenen Elemente (Aluminium, Eisen, Sauerstoff, Silizium, Kohlenstoff) sind typischerweise alle in Partikeln nachzuweisen, deren Größe im Bereich von 10 Nanometern bis zu einigen hundert Nanometern liegt. Die detaillierte EDXS-Kartierung lässt darauf schließen, dass diese Elemente eng vermischt beziehungsweise in chemischer Bindung vorliegen.

3. Bei der Behandlung mit dem Lösungsmittel Methylethylketon erfolgte eine gewisse Abscheidung einzelner Komponenten. Da elementares Aluminium nach der MEK-Behandlung ausreichend konzentriert vorlag, konnte es im nicht abreagierten Material eindeutig nachgewiesen werden.

4. Eisenoxid tritt in polyedrischen Körnern von ca. 100 nm Korngröße auf, während Aluminium in dünnen, plattenartigen Strukturen vorliegt. Die geringe Größe der Eisenoxid-Partikel berechtigt dazu, dass Material als Nanothermit oder Super-Thermit zu charakterisieren.

5. Die Analyse ergab, dass Eisen und Sauerstoff in einem Verhältnis vorliegen, welches mit Fe_2O_3 konsistent ist. Das rote Material aus allen vier Staubproben war in dieser Hinsicht gleich. Im noch nicht gezündeten Material wurde Eisenoxid gefunden, jedoch kein elementares Eisen.

6. Aufgrund des Vorhandenseins von elementarem Aluminium und von Eisenoxid im roten Material schlussfolgern wir, dass dieses die Bestandteile von Thermit enthält.

7. Durch Messungen im DSC wurde festgestellt, dass sich das Material bei ca. 430 °C entzündet und in einer sehr kurzen, stark exothermen Reaktion heftig regiert. Dieses Verhalten entspricht ziemlich genau dem von unabhängiger Seite beobachteten Verhalten einer bekannten Super-Thermit Probe. Die niedrige Entzündungstemperatur und die Anwesenheit der weniger als 120 nm großen Eisenoxid-Körnchen zeigen an, dass es sich bei dem Material nicht um konventionelles Thermit handelt (welches erst bei Temperaturen von über 900 °C zündet), sondern sehr wahrscheinlich um eine Form von Super-Thermit.

8. Als sich mehrere rot/graue dünne Plättchen in einem DSC, welches bis zu einer Maximaltemperatur von 700°C erhitzt worden war, entzündet hatten, fanden wir zahlreiche eisenreiche Kügelchen und Spheroide in den Reaktionsrückständen. Deren Vorhandensein zeigt an, dass eine Reaktion, die sehr hohe Temperaturen erzeugte, stattgefunden hat, da dass eisenreiche Produkt zweifellos geschmolzen gewesen sein musste, um Kügelchen und Spheroide auszubilden. Da der Eisengehalt den Sauerstoffanteil in mehreren Kügelchen signifikant übersteigt, ist nachgewiesen, dass diese elementares Eisen enthalten. Wir schlussfolgern daraus, dass in den erhitzten Plättchen eine Redox-Reaktion stattgefunden hat, die sehr hohe Temperaturen erzeugte, nämlich eine Thermit-Reaktion.

9. Es lässt sich mittels EDXS-Signatur (Al, Fe, O, Si, C) feststellen, dass die bei den Untersuchungen im DSC sowie auch die bei den Entzündungs- und Brandtests gebildeten Spheroide weniger Kohlenstoff und Aluminium enthalten als das rote Ausgangsmaterial. Die chemische Signatur dieser Spheroide entspricht

in auffallender Weise der chemischen Signatur von Spheroiden, wie sie bei der Reaktion von handelsüblichem Thermit entstehen, und sie entspricht auch der Signatur von vielen der im WTC-Staub gefundenen Mikrokügelchen [5].

