

UMWELTMEDIZIN

Feine und ultrafeine Stäube beeinflussen wesentlich die Kindergesundheit (Teil 1)

Thomas Lob-Corzilius, Osnabrück

In der von unterschiedlichen Medien rezipierten Pressemitteilung der GPA vom Mai 2017 („Kinderärzte und Umweltmediziner fordern strikte Einhaltung der EU-Grenzwerte für Feinstaub und Stickoxid“ [2]) wurde v. a. auf die Bedeutung der verkehrsbedingten Emissionen für die Kindergesundheit verwiesen. Dieser Artikel befasst sich nun ausführlicher mit den physikochemischen und (patho-)physiologischen Grundlagen der Feinstäube und ultrafeinen Partikel. Er lenkt ferner die Aufmerksamkeit auf andere Feinstaubquellen wie Ammoniak, aber auch Silvesterfeuerwerke, die ebenfalls einen bedeutsamen Beitrag zur Luftschadstoffbelastung national, aber auch europaweit leisten. In der kommenden Ausgabe sollen dann die gesundheitlichen Auswirkungen sowie weitere, sinnvolle Minimierungsstrategien diskutiert werden.

Was ist Feinstaub?

Feinstaub besteht aus einem komplexen Gemisch fester und flüssiger Partikel unterschiedlicher Größe und Stoffe. Feinstaub ist ubiquitär verbreitet und hat teilweise natürliche Quellen wie Pollen, Insektenbestandteile, Mineralien und aufgewirbelten Sand, z. B. aus der Landwirtschaft, aber auch aus Wüsten

stammend. Andere Anteile kommen aus Verbrennungsprozessen und Transport in Verkehr, Industrie und Haushalt wie Ruß, Reifen- und Bremsabrieb, Metalle und Salze.

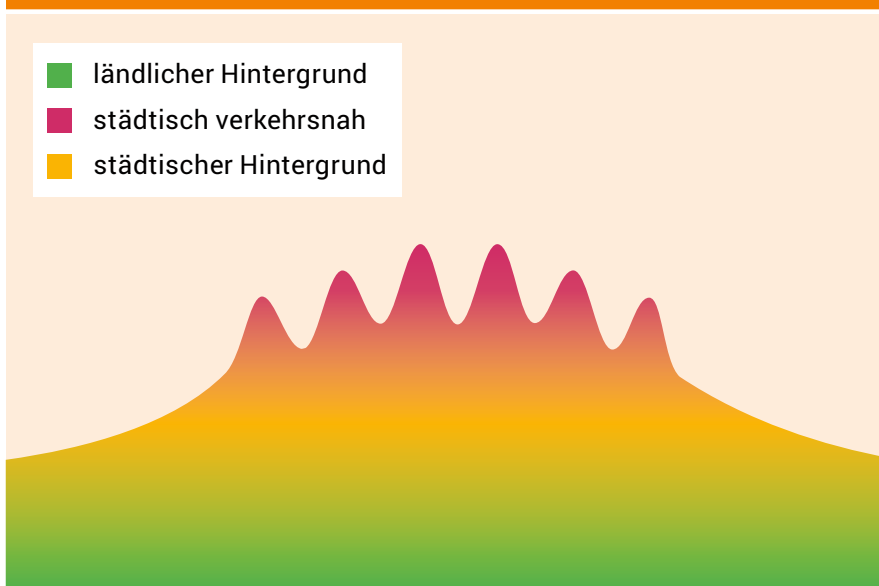
Entstehen die Partikel durch gasförmige Vorläufersubstanzen wie z. B. dem Ammoniak, werden sie als **sekundäre Feinstäube** bezeichnet. Mehr als zwei Drittel

aller Feinstäube sind sekundärer Natur. Landwirtschaftliche Emissionen machen mit ca. 40% den höchsten relativen Anteil an der Feinstaubbelastung aus. Dies wird im Jahresmittel als sog. Hintergrundbelastung bezeichnet (Abb. 1).

