

Ruß in Deutschland: Hintergrundinformationen für Entscheidungsträger

Teil 1: Wirkung und gesetzliche Regelungen

Laut Weltklimarat ist Ruß einer der stärksten Klimatreiber nach CO₂. Die Weltgesundheitsorganisation hat wiederholt erklärt, dass Dieselruß krebserregend ist. In Deutschland sind weder Immission noch Emission von Ruß geregelt und werden auch nicht einheitlich gemessen.

Dieses Papier ist das Ergebnis des Fachdialoges „Wie stark wärmt Ruß wirklich und welche politischen und administrativen Rahmen bestehen?“ vom 14. Januar 2014. Es fasst aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse zu Ruß und die derzeitigen gesetzlichen Rahmenbedingungen zusammen.

Das Dokument soll Grundlage für die Entwicklung konkreter und zielführender Gegenmaßnahmen in Deutschland sein, die im Rahmen einer weiteren Veranstaltung diskutiert werden.



Gefördert durch das
EU LIFE-Programm.



Was ist Ruß, woher kommt er und wie wirkt er?

Entstehung, Eigenschaften und Transport in der Atmosphäre

Ruß entsteht durch die unvollständige Verbrennung von fossilen und biogenen Brennstoffen. Typische Emissionsquellen sind Verkehr, private Kleinfeuerungsanlagen wie z.B. Kamine, landwirtschaftliche Feuer und Waldbrände. Rußteilchen sind sehr klein und werden manchmal in nur wenigen Stunden aus der Atmosphäre entfernt, können aber auch bis hin zu mehreren Tagen in der Atmosphäre verbleiben, weshalb sie über größere Distanzen transportiert werden können – z.B. von Deutschland bis in die Arktis. Mit einem Durchmesser von ca. $0.05 - 0.10 \mu\text{m}$ bei der Emission, agglomerieren sie schnell in der Atmosphäre und bilden Teilchen von ca. $0.20 - 0.30 \mu\text{m}$. Aufgrund ihrer geringen Größe machen Rußteilchen nur einen sehr geringen Teil der Gesamtmasse des Feinstaubs (PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$, Feinstaub mit einem Durchmesser kleiner $10 \mu\text{m}$ und kleiner als $2.5 \mu\text{m}$, siehe → Abbildung 1) aus. Zum Vergleich: Ein PM_{10} Partikel hat bei gleicher Dichte 64-mal mehr Masse als ein $\text{PM}_{2.5}$ Partikel und 1 Million mehr Masse als ein Rußpartikel. Bei den gesetzlich vorgeschriebenen Messungen von Feinstaubmasse dominieren daher die größeren Teilchen, wohingegen die kleineren Teilchen kaum Einfluss auf den Massewert haben. Für Feinstaub gelten drei verschiedene Massegrenzwerte:

- » $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Tagesgrenzwert, Überschreitung an max. 35 Tagen
- » $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Jahresmittelwert für PM_{10} sowie
- » $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Jahresmittelwert für $\text{PM}_{2.5}$ (ab 2015).

Messungen von $\text{PM}_{0.5}$, Partikelanzahlkonzentrationen oder die direkte Messung von Black Carbon oder elementarem Kohlenstoff liefern für Ruß aussagekräftigere Daten. Zusammen mit Ruß werden noch viele weitere Substanzen emittiert (Ko-Emissionen), die Großteils kühlend auf das regionale Klima wirken und gesundheitsschädlich sind. Zu den ko-emittierten Substanzen gehören z.B. andere Feinstaubsubstanzen, Stickoxide (NO_x), flüchtige organische Verbindungen (VOCs) und Kohlenmonoxid

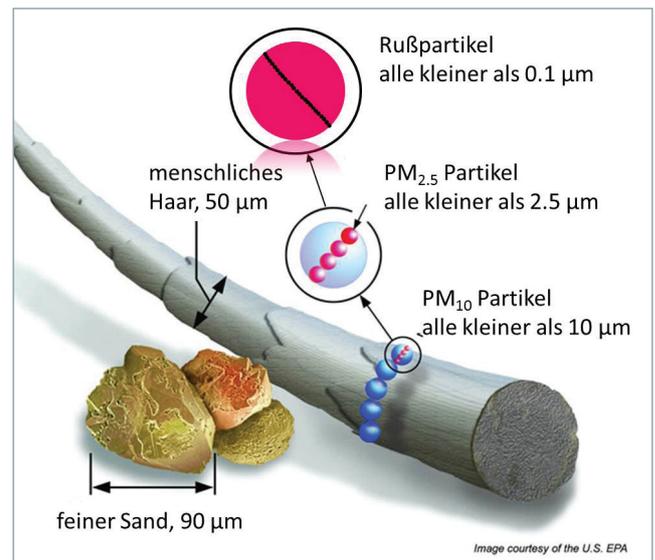


Abbildung 1: Größe von Feinstaubpartikeln (PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$) und Ruß im Vergleich zu einem menschlichen Haar.