10. Der Kohlenstoffanteil des roten Materials lässt auf das Vorhandensein einer organischen Substanz schließen. Ein Vorliegen organischer Substanz würde man von Super-Thermit Formulierungen erwarten, da mittels organischer Substanz bei der Umsetzung ein hoher Gasdruck, und somit eine Explosion, erzeugt werden kann. Die Eigenschaften des in den Plättchen enthaltenen organischen Materials verdienen es, noch näher untersucht zu werden. Wir stellen fest, dass es sich wahrscheinlich auch um ein energetisches Material handelt, da in einigen der DSC-Tests beobachtet wurde, dass die Gesamtmenge an freigesetzter Energie das theoretische Maximum der klassischen Thermit-Reaktion übersteigt.

Basierend auf diesen Beobachtungen schlussfolgern wir, dass es sich bei der roten Schicht der von uns im WTC-Staub entdeckten rot/grauen dünnen Plättchen um reaktionsfähiges, nicht abreagiertes, thermitisches Material handelt, das mittels Nanotechnologie hergestellt wurde, und dass es sich dabei um ein stark energetisches, pyrotechnisches oder explosives Material handelt.

DANKSAGUNGEN
Die Autoren möchten Tom Breidenbach, Frank Delessio, Jody Intermont, Janette MacKinlay und Steve White für Staubproben danken, die diese kurz nach der WTC -Katastrophe von 11. September an sich gebracht hatten. Wir danken David Griscom, Mark Basile, David Allan, Branton Campbell, Wes Lifferth, Crockett Grabbe, David Ray Griffin, Mike Berger, Frank Carmen, Richard Gage, Shane Geiger, Justin Keogh, Janice Matthews, John Parulis, Phillipe Rivera, Allan South and Jared Stocksmith für erhellende Diskussionen und für ihre Unterstützung. Ein Dankeschön geht an John Parulis, der Rückstände von umgesetztem handelsüblichen Thermit beschaffte.

QUELLENANGABEN/ LITERATURNACHWEIS
[Anm. d. Übers.: Sie finden jeweils die originale Referenz in Englisch, gefolgt von einer deutschen Version]
[1] Federal Emergency Management Authority, World Trade Center Building Performance Study: Data collection, preliminary observations and recommendations,
May 2002, Figure 1-7, Schematic depiction of areas of collapse debris impact, based on aerial photographs and documented damage, pp.
1-9. [Accessed February 7, 2009]. Available from partial mirrored version:
http://911research.wtc7.net/mirrors/guardian2/wtc/WTC_ch1.htm
Federal Emergency Management Authority,
[1] “Studie zum Gebäudeverhalten [Engl.: performance] des World Trade Centers: Datenerhebung, vorläufige Beobachtungen und Empfehlungen”, herausgegeben von der US-amerikanischen Bundeskatastrophenschutzbehörde FEMA, Mai 2002,
Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht. Kommentierte, auszugsweise Version des FEMA-Berichtes: http://911research.wtc7.net/mirrors/guardian2/wtc/WTC_ch1.htm.
[1a] “Abbildung 1-7: Schematische Darstellung der Bereiche, in denen Einsturztrümmer einschlugen, erstellt auf der Basis von Luftbildern und dokumentierten Schäden"; in ebd., Kapitel 1, S. 9;
[2] Sunder S, Grosshandler W, Lew HS, *et al.* Final report on the collapse of the World Trade Center towers, NIST NCSTAR. National Institute of Standards
and Technology: Gaithersburg, MD 2005.
[2] Sunder, S., Grosshandler, W., Lew, H.S. *et al.*: “Abschlussbericht über die Einstürze der World Trade Center Türme, NIST NCSTAR”, herausgegeben durch das staatliche "Nationale Institut für Standards und Technologien/NIST”, Gaithersburg/ MD, 2005.

