

Physikalische Hindernisse bei der Umsetzung der im „Welsbach-Patent“ beschriebenen Idee

MARIO SEDLAK¹

Zusammenfassung – Die Idee, die Erde zu kühlen, indem Partikel in der Lufthülle verteilt werden, welche langwellige Wärmestrahlung absorbieren und die aufgenommene Energie in Form von kurzwelligerer Strahlung wieder abgeben, widerspricht dem 2. Thermodynamischen Hauptsatz und dem Kirchhoffschen Strahlungsgesetz. In Wirklichkeit würden Partikel mit dem vorgeschlagenen Emissions- und Absorptionsspektrum die Erde weiter aufheizen. Die im Jahr 1991 patentierte Idee beruht auf einem missverstandenen physikalischen Hintergrund des Gasglühstrumpfes, der von Carl Auer von Welsbach erfunden wurde. Ein funktionierender Mechanismus, der für ein Geoengineering verwendbar wäre, ist in der Patentschrift nicht enthalten. Der Bezugspunkt zur Anomalistik ergibt sich über die Chemtrail-Szene, in der das „Welsbach-Patent“ häufig zitiert wird. Eine kritische Analyse des in der Patentschrift vorgestellten Wirkprinzips scheint bisher auch unter Wissenschaftlern wenig bekannt zu sein.

Schlüsselbegriffe: Welsbach-Patent – Geoengineering – Chemtrails – Physik

Physical obstacles to the realization of the idea that is layed out in the “Welsbach Patent”

Abstract – The idea to cool down the earth with particles in the atmosphere which absorb heat radiation of long wavelengths and emit the absorbed energy at shorter wavelengths contradicts the 2nd law of thermodynamics and Kirchhoff’s law of thermal radiation. In reality, particles with the suggested emission and absorption spectrum rather would further heat-up the earth. The patented idea rests on a misunderstood physical background of gas lantern mantles, which were invented by Carl Auer von Welsbach. The patent text does not provide a working mechanism which could be used for geoengineering. The relation to anomalistics is established through the chemtrail scene in which the “Welsbach Patent” is often quoted. A critical analysis of the active principle, as given in the patent specifications, seems to be hardly known even among scientists.

Key words: Welsbach Patent – geoengineering – chemtrails – physics

1 DI Mario Sedlak ist Mathematiker und freier Autor in Wien. Er analysiert und kommentiert Themen verschiedener Art auf seiner Website <http://sedl.at>.

Einführung

Als „Welsbach-Patent“ wird das US-Patent 5003186 bezeichnet, dessen Antragstext den Titel „Stratospheric Welsbach Seeding for Reduction of Global Warming“ trägt. Das Patent wurde 1990 von David B. Chang und I-fu Shih angemeldet und ein Jahr später erteilt (Chang & Shih, 1991).² In einer Studie, die im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung erstellt wurde, wird die Idee, die im Text des Welsbach-Patents beschrieben ist, als eine mögliche Geoengineering-Maßnahme erwähnt (Kiel Earth Institute, 2011, S. 45 bzw. in der PDF-Datei, S. 59).

Im außerwissenschaftlichen oder marginalwissenschaftlichen Bereich wird das Welsbach-Patent als Erklärungsansatz für sogenannte Chemtrails herangezogen (Stetter, 2004, Sauberer-Himmel.de, 2011). Chemtrails sollen Kondensstreifen von Flugzeugen sein, die neben Wasser- und bekannten Verbrennungsprodukten auch gewisse absichtlich beigefügte Chemikalien enthalten, z. B. als Geoengineering-Maßnahme zur Milderung des anthropogenen Treibhauseffekts. Mangels überprüfbarer Fakten, die für die Existenz derartiger Kondensstreifen sprechen, gibt es zu Chemtrails keine wissenschaftliche Diskussion (Umweltbundesamt, 2011). Anhänger der „Chemtrails-Theorie“ immunisieren sich gegen eine Widerlegung durch die Annahme von Geheimprojekten und ein behauptetes Unterdrücken von Fakten. Es handelt sich in dieser Ausprägung um eine Verschwörungstheorie. In diesem Artikel wird darauf nicht näher eingegangen.

Problemstellung

Im Folgenden unterziehe ich die Behauptungen, die Chang & Shih (1991) in ihrem Patentdokument aufgestellt haben, einer kritischen Analyse.