(CO), die gleichzeitig auch zur Ozonbildung beitragen. Methan (CH_4), welches ebenfalls zur Ozonbildung beiträgt und das Klima wärmt, wird vor allem bei Biomasseverbrennung mitemittiert. Ko-emittierte polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) haben zwar keine Auswirkung auf das Klima, sind aber krebserregend.

Gesundheitsgefahr

Ruß ist gesundheitsgefährdend, weil er aufgrund seiner geringen Größe tief in die Lunge und sogar in den Blut- bzw. Herzkreislauf eindringt, wo er Entzündungen verursacht. Als Träger schädlicher Stoffe löst er weitere Erkrankungen aus. An den ultrafeinen Rußpartikeln haften unter anderem krebserregende Stoffe, die zeitgleich durch den Verbrennungsprozess emittiert wurden. Die derzeitigen Immissionsgrenzwerte von PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ sind für die Begrenzung von Rußemissionen nicht zielführend, weil sie nur Feinstaubkonzentrationen insgesamt unabhängig von der Emissionsquelle regulieren und der Massebeitrag von Ruß am Feinstaub gering ist. Da Feinstaub insgesamt gesundheitsgefährdend ist, dienen die aktuellen Grenzwerte in der Tat dem Gesundheitsschutz, sind jedoch nur teilweise ausreichend.

Klimarelevanz

Im Gegensatz zu anderen Partikeln absorbiert Ruß Licht anstatt es zu streuen. Zum Vergleich: Während Wolken 90 % des Lichts streuen, absorbiert Ruß bis zu 70 % und wandelt Sonnenenergie in thermische Energie um, erhitzt also seine Umgebung und damit die Atmosphäre. Laut dem Bericht des Weltklimarates 2013 ist Ruß global für eine Erwärmung von umgerechnet ca. $0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ verantwortlich, d.h. für einen Strahlungsantrieb¹ von $0.6 \text{ W}/\text{m}^2$. Nach einer neueren Studie von Bond et al. (2013) sind es $1.1 \text{ W}/\text{m}^2$. Die reelle Klimawirkung von Ruß hängt aber sehr stark von den kühlend wirkenden Ko-Emissionen ab. Ruß wirkt folglich je nach Quelle unterschiedlich (→ siehe Tabelle 1).

¹ Der Strahlungsantrieb, oft auch als Klimaantrieb bezeichnet, ist ein Maß für die Strahlungsenergie, welche z.B. durch die veränderte Konzentration von Treibhausgasen und Feinstaub zustande kommt und sich in einer veränderten Temperatur äußern kann.



Verbrennung von Biomasse in Kleinfeuerungsanlagen wird in Zukunft die größte Quelle von Ruß in Deutschland sein.

Emissionsquelle	Nettowirkung auf das Klima	Strahlungsantrieb (W/m ²) beste Schätzung (90 % Vertrauensintervalls)
Dieselmotoren (Straße)	wärmend	0.09 (-0.01, 0.22)
Dieselmotoren (off-road)	wärmend	0.04 (-0.01, 0.11)
andere Quellen	wärmend	0.05 (-0.04, 0.16)
Kohleheizung in Haushalten	gering wärmend	0.03 (-0.02, 0.11)
Biomasseheizung	gering wärmend	0.01 (-0.01, 0.03)
Brandrodung in der Landwirtschaft	neutral	0.00 (-0.03, 0.03)
Industriekohle	leicht kühlend	-0.04 (-0.11, 0.04)
Brandrodung von Grasflächen	kühlend	-0.11 (-0.46, 0.14)
Brandrodung von Wäldern	kühlend	-0.17 (-0.47, 0.04)

Tabelle : Klimawirkung von Ruß aus verschiedenen Emissionsquellen nach Bond et al., 2013

Aufgrund der kurzen Lebensdauer von Ruß in der Atmosphäre würde seine Wirkung auf die Luftmassen innerhalb weniger Tage enden, sobald er nicht mehr ausgestoßen wird. Allerdings entfaltet Ruß dennoch eine längerfristige Wirkung: Seine dunkle Farbe trägt dazu bei, die sogenannte Albedo² von Schnee und Eis zu verringern und diese dadurch schneller zum Schmelzen zu bringen. Zudem wird die durch Ruß in der Atmosphäre entstandene Wärme in den Ozeanen gespeichert. Dies führt zu einem anteilig erhöhten Meeresspiegelanstieg (bis zu 15 cm bis Ende des Jahrhunderts), selbst wenn alle Rußemissionen sofort gestoppt würden.