[3] Gourley JR, McIlvaine B, Jones SE, Ryan K, Gage R. Appeal filed with NIST pursuant to earlier request for correction. J 9/11 Studies 2007; 17:1-16.
[Accessed February 7, 2009]. Available from:
http://www.journalof911studies.com/volume/2007/AppealLetterToNISTGourleyEtAl.pdf
[3] Gourley, J.R., McIlvaine, B., Jones, S.E., Ryan, K., Gage, R.: "Bei NIST eingereichter Einspruch bezugnehmend auf einen früheren Antrag zur Korrektur", 25.10. 2007; veröffentlicht November 2007 in "Journal of 9/11 Studies"/17 [Fachzeitschrift für Studien zum 11. September 2001];
http://www.journalof911studies.com/volume/2007/AppealLetterToNISTGourleyEtAl.pdf
Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[4] Ryan KR, Gourley JR, Jones SE. Environmental anomalies at the World Trade Center: evidence for energetic materials. Environmentalist 2009; 29(1):
56-63. [Accessed February 7, 2009]. Available from:
http://www.springerlink.com/content/f67q6272583h86n4/
[4] Ryan, K.R., Gourley, J.R., Jones, S.E.: "Anomalien in der Umgebung des World Trade Centers: Beweis für energetische Materialien"; in: "The Environmentalist" [Fachzeitschrift für Umweltfragen], Band 29, Heft 1, März 2009, S. 56-63, verfügbar über http://www.springerlink.com/content/f67q6272583h86n4/
Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[5] Jones SE, Farrer J, Jenkins GS, *et al*. Extremely high temperatures during the World Trade Center destruction. J 9/11 Studies 2008; 19: 1-11. [Accessed
February 7, 2009]. Available from: http://www.journalof911studies.com/articles/WTCHighTemp2.pdf
[5] Jones, S.E., Farrer, J., Jenkins, G.S., *et al*.: "Extrem hohe Temperaturen während der Zerstörung des World Trade Centers", veröffentlicht Januar 2008 in "Journal of 9/11 Studies"/19, verfügbar über
http://www.journalof911studies.com/articles/WTCHighTemp2.pdf
Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[6] Jones SE. Why indeed did the WTC buildings completely collapse? J 9/11 Studies 2006; 3: 1-47.
[Accessed February 7, 2009]. Available from:
http://www.journalof911studies.com/volume/200609/WhyIndeedDidtheWorldTradeCenterBuildingsCompletelyCollapse.pdf
[6] Jones, S.E.: "Warum tatsächlich stürzten die Gebäude des WTCs vollständig ein?", veröffentlicht September 2006 in "Journal of 9/11 Studies"/3, verfügbar über
http://www.journalof911studies.com/volume/200609/WhyIndeedDidtheWorldTradeCenterBuildingsCompletelyCollapse.pdf
Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[7] Roberts G, Jones V. Robertson: a physicist and a structural engineer debate the controlled demolition of the World Trade Center. J 9/11 Studies 2007;
10: 1-37. [Accessed February 7, 2008]. Available from:
http://journalof911studies.com/volume/200704/Roberts_AnnotatedJones-RobertsonTranscript.pdf
[7] Roberts, G.: "Jones versus Robertson: ein Physiker und ein Bauingenieur debattieren darüber, ob das World Trade Centers professionell gesprengt wurde", veröffentlicht April 2007 in "Journal of 9/11 Studies"/10, verfügbar über http://journalof911studies.com/volume/200704/Roberts_AnnotatedJones-RobertsonTranscript.pdf. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[8] Jones SE. Revisiting 9/11 – applying the scientific method. J 9/11 Studies 2007; 11: 55-82. [Accessed February 7, 2009]. Available from:
http://journalof911studies.com/volume/200704/JonesWTC911SciMethod.pdf
[8] Jones, S.E.: "Eine erneute Betrachtung der Ereignisse des 11. Septembers – Anwendung der wissenschaftlichen Methode", veröffentlicht Mai 2007 in "Journal of 9/11 Studies"/11, verfügbar über
http://journalof911studies.com/volume/200704/JonesWTC911SciMethod.pdf.
Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.