Widerspruch zum 2. Thermodynamischem Hauptsatz

Die Grundidee, die im Text des Welsbach-Patents beschrieben ist, erklären die Erfinder so (Chang & Shih, 1991): „[P]articles suspended in the stratosphere as a result of the seeding provide a mechanism for converting the blackbody radiation emitted by the earth at near [korrekt wäre: far] infrared wavelengths into radiation in the visible and far [?] infrared wavelength so that this heat energy may be reradiated out into space, thereby reducing the global warming due to the greenhouse effect“. (Die „Umwandlung von fernem Infrarot in fernes Infrarot“ lasse ich hier beiseite, d. h. ich nehme an, dass die Autoren meinten, dass ein Teil des absorbierten fernen Infrarots im selben Wellenlängenbereich wieder ausgestrahlt wird. Das wäre noch kein

2 Die Patentschrift (Patent Number 5,003,186, 26. März 1991) ist im Internet greifbar und liegt auch der ZfA-Redaktion vor.

grundsätzlicher Mangel des vorgeschlagenen Mechanismus, sondern würde nur seine Effizienz beeinträchtigen.)

Das Prinzip ihrer Erfindung bestehe, so heißt es, also darin, die Wärmestrahlung der Erdoberfläche, welche normalerweise von Treibhausgasen absorbiert und teilweise zur Erde zurückgestrahlt wird, teilweise in sichtbares Licht umzuwandeln, welches unbehindert in das Weltall entweichen kann. Wenn diese Idee umsetzbar ist, dann könnte das gewonnene sichtbare Licht auch (z. B. mittels einer Photovoltaikanlage) in elektrische Energie umgewandelt werden. Mit der würde Nutzenergie gewonnen, ohne eine zusätzliche Energiequelle außer der Umgebungswärme zu verwenden. Das wäre ein *Perpetuum mobile 2. Art*. Da ein *Perpetuum mobile* nicht realisierbar ist, gibt es folglich auch keine Materialien, die in der behaupteten Weise langwellige Wärmestrahlung in Licht umwandeln können. (Unter „Wärmestrahlung“ verstehe ich die thermische Strahlung eines Körpers, die er allein aufgrund seiner Temperatur abgibt. Natürlich wäre es möglich, einen Körper mit intensiven langwelligen elektromagnetischen Wellen so stark zu bestrahlen, dass er zu glühen beginnt. Behauptet wird jedoch, dass allein die Wärmestrahlung der Erdoberfläche und Erdatmosphäre ausreicht, um die in der Atmosphäre schwebenden Partikel zum Leuchten zu bringen.)

Um dem Widerspruch zum 2. Thermodynamischen Hauptsatz zu entgehen, müsste ein Temperaturgefälle zur Verfügung stehen. Davon ist im Patenttext aber keine Rede. Es wäre für Partikel im Mikrometerbereich, die in der Erdatmosphäre schweben können sollen, wohl auch schwierig herzustellen.

Eine andere Möglichkeit wäre das Anzapfen einer zusätzlichen Energiequelle, um Licht auszusenden. Deswegen steht eine Leuchtstofflampe nicht im Widerspruch zum 2. Thermodynamischen Hauptsatz – es sei denn, sie würde ihre Energie zum Leuchten ausschließlich aus der Umgebungswärme(strahlung) beziehen, so wie es im Patenttext für die Partikel angenommen wird.

Widerspruch zu Kirchhoffschem Strahlungsgesetz

Alle Körper geben Wärmestrahlung ab. Wenn ihre Umgebung die gleiche Temperatur hat wie sie selbst (bis zu der Entfernung, wo noch ein Austausch von Strahlung möglich ist), dann ist die Summe aus abgestrahlter, reflektierter und ggf. durchgelassener Wärmestrahlung nicht vom Stoff, sondern nur von der Temperatur abhängig. Die Temperatur bestimmt, welche Frequenzen mit welcher Intensität in der resultierenden Gesamtstrahlung vorkommen (Plancksches Strahlungsspektrum). Z. B. glüht jeder Körper in einem 500 °C warmen Ofen rot. Es kann lediglich sein, dass der Körper *zusätzlich* noch weitere (nicht-thermische) Strahlung aussendet, z. B. weil die Hitze chemische Energie in ihm freisetzt oder weil er von einer starken UV-Lichtquelle beleuchtet wird und fluoresziert etc.