Ruß hat weitere folgende Wirkungen:

- » Da Ruß die Temperatur der Atmosphäre erhöht, wirkt er sich auch auf die Wolkenbildung aus. Je wärmer die Luftmassen, desto weniger Wolken entstehen. Da Wolken insgesamt eine kühlende Wirkung auf das Klima haben, wirkt Ruß hierdurch ebenfalls indirekt erwärmend.
- » Zur Erwärmung der Arktis trägt einerseits der Transport von Rußteilchen dorthin bei (Stichwort Albedo), andererseits aber auch der atmosphärische Transport von Wärme, die bereits in anderen Regionen u.a. durch Rußemissionen entstanden ist.
- » Rußteilchen in der Luft stabilisieren die Atmosphäre durch die Absorption von Sonnenenergie. Dies reduziert den Luftmassenaustausch, wodurch sich immer mehr Luftschadstoffe anreichern können und die Wirkung verstärkt wird.

Regelung zu Rußemissionen und Immissionen in Deutschland

Quellen

In Deutschland sind zur Zeit die Rußemissionen aus dem Verkehr und feststoffbestückten Kleinfeuerungsanlagen in Haushalten (v.a. Holzöfen und -kamine) dominierend. Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen werden in Zukunft an Bedeutung gewinnen, weil ihr Bestand immer weiter zunimmt und weder die nationalen noch die europäischen gesetzlichen Auflagen diesen Bereich – vor allem beim Bestand – ausreichend umfassen. Im Straßenverkehr werden in Zukunft bei entsprechender Umsetzung

die Euro 5/V und 6/VI Normen für einen Rückgang sorgen. Im Fahrzeugbereich hat deshalb die Emissionsreduktion bei mobilen Maschinen und Geräten wie Schiffen, Schienenfahrzeugen und Baumaschinen Priorität.

Grenzwerte

Die Immission von Ruß in Deutschland ist nicht effektiv und nur indirekt über Grenzwerte für Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) geregelt. Da Ruß aber durch seine kleine Größe nur einen geringen Massebeitrag liefert, geben diese Indikatoren nur wenig Information über die tatsächliche Menge an Ruß in der Luft. Für aussagekräftigere Daten muss Ruß direkt gemessen werden (siehe Abschnitt Messungen). Ein eigener Grenzwert für Ruß mit Bezug auf die Gesundheits- oder Klimawirkung ist möglich, sobald sich die europäischen Staaten auf eine einheitliche Messmethode geeinigt haben.

Deutschland kann hier eine Vorreiterrolle übernehmen, da entsprechendes Know-How sowohl im wissenschaftlichen wie auch im administrativen Bereich vorhanden ist. Bis in die 90er Jahre gab es in Deutschland einen Prüfwert für „black smoke“, der in der 23. BImSchV mit 8 µg/m³ Jahresmittelwert verankert war. Dieser Prüfwert wurde allerdings mit der Einführung des verbindlichen, einklagbaren und EU-weit geltenden Grenzwertes für PM₁₀ abgeschafft und somit die Messungen von Ruß weitestgehend eingestellt. Es wäre denkbar, einen Grenzwert für Ruß in PM₁₀ oder PM_{2,5} analog zum Grenzwert von z.B. Blei in PM₁₀ zu schaffen.

Darüber hinaus fehlen explizite Emissionsgrenzwerte für Ruß für die diversen Quellen. Auch hier wird Ruß in Feinstaubemissionsgrenzwerten subsummiert mit den genannten Unzulänglichkeiten. Im Emissionsbereich ist ebenfalls eine EU-Regelung notwendig, die die Festlegung einer einheitlichen Messmethode einschließt. Dies wird in einer entsprechenden Arbeitsgruppe, Task Force on Emission Inventories and Projections (TF EIP), unter der Genfer Luftreinhaltekonvention erarbeitet.

Für den Bereich der Kleinfeuerungsanlagen werden zu Beginn 2014 Geräte zur Messung von Rußemissionen zugelassen. Die Lösungen für andere Emissionsquellen können sich daran anschließen.

Messungen

Prinzipiell unterscheidet man zwischen zwei Messmethoden: optische Messung der Lichtabsorption (relevant für die Klimawirkung) und Ermittlung der Masse elementaren Kohlenstoffs

² Die Albedo ist ein Maß für das Rückstrahlverhalten nicht selbst leuchtender Oberflächen.