[9] Legge F, Szamboti T. 9/11 and the twin towers: sudden collapse initiation was impossible. J 9/11 Studies 2007; 18: 1-3. [Accessed February 7, 2009].
Available from:
http://journalof911studies.com/volume/200703/Sudden_collapse_initiation_impossible.pdf
[9] Legge, F., Szamboti, T.: "Der 11. September und die Zwillingstürme des World Trade Centers: ein schlagartiges Einsetzen der Einstürze hätte eigentlich unmöglich sein müssen", veröffentlicht Dezember 2007 in "Journal of 9/11 Studies"/18, verfügbar über
http://journalof911studies.com/volume/200703/Sudden_collapse_initiation_impossible.pdf. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[10] Gourley J. Discussion of 'mechanics of progressive collapse: learning from World Trade Center and building demolitions' by Bažant ZP, Mathieu V. J
Eng Mech 2008; 134(10): 915-16. [Accessed February 7, 2009]. Available from:
http://scitation.aip.org/getabs/servlet/GetabsServlet?prog=normal&id=JENMDT000134000010000915000001&idtype=cvips&gifs=yes
[10] Gourley, J.: "Diskussion von Z.P. Bažants und V.J. Mathieus 'Der Mechanismus des progressiven Einsturzes: lernen aus dem Einsturz des World Trade Center und von Gebäudeabrissen'", veröffentlicht in "Journal of Engineering Mechanics" [eine Fachzeitschrift der Amerikanischen Bauingenieur-Gesellschaft], Band 134, Heft 10, Oktober 2008, S. 915-16, verfügbar über
http://scitation.aip.org/getabs/servlet/GetabsServlet?prog=normal&id=JENMDT000134000010000915000001&idtype=cvips&gifs=yes. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[11] Jones SE, Legge FM, Ryan KR, Szamboti AF, Gourley JR. Fourteen points of agreement with official government reports on the World Trade Center
destruction. Open Civil Eng J 2008; 2: 35-40. [Accessed February 7, 2009]. Available from:
http://www.bentham-open.org/pages/content.php?TOCIEJ/2008/00000002/00000001/35TOCIEJ.SGM
[11] Jones, S.E., Legge, F.M., Ryan, K.R., Szamboti, A.F., Gourley, J.R.: "Vierzehn Punkte der Übereinstimmung mit offiziellen Regierungsberichten zur Zerstörung des World Trade Centers", veröffentlicht in "The Open Civil Engineering Journal", [Fachzeitschrift für Bauingenieurswesen], Band 2, 2008, S. 35-40, verfügbar über http://www.bentham-open.org/pages/content.php?TOCIEJ/2008/00000002/00000001/35TOCIEJ.SGM. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[12] Hoffman J. The Demolition-Like symmetry of the Twin Towers' falls. [Accessed February 7, 2009]. Available from:
http://911research.wtc7.net/wtc/analysis/collapses/symmetry.html
[12] Hoffman, J.: "Die Zerstörung der Zwillingstürme erfolgte mit der Symmetrie professioneller Gebäudesprengungen", verfügbar über http://911research.wtc7.net/wtc/analysis/collapses/symmetry.html. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[13] McGee JK, Chen LC, Cohen MD, *et al*. Chemical analysis of world trade center fine particulate matter for use in toxicologic assessment. Environ
Health Perspect 2003; 111: 972-80. [Accessed February 7, 2009]. Available from:
http://www.ehponline.org/members/2003/5930/5930.html
[13] McGee, J.K., Chen, L.C., Cohen, M.D., *et al*.: "Chemische Analyse von World Trade Center Feinstaub zur Benutzung in der toxikologischen Bewertung", veröffentlicht in "Environmental Health Perspectives" [Fachzeitschrift zum Thema Umwelt und Gesundheit, herausgegeben vom US-amerikanischen Gesundheitsministerium sowie von zwei staatlichen Instituten], Band 11, Heft 7, 2003, S. 972-980, verfügbar über http://www.ehponline.org/members/2003/5930/5930.html. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[14] Lee RJ Group. WTC dust signature report, composition and morphology. December 2003. [Accessed February 7, 2009]. Available from:

http://www.nyenvirolaw.org/WTC/130%20Liberty%20Street/Mike%20Davis%20LMDC%20130%20Liberty%20Documents/Signature%20of%20WTC%20dust/WTC%20Dust%20Signature.Composition%20and%20Morphology.Final.pdf
[14] Lee RJ Group: "Bericht zur WTC-Staub Signatur. Zusammensetzung und Morphologie", [Studie im Auftrag der Deutschen Bank], Dezember 2003, verfügbar über http://www.nyenvirolaw.org/WTC/130%20Liberty%20Street/Mike%20Davis%20LMDC%20130%20Liberty%20Documents/Signature%20of%20WTC%20dust/WTC%20Dust%20Signature.Composition%20and%20Morphology.Final.pdf. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht. [Anm.d. Uebers.: REM-Abbildung von Eisen-Kügelchen mit EDX-Spektrum auf S. 18 (PDF: 22) in dieser Studie.]
[15] Lowers HA, Meeker GP. Particle atlas of World Trade Center dust. September 2005; [Accessed February 7, 2009]. Available from: http://pubs.usgs.gov/of/2005/1165/508OF05-1165.html
[15] Lowers, H.A., Meeker, G.P.: "Verzeichnis der im World Trade Center-Staub zu findenden Partikel", [herausgegeben von der U.S. Geological Survey, einer dem US-Innenministerium unterstellten wissenschaftlichen Einrichtung], September 2005, verfügbar über http://pubs.usgs.gov/of/2005/1165/508OF05-1165.html. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht. [Anm. d. Ueb.: Im Rahmen dieser USGS-Studie gemachte Aufnahmen von im WTC-Staub gefundenen eisenreichen Mikrokügelchen sind unter: http://pubs.usgs.gov/of/2005/1165/graphics/IRON-04-IMAGE.jpg und http://pubs.usgs.gov/of/2005/1165/graphics/IRON-03-IMAGE.jpg veröffentlicht.]
[16] Lioy PJ, Weisel CP, Millette JR, *et al*. Characterization of the dust/smoke aerosol that settled east of the World Trade Center (WTC) in lower manhattan
after the collapse of the WTC 11. September 2001. Environ Health Perspect 2002; 110(7): 703-14. [Accessed February 7, 2009]. Available from:
http://www.ehponline.org/members/2002/110p703-714lioy/lioy-full.html
[16] Lioy, P.J., Weisel, C.P., Millette, J.R., *et al.*: "Charakterisierung von Staub/Rauch -Aerosol, welches sich östlich des World Trade Centers (WTC) nach dem Einsturz des WTCs am 11. September 2001 in Lower Manhattan abgesetzt hat", veröffentlicht in "Environmental Health Perspectives", Band 110, Heft 7, S. 703-714, verfügbar über http://www.ehponline.org/members/2002/110p703-714lioy/lioy-full.html. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[17] Delessio F, Breidenbach T. Videotaped testimonies at Faneuil Hall, Boston, MA, December 2007. [Accessed February 7, 2009]. Available from:
http://video.google.com/videoplay?docid=1957490867030316250 , start at timestamp 34:54.
[17] Delessio, F., Breidenbach, T.: "In Faneuil Hall auf Video aufgenommene Zeugenaussagen, Bosten/Massachusetts Dezember 2007", verfügbar über
http://video.google.com/videoplay?docid=1957490867030316250. Der Anfang von Delassios/Breidenbachs Zeugenaussagen findet sich im Video bei 34min/54s Laufzeit. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[18] Sun J, Pantoya ML, Simon SL. Dependence of size and size distribution on reactivity of aluminum nanoparticles in reactions with oxygen and MoO3.
Thermochim Acta 2006; 444(2): 117-27. [Accessed February 7, 2009]. Available from:
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6THV-4JRVFRD-2&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=cb52f0f9dbc4aa13bc6fc39e223afa2f
[18] Sun, J., Pantoya, M.L., Simon, S.L.: "Abhängigkeit der Reaktivität in Reaktionen von Aluminium mit Sauerstoff oder Molybdänoxid von der Größe und Größenverteilung von Aluminium-Nanopartikeln", veröffentlicht in "Thermochimica Acta" [Fachzeitschrift zum Thema "thermoanalytische und kalorimetrische Methoden"]; Band 444, Heft 2, Mai 2006, S. 117-127, verfügbar über
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6THV-4JRVFRD-2&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=cb52f0f9dbc4
aa13bc6fc39e223afa2f. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.