Körper, die die gleiche Temperatur wie ihre Umgebung besitzen und von ihrer Umgebung genauso viel Energie in Form von Wärmestrahlung erhalten wie sie selbst abstrahlen, sind im thermischen Gleichgewicht. Für einen Körper im thermischen Gleichgewicht ist es nicht möglich, von der Wärmestrahlung, die ihn umgibt, eine Wellenlänge netto zu absorbieren und stattdessen bei einer anderen Wellenlänge mehr Wärmestrahlung, als er von der Umgebung bekommt, auszustrahlen. Das Kirchhoffsche Strahlungsgesetz besagt, dass ein Körper, der Wärmestrahlung einer Wellenlänge gut absorbiert, Strahlung derselben Wellenlänge ebenso stark ausstrahlt und umgekehrt. Das eine ohne das andere geht nicht.

Streng genommen gilt das Kirchhoffsche Strahlungsgesetz nur im thermischen Gleichgewicht. Partikel, die in der Erdatmosphäre schweben, haben eine andere Temperatur als die Erdoberfläche und stehen mit ihr daher nicht im thermischen (Strahlungs-)Gleichgewicht. Sie stehen aber lokal mit ihrer Umgebung im thermischen Gleichgewicht und müssen daher, wenn sie langwellige Strahlung absorbieren, diese – in einem Ausmaß entsprechend ihrer Temperatur – auch abgeben (Kraus, 2004: 103).

Das Kirchhoffsche Strahlungsgesetz ist eigentlich nur eine Folgerung des 2. Thermodynamischen Hauptsatzes: Wenn es möglich wäre, einzelne Frequenzen aus der umgebenden Wärmestrahlung zu verstärken (oder gar, welche zu bilden, die darin nicht bzw. mit vernachlässigbarer Intensität vorkommen, wie im Patenttext angenommen), dann würde sich ein Körper, der Strahlung dieser Frequenz absorbiert, aufheizen. Dadurch würde in einem Bereich mit ausgeglichener Temperatur ein Temperaturgefälle entstehen, was aber dem 2. Thermodynamischen Hauptsatz widerspräche.

Verstärkung des Treibhauseffekts

Chang & Shih (1991) schlagen zum „stratospheric Welsbach seeding for reduction of global warming“ ein Material vor, das „idealerweise“ folgendes Spektrum hat:

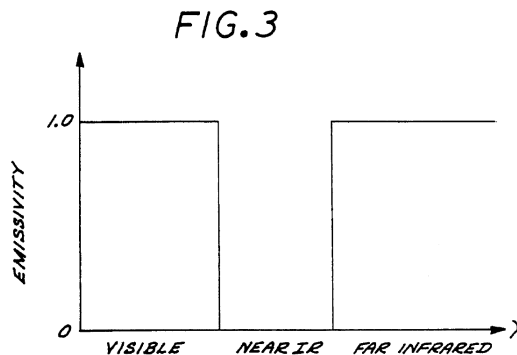


Abb: 1

Der in dem Diagramm (Abb. 1) dargestellte Emissionsgrad ist laut Kirchhoffschem Strahlungsgesetz gleich dem Absorptionsgrad. Der Absorptionsgrad kann maximal 100% betragen, daher ist auch der Emissionsgrad begrenzt. Abbildung 1 bedeutet also, dass das vorgeschlagene Material sichtbares Licht vollständig schluckt, im nahen Infrarot transparent ist und im fernen Infrarot wieder ein idealer Absorber ist.

Die Wärmestrahlung der Erdoberfläche liegt im fernen Infrarot. Ein Material, das diese Wärmestrahlung absorbiert, strahlt diese laut Kirchhoffschem Strahlungsgesetz auch aus (wenn es eine hinreichend hohe Temperatur besitzt, was für fernes Infrarot bei den Temperaturen in der Erdatmosphäre erfüllt ist). Bei der Abstrahlung ist keine Richtung bevorzugt, d. h. es kommt ein Teil auch auf der Erdoberfläche an (atmosphärische Gegenstrahlung). Das bewirkt den Treibhauseffekt. Wenn ein Material mit einem Spektrum, wie von Chang & Shih vorgeschlagen, in die Erdatmosphäre eingebracht werden würde, dann würde es als zusätzliches Treibhausgas wirken, also genau das Gegenteil der beabsichtigten Wirkung hervorrufen.