(relevant für Gesundheitsauswirkungen). Entsprechende Messgeräte sind kommerziell erhältlich und vor allem die Absorptionsmessgeräte haben sich als gute Option für Monitoring-Netzwerke erwiesen.

Dennoch sind die nur freiwillig erfolgenden Messungen von *Rußimmissionen* in Deutschland und auch in der EU derzeit nicht harmonisiert. *Rußemissionsmessungen* werden sogar nur versuchsweise durchgeführt. Die großen Abweichungen zwischen den Messgrößen aufgrund unterschiedlicher Messmethoden führen zu Unsicherheiten, wodurch die Daten nicht belastbar sind. Dies führt dazu, dass es in Deutschland kein Emissionskataster von Ruß gibt und auch Immissionswerte trotz der signifikanten Auswirkungen auf Gesundheit und Klima nicht routinemäßig berichtet werden.

Gegenmaßnahmen und nachhaltige Zukunftsstrategien: Klimaschutz und Luftreinhaltung gemeinsam bedenken

Der aktuelle Fokus der meisten Kommunen in Deutschland liegt auf der Bekämpfung der verbliebenen PM₁₀ Hotspots, um die seit 2005 verbindlichen EU Grenzwerte, die seit 2010 flächendeckend gelten, einzuhalten. Die eigentliche Aufgabe, der Gesundheitsschutz der Bevölkerung, steht dabei nicht unbedingt im Vordergrund. Hierfür wären weitergehende Grenzwerte (z.B. Konzentrationen von Partikelanzahl, Ruß und Ozon oder ein anspruchsvoller PM_{2,5} Grenzwert) notwendig. Auch wird nicht gezielt die Emissionsminderung von Ruß beachtet.

Es gibt aber eine Reihe konkreter Maßnahmen, die ein erhebliches Minderungspotential für Ruß haben (siehe Informations-

blatt Teil 2 zu konkreten Gegenmaßnahmen). Hierbei muss allerdings berücksichtigt werden, dass für ein nachhaltiges Handeln gleichzeitig die Auswirkungen auf das Klima und die Gesundheit und Umwelt betrachtet und abgewogen werden müssen.

Luftverschmutzung und Klimawandel sind auf mehreren Ebenen sehr eng miteinander verknüpft. Sowohl Luftschadstoffe als auch Treibhausgase werden meist aus denselben Quellen emittiert und einige Luftschadstoffe nehmen direkten Einfluss auf das Klima. Maßnahmen, die zur Minderung dieser kurzlebigen klimarelevanten Luftschadstoffe wie Ruß führen, dienen daher zugleich dem Klima- und dem Gesundheitsschutz. Das Potenzial für eine gemeinsame Strategie zur Luftreinhaltung und zum Klimaschutz wird bislang weder in Deutschland noch in Europa ausgeschöpft. Es gibt sogar Ansätze im Klimaschutz und in der Luftreinhaltung, die für den anderen Bereich jeweils Negativwirkung haben.

Ein Beispiel hierfür ist das Heizen mit Biomasse, das zwar annähernd CO₂-neutral ist, jedoch zu erhöhter Luftverschmutzung führt.

Auch die Subvention von Dieseltreibstoff zur Steigerung der Energieeffizienz im Verkehrssektor führt zu erhöhten Schadstoffemissionen aus diesen Motoren, die sich negativ auf die Luftqualität in den Städten auswirkt. Dem muss durch den Einsatz von Katalysatoren und Partikelfiltern wiederum entgegen gewirkt werden.

Um solchen Zickzack-Kursen vorzubeugen wäre eine engere Koordination zwischen Luftreinhaltung- und Klimaschutzstrategien sinnvoll. In einer folgenden Veranstaltung werden Maßnahmen vor genau diesem Hintergrund mit Experten diskutiert und in einem zweiten Papier zusammengefasst.

Danksagung

Wir bedanken uns bei den Referenten des Klimadialogs vom 14.01.2014, Andreas Macke (Institut für Troposphärenforschung, Leipzig), Andreas Wahner (Forschungszentrum Jülich), Mark Lawrence (Institute for Advanced Sustainability Studies, Potsdam) und Marion Wichmann-Fiebig (Umweltbundesamt, Dessau)

Impressum

Berlin, März 2014

Kontakt:

Julia Schmale – julia.schmale@iass-potsdam.de
Annette Grass – grass@duh.de

Mehr Informationen und die weiteren Teile der Ruß-Informationsserie finden Sie hier:

www.duh.de
climpol.iass-potsdam.de