[19] Gash AE, Simpson RL, Tillotson TM, Satcher JH, Hrubesh LW. Making nanostructured pyrotechnics in a beaker. pre-print UCRL-JC-137593, Lawrence
Livermore National Laboratory: Livermore, Ca; April 10, 2000. [Accessed February 7, 2009]. Available from:
http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?osti_id=15007525
[19] Gash, A.E., Simpson, R.L., Tillotson, T.M., Satcher, J.H., Hrubesh, L.W.: "Nanostruktur-Pyrotechnik in einem Glasbecher hergestellt", Vorabdruck UCRL-JC-137593, Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, Californien, 10. April 2000, verfügbar über
http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?osti_id=15007525. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[20] Miziolek AW. Nanoenergetics: an emerging technology area of national importance. Amptiac Q 2002; 6(1): 43-48. [Accessed February 7, 2009].
Available from: http://www.p2pays.org/ref/34/33115.pdf
[20] Miziolek, A.W.: "Nanoenergetik: ein junges Technologiefeld von nationaler Bedeutung" veröffentlicht in "AMPTIAC Quarterly, Special Issue, DOD Researchers Provide A Look Inside Nanotechnologie" [Fachzeitschrift für Militär-relevante Forschungen und Entwicklung, herausgegeben von einer Einrichtung des US-amerikanischen Verteidigungsministeriums], Band 6, Heft 1, S. 43-48, verfügbar über
http://www.p2pays.org/ref/34/33115.pdf. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[21] Gash AE, Satcher JH, Simpson RL, Clapsaddle BJ. Nanostructured energetic materials with sol-gel methods. Mater Res Soc Symp Proc 2004; 800:
55-66. [Accessed February 7, 2009]. Available from:
http://www.mrs.org/s_mrs/sec_subscribe.asp?CID=2642&DID=115856&action=detail
[21] Gash, A.E., Satcher, J.H., Simpson, R.L., Clapsaddle, B.J.: "Energetische Nanostruktur-Materialien mittels Sol-Gel-Methoden" veröffentlicht in "Materials Research Society Symposium Proceedings", ; Band 800, 2004, S. 55-66/ AA2.2.1ff; verfügbar über
http://www.mrs.org/s_mrs/sec_subscribe.asp?CID=2642&DID=115856&action=detail. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[22] Puszynski JA. Reactivity of nanosized Aluminum with metal oxides and water vapor. Mater Res Soc Symp Proc 2004; 800: AA6.4.1. [Accessed February
7, 2009]. Available from:
http://www.mrs.org/s_mrs/sec_subscribe.asp?CID=2642&DID=115976&action=detail
[22] Puszynski, J.A.: "Die Reaktivität von Nanogrößen-Aluminium mit Metalloxiden und Wasserdampf", veröffentlicht in "Materials Research Society Symposium Proceedings"; Band 800, 2004, S. AA6.4.1 ff; verfügbar über http://www.mrs.org/s_mrs/sec_subscribe.asp?CID=2642&DID=115976&action=detail.
Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[23] Puszynski JA, Swiatkiewicz JJ. Research Topic: Investigation of Ignition Characteristics of Heterogeneous Strongly Exothermic Reactions. Department
of Chemical and Biological Engineering, South Dakota School of Mines and Technology, Current Projects. [Accessed February 7, 2009].
Available from: http://ret.sdsmt.edu/projectdescr.htm
[23] Puszynski, J.A., Swiatkiewicz, J.J.: Research Topic: "Untersuchung der Reaktionscharakteristika von heterogenen, stark exothermen Reaktionen", Department of Chemical and Biological Engineering, South Dakota School of Mines and Technology, Laufende Projekte, verfügbar über
http://ret.sdsmt.edu/projectdescr.htm. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[24] Clapsaddle BJ, Zhao L, Gash AE, *et al*. Synthesis and characterization of mixed metal oxide nanocomposite energetic materials. UCRL-PROC-
204118, Lawrence Livermore National Laboratory: Livermore, Ca; 12 May 2004. [Accessed February 7, 2009].
Available from: http://www.mrs.org/s_mrs/sec_subscribe.asp?CID=2642&DID=115879&action=detail