Verdunkelung des Sonnenlichts

Die Autoren des Textes, mit dem das „Welsbach-Patent“ beantragt wurde, glaubten, dass die „Welsbach-Materialien“, die ein Spektrum wie in Abbildung 1 haben sollen, „no effect in the visible range“ bewirken würden. Im sichtbaren Bereich würden diese aber 100% des auf sie treffenden Lichts absorbieren, d. h. weniger Licht zur Erdoberfläche durchlassen.

Missverständene Funktionsweise des Gasglühstrumpfs

Die Motivation, welche zur Annahme eines Spektrums wie in Abb. 1 führte, liest sich wie folgt:

„[M]aterials may have high emissivity (and absorption) at the far infrared wavelengths, high emissivity in the visible wavelength range, and very low emissivity at intermediate wavelengths. If a material having those emissivity characteristics and a black body are exposed to IR energy of equal intensity, the selective thermal radiator will emit visible radiation with higher efficiency (if radiation cooling predominates), i. e., the selective thermal radiator will appear brighter than the black body. This effect is known as the *Welsbach effect* and is extensively used in commercial gas lantern mantles [Gasglühstrumpf].“

Ein Gasglühstrumpf (siehe Abb. 2) leuchtet in der Tat hell, wenn er mit einer Gasflamme in Berührung kommt. Dieser Effekt beruht allerdings hauptsächlich auf Reaktionen mit hochenergetischen Zwischenprodukten der Verbrennung (Candolumineszenz). Der Glühstrumpf wandelt auftreffendes Infrarot keineswegs in sichtbares Licht um. Ohne Kontakt zu einer Flamme leuchtet er nur – wie andere Körper auch – wenn seine Temperatur ca. 450 °C



Abb. 2: Auer-Gasglühstrumpf.
(Foto: M. Sedlak)

überschreitet. Bei Zimmertemperatur leuchtet er nicht. Ebensovien würden das kleine Staubpartikel mit einem Spektrum, wie in Abbildung 1 dargestellt, in der Erdatmosphäre tun.

Ein Material mit dem vorgeschlagenen Emissionsverhalten würde sich auch nicht stärker aufheizen, wenn “radiation cooling predominates“. Gerade wenn Wärme nur durch Strahlung ausgetauscht wird, hält sich der Vorteil des Nicht-Emittierens und der Nachteil des (laut Kirchhoffschem Strahlungsgesetz) ebenso starken Nicht-Absorbierens exakt die Waage. Wenn Wärme hauptsächlich durch direkten Kontakt übertragen wird, werden die schlechten Strahler schneller warm, aber nicht heißer als ihre Wärmequelle. Auch ein Gasglühstrumpf wird nicht so heiß wie der Faden einer Glühlampe, obwohl beide hell weiß-gelb leuchten. Die maximale Wärmestrahlung, die ein Körper abgeben kann, hängt nur von seiner Temperatur ab (Plancksches Strahlungsspektrum). Um bei gleicher Temperatur eine größere Helligkeit zu erreichen, muss ein anderer, nicht-thermischer Effekt verwendet werden (und folglich eine andere Energiequelle als die Umgebungswärme zur Verfügung stehen). Ein Spektrum, wie in Abb. 1 dargestellt, reicht dazu nicht aus.

Die maximale Wärmestrahlung, die ein Körper abgeben kann, hängt nur von seiner Temperatur ab (Plancksches Strahlungsspektrum). Um bei gleicher Temperatur eine größere Helligkeit zu erreichen, muss ein anderer, nicht-thermischer Effekt verwendet werden (und folglich eine andere Energiequelle als die Umgebungswärme zur Verfügung stehen). Ein Spektrum, wie in Abb. 1 dargestellt, reicht dazu nicht aus.

Fehlender Mechanismus

Ein funktionierender Mechanismus, der es frei schwebenden Partikeln in der Erdatmosphäre ermöglichen würde, energiearme Photonen zu absorbieren und – zum Erhalt der Energie – energiereiche Photonen zu emittieren, wird in der Patentschrift von Chang & Shih (1991) nicht angegeben. Der Normalfall ist, dass Atome nach dem Absorbieren eines Photons einen angeregten Zustand erreichen. Das kann z. B. ein Elektron auf einem höheren Energieniveau oder (bei Molekülen und Festkörpern) ein Schwingungszustand sein. Dieser angeregte Zustand hat jedoch eine sehr kurze Lebensdauer von typischerweise 10^{-8} s (Haken, 2004: 122). Wenn das Atom zu seinem stabilen Grundzustand zurückkehrt, emittiert es i. A. entweder ein Photon mit (höchstens) derselben Energie wie das absorbierte (ein Teil kann in Wärme umgewandelt werden) oder mehrere Photonen, die in Summe dieselbe Energie abführen; jedes einzelne hat daher *weniger* Energie als das zuvor absorbierte Photon.