[24] Clapsaddle, B.J., Zhao, L., Gash, A.E., *et al*.: “Synthese und Charakterisierung von energetischen Nanocomposite-Materialien, die auf vermischten Metalloxiden basieren”, UCRL-PROC-204118, Lawrence Livermore National Laboratory: Livermore, Californien, Mai 2004, verfügbar über http://www.mrs.org/s_mrs/sec_subscribe.asp?CID=2642&DID=115879&action=detail. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[25] Gash AE, Simpson RL, Satcher JH. Energetic nanocomposites with sol-gel chemistry: Synthesis, safety, and characterization. LLNL UCRL-JC-
146739, Lawrence Livermore National Laboratory: Livermore, Ca; 2002. [Accessed February 7, 2009]. Available from: http://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/244137.pdf
[25] Gash, A.E., Simpson, R.L., Satcher, J.H.: “Energetische Nanocomposites mittels Sol-Gel-Chemie: Synthese, Sicherheit und Charakterisierung”, LLNL UCRL-JC-146739, Lawrence Livermore National Laboratory: Livermore, Californien; 2002, verfügbar über http://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/244137.pdf. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[26] Zhao L, Clapsaddle BJ, Satcher JH, Jr, Schaefer DW, Shea KJ. Integrated chemical systems: the simultaneous formation of hybrid nanocomposites of
iron oxide and organo silsesquioxanes. Chem Mater 2005; 17(6): 1358-66.
[Accessed February 7, 2009]. Available from: http://pubs.acs.org/cgi-bin/abstract.cgi/cmatex/2005/17/i06/abs/cm048231i.html
[26] Zhao, L., Clapsaddle, B.J., Satcher, Jr.J.H., Schaefer, D.W., Shea, K.J.: “Verknüpfte chemische Systeme: die simultane Bildung von hybriden Eisenoxid/Organo-Silsesquioxan Nanocomposites”, veröffentlicht in "Chemistry of Materials”, [Fachzeitschrift für Chemie, technische Chemie und Materialwissenschaften], Band 17, Heft 6, 2005; S. 1358-1366, verfügbar über http://pubs.acs.org/cgi-bin/abstract.cgi/cmatex/2005/17/i06/abs/cm048231i.html. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht. [Anm. d. Übers.: Organo-Silsesquioxane sind Verbindungen auf Siliziumbasis mit organischem Anteil.]
[27] Clapsaddle BJ, Zhao L, Prentice D, *et al*. Formulation and performance of novel energetic nanocomposites and gas generators prepared by sol–gel
methods. LLNL UCRL-PROC–210871, Lawrence Livermore National Laboratory: Livermore, Ca; March 2005;
[Accessed February 7, 2009]. Available from: http://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/318263.pdf
[27] Clapsaddle, B.J., Zhao, L., Prentice, D., *et al*.: “Formulierungen und Leistungseigenschaften von neuartigen, mittels Sol-Gel-Methoden hergestellten, energetischen Nanocomposites und Gasgeneratoren”, LLNL UCRL-PROC–210871, Lawrence Livermore National Laboratory: Livermore, Californien; März 2005, verfügbar über http://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/318263.pdf. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[28] Tillotson TM, Gash AE, Simpson RL, Hrubesh LW, Satcher JH, Jr, Poco JF. Nanostructured energetic materials using sol-gel methodologies. J Non-
Cryst Sol 2001; 285: 338-345. [Accessed February 7, 2009]. Available from:
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TXM-435KKJV-2G&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=96168ef14a007c2cc1dee1667b0d1b2f
[28] Tillotson, T.M., Gash, A.E., Simpson, R.L., Hrubesh, L.W., Satcher, Jr.J.H., Poco, J.F.: “Energetische Nanostruktur-Materialien unter Benutzung von Sol-Gel Methoden”, veröffentlicht in "Journal of Non-Crystalline Solids”, [Fachzeitschrift zum Thema "nichtkristalline Feststoffe"], Band 285, Hefte 1-3, Juni 2001, S. 338-345. verfügbar über
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TXM-435KKJV-2G&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=96168ef14a007c2cc1dee1667b0d1b2f. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[29] Bandyopadhyay A, de Sarkar M, Bhowmick AK. Polymer-filler interactions in sol-gel derived polymer/silica hybrid nanocomposites. J Polym Sci Part