In phosphoreszierenden Materialien können angeregte Zustände eine Lebensdauer von Stunden haben. Daher können derartige Stoffe im Dunkeln einige Zeit nachleuchten (Phosphoreszenz). Im angeregten Zustand werden jedoch keine weiteren Photonen „aufgespart“. Daher ist die später abgegebene Strahlung i. A. nicht von kürzerer Wellenlänge als die vorher absorbierte. Die Phosphoreszenz basiert darauf, dass Atome, die durch Absorption eines Photons angeregt wurden, in seltenen Fällen in einen anderen Zustand wechseln (*Intersystem crossing*), von dem aus ihr Grundzustand wieder nur mit geringer Wahrscheinlichkeit erreichbar ist („Interkombinationsverbot“). Ein vereinfachtes Beispiel: Wenn ein Elektron aus einer abgeschlossenen Schale durch das absorbierte Photon auf ein höheres Energieniveau gehoben wird und dort den Spin ändert, kann es nicht mehr auf das ursprüngliche Energieniveau zurückkehren, weil sich dort bereits ein Elektron mit demselben Spin befindet (Pauli-Prinzip).

Das illustriert, wieso sich der Vorgang nicht wiederholt, wenn das auf hohem Energieniveau „gefangene“ Elektron erneut ein Photon absorbiert: Nach der Absorption eines weiteren Photons gibt es kein Hindernis, diese Energie gleich wieder abzustrahlen; ein „Ansammeln“ mehrerer Photonen ist mit diesem Mechanismus nicht möglich. Nur in seltenen Fällen wird das Elektron nach der Absorption des 2. Photons direkt in den Grundzustand zurückkehren, wodurch ein Photon, das energiereicher als jedes einzelne absorbierte ist, ausgestrahlt wird (Anti-Stokes-Verschiebung). Materialien mit Fehlstellen in der Kristallstruktur zeigen eine größere Ausbeute bei der Umwandlung in energiereichere Strahlung, jedoch wird dabei innere Energie verbraucht. Das taugt somit nicht als Mechanismus für Partikel, die bis zu 1 Jahr in der Erdatmosphäre bleiben sollen.

Es ist physikalisch nicht „verboten“, dass ein Atom *zwei* Photonen absorbiert und dann die Energie beider Photonen in *einem* Photon wieder abgibt. Das wäre ein Fall, wo aus einer langwelligen Strahlung eine kurzwellige wird (auch ohne zusätzliche Energiequelle). Aufgrund der i. A. sehr kurzen Lebensdauer von angeregten Zuständen ist hierfür jedoch eine extrem hohe Photonendichte erforderlich, wie sie in der Erdatmosphäre bei weitem nicht vorkommt (Rybach, 2010: 223). Eine Möglichkeit, zwei Photonen niedriger in ein Photon höherer Energie umzuwandeln, wäre ein Laser (Stichwort: Frequenzverdopplung). Allerdings funktioniert das nur dann gut, wenn der Laser eine hohe Intensität hat. Es handelt sich um einen nichtlinearen Effekt: Bei geringerer Intensität werden überproportional weniger Photonen umgewandelt. Die Photonen der Wärmestrahlung der Erde ergeben nur eine vernachlässigbare Ausbeute (Meschede, 2006: 577).

Ein Mechanismus, der eine geringfügige Frequenzerhöhung oder eine minimale Ausbeute einer größeren Frequenzerhöhung produziert, würde keinen nennenswerten Nettoeffekt ergeben, da immer auch der umgekehrte Fall (Frequenzverringerung) eintreten kann (ebd.: 624), sodass sich das thermische Strahlungsgleichgewicht (bzw. das Plancksche Strahlungsspektrum)

nicht ändert. Bei zu großer Ausbeute an kurzwelliger Strahlung ergäbe sich wiederum ein Widerspruch zum 2. Hauptsatz der Thermodynamik, wie zuvor schon erläutert.

Theoretisch denkbar wäre ein Mechanismus, der umgekehrt wie der im Text des Welsbach-Patents vorgeschlagene funktioniert: Die Wärmestrahlung der Erdoberfläche wird absorbiert und dafür eine Strahlung mit einer *größeren* Wellenlänge, wo die Erdatmosphäre durchlässiger ist, abgegeben. So verhalten sich Stoffe bei sehr tiefen Temperaturen. In der unteren Erdatmosphäre werden die tiefsten Temperaturen in der Tropopause mit -50 bis -80 °C erreicht (Klose, 2008: 40). Bei dieser Temperatur ist die maximale Intensität der Wärmestrahlung (laut Wienschem Verschiebungsgesetz) allerdings immer noch genau in dem Bereich, wo CO_2 stark absorbiert ($\sim 13\text{--}17$ μm). Es wäre also nichts gewonnen. Außerdem wäre dieser Mechanismus, selbst wenn er funktionierte, in der Tropopause nicht sehr effektiv, weil sich der Treibhauseffekt hauptsächlich in den Schichten unter der Tropopause (= in der Troposphäre) abspielt, denn dort sind 70–90% der Luftmasse enthalten (ebd.: 40). In der Troposphäre ist jedoch die Atmosphäre wegen des Wasserdampfs auch für längerwellige Infrarotstrahlung dicht (Stichwort: atmosphärisches Fenster), sodass der Mechanismus dort erst recht nicht funktioniert, selbst wenn man irgendwie die extrem tiefen Temperaturen herstellen könnte.

Diese Ausführungen beweisen nicht, dass es undenkbar ist, die von Chang & Shih patentierte Idee in geeigneter Weise abzuändern, um daraus eine funktionierende Geoengineering-Maßnahme zu machen. Es wurde jedoch gezeigt, dass die Lücke in den Erläuterungen im Patenttext groß ist und es nicht auf der Hand liegt, wie diese geschlossen werden könnte, wenn dies überhaupt möglich sein sollte.

Kurze Schlussfolgerungen

Eine Umsetzbarkeit des von (Chang & Shih, 1991) patentierten Wirkprinzips zur Milderung des anthropogenen Treibhauseffekts ist nicht gegeben. Der Patenttext muss in der wissenschaftlichen Literatur zum Thema Geoengineering nicht weiter beachtet werden.

Literatur

- Chang, D. B., & Shih, I. (1991). *Stratospheric Welsbach Seeding for Reduction of Global Warming*, <http://www.freepatentsonline.com/5003186.html> [letzter Zugriff: 2.10.2015].
- Haken, H., & Wolf, H. C. (2004). *Atom- und Quantenphysik: Einführung in die experimentellen und theoretischen Grundlagen*. 8. Aufl. Berlin: Springer.

- Kiel Earth Institute (2011). *Gezielte Eingriffe in das Klima? Eine Bestandsaufnahme der Debatte zu Climate Engineering*, http://www.kiel-earth-institute.de/sondierungsstudie-climate-engineering.html?file=tl_files/media/downloads/CE_gesamtstudie.pdf [letzter Zugriff: 2.10.2015].
- Klose, B. (2008). *Meteorologie: Eine interdisziplinäre Einführung in die Physik der Atmosphäre*. Berlin: Springer.
- Kraus, H. (2004). *Die Atmosphäre der Erde: Eine Einführung in die Meteorologie*, 3. Aufl. Berlin: Springer.
- Meschede, D., & Gerthsen, C. (2006). *Gerthsen Physik*. 23. Aufl. Berlin: Springer.
- Rybach, J. (2010). *Physik für Bachelors*. 2. Aufl. München: Carl Hanser.
- Sauberer-Himmel.de (2011). *Bitte schützen Sie mich vor den „Chemtrails“* (Brief an das Umweltbundesamt), <http://www.sauberer-himmel.de/wp-content/uploads/2011/09/Protestbrief-an-Umweltbundesamt.doc> [letzter Zugriff: 2.10.2015].
- Stetter, G. (2004). Die Zerstörung des Himmels. *Raum & Zeit*, 127, 5-15, <http://www.chemtrails.ch/ZERSTOERUNG-DES-HIMMELS.pdf> [letzter Zugriff: 2.10.2015].
- Umweltbundesamt (2011). *Chemtrails – Gefährliche Experimente mit der Atmosphäre oder bloße Fiktion?*, <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3574.pdf> [letzter Zugriff: 2.10.2015].