B. Polym Phys 2005; 43(17): 2399-412. [Accessed August 4, 2008]. Available from: http://www3.interscience.wiley.com/journal/110572549/abstract
[29] Bandyopadhyay, A., de Sarkar, M., Bhowmick, A.K.: “Wechselseitige Beeinflussung von Polymer und Füllstoff in Sol-Gel basierten hybriden Polymer/Silizium Nanocomposites”, veröffentlicht in "Journal of Polymer Science. Part B: Polymer Physics”, [Fachzeitschrift für Polymer-Physik], Band 43, Heft 17, 2005, S. 2399-2412. [Accessed August 4, 2008]. Available from: verfügbar über http://www3.interscience.wiley.com/journal/110572549/abstract. Diese Website wurde am 04.08. 2008 aufgesucht.
[30] R&D Awards. super-thermite electric matches. [Accessed February 7, 2009].
Available from: http://awards.lanl.gov/PDFfiles/Super-Thermite_Electric_Matches_2003.pdf
[30] “Auszeichnungen im Bereich Forschung und Entwicklung: Elektrische Super-Thermit-Zünder”, verfügbar über http://awards.lanl.gov/PDFfiles/Super-Thermite_Electric_Matches_2003.pdf. Diese Website wurde am 07.02. 2009 aufgesucht.
[31] Abu Ayana YM, El-Sawy SM, Salah SH. Zinc-ferrite pigment for corrosion protection. Anti-Corros Methods Mater 1997; 44(6): 381-8.
Available from:
http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?Filename=Published/EmeraldFullTextArticle/Articles/1280440604.html
[31] Abu Ayana, Y.M., El-Sawy, S.M., Salah, S.H.: “Zink-ferrite Pigment im Korrosionsschutz”, veröffentlicht in der Zeitschrift “Anti-Corrosion Methods and Materials”, [Fachzeitschrift zum Thema Korrosionsschutz], Band 44, Heft 6, 1997, S. 381-388, verfügbar über http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?Filename=Published/EmeraldFullTextArticle/Articles/1280440604.html.

zur Begutachtung erhalten am 12. August 2008; revidierte Fassung 10. Februar 2009;
zur Veröffentlichung angenommen 13. Februar 2009

© Harrit *et al.*; Licensee *Bentham Open*.
This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http: //creativecommons.org/licenses/bync/
3.0/) which permits unrestricted, non-commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.
Anmerkung zum Copyright [gekürzt]: Es ist erlaubt diesen Artikel ohne Einschränkungen für nichtkommerzielle Zwecke zu verwenden, zu verbreiten und in jedem Medium zu reproduzieren, vorausgesetzt, dass die vorliegende Arbeit richtig zitiert ist.

Übersetzung aus dem Englischen., der originale Artikel ist veröffentlicht in:
Bentham Open Access, "The Open Chemical Physics Journal", Volume 2, 2009, Seite 7-31, ISSN 1874-4125
http://www.bentham-open.org/pages/content.php?TOCPJ/2009/00000002/00000001/7TOCPJ.SGM
Übersetzung: A. Dreger, W. Visser, achimspok, M. Dreger, G. Roberts