In wissenschaftlichen Publikationen werden Feinstäube unterteilt in:

- Lungengängige Stäube mit einer Größe bis zu 10 µm (PM 10), entsprechend der Größe einer Zelle; sie werden als Feinstäube bezeichnet,
- Partikel bis zu 2,5 µm (PM 2,5), entsprechend der Größe eines Bakteriums, werden als Feinststäube bezeichnet. Feinststäube können bis in die terminalen Bronchien und Alveolen inhaliert werden.
- Schließlich werden noch die ultrafeinen Partikel (UFP) mit einer Größe bis zu 0,1 µm (PM 0,1) unterschieden; dies entspricht in etwa der Größe von Viren oder noch kleiner. Die UFP's werden über das alveolokapilläre Interstitium in die Blutbahn aufgenommen, über den Kreislauf verteilt und können somit systemisch wirksam werden. Möglicherweise sind sie auch in der Lage, die Blut-Hirn-Schranke zu überwinden.

Abbildung 1. ↗ Belastung durch Feinstaub und Stickstoffdioxid aus unterschiedlichen Quellen



mit frdl. Genehmigung des Umweltbundesamts, modifiziert nach [3]

Grenzwerte und Messverfahren

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit gelten seit dem 1. Januar 2005 für die europäische Union für die **Feinstaubfraktion bis PM 10** ein **Tagesgrenzwert** von **50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , der nicht öfter als 35-mal im Jahr überschritten werden darf sowie ein zulässiger **Jahresmittelwert** von **40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Für die noch **kleineren Partikel PM 2,5** ist seit 1. Januar 2015 ein Zielwert von **25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** im Jahresmittel verbindlich einzuhalten, ab dem 1. Januar 2020 dürfen die **PM 2,5-Jahresmittelwerte** den Wert von 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht mehr überschreiten.

Die von der WHO schon seit Jahren empfohlenen Richtwerte liegen mit 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für **PM 10** und mit 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für **PM 2,5** nur bei der Hälfte der Grenzwerte der europäischen Union!

Gemessen wird das Gewicht auf Filtern bezogen auf die Partikelgröße pro m^3

Luft. Gegenüber 10 μm Partikeln sind bei gleichem Gewicht >50-mal mehr Teilchen mit einer Größe von 2,5 μm in der Luft pro m^3 , von den ultrafeinen Partikeln (PM 0,1) sind sogar 10.000-mal mehr. Entscheidend ist aber deren reaktive Oberfläche, an die eine Vielzahl toxischer und auch karzinogener Substanzen wie die Polyzyklischen Aromate (PAK: Benzol, Phenol etc.) andocken und damit in den Körper gelangen können. Primäre UFP's haben eine kurze Lebensdauer (Minuten bis Stunden) und bilden über Koagulations- und/oder Kondensationsreaktionen rasch größere, komplexe Aggregate bis etwa 1 μm . Sie befinden sich im Allgemeinen in frischen Emissionen aus Verbrennungsprozessen wie Kraftfahrzeugabgasen und photochemischen Reaktionen in der Luft [5].

Stickoxide, Feinstaub und UFP

Die wachsende Bedeutung von Feinstaub und UFP's im Gemisch verkehrsabhängi-

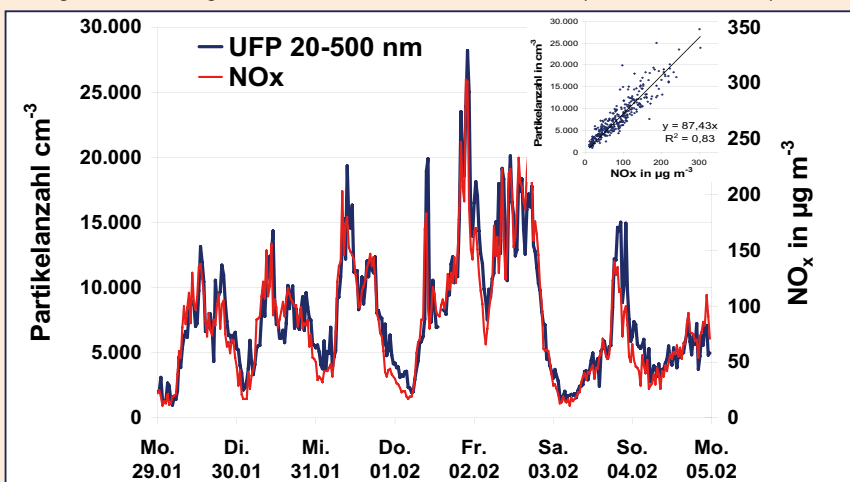
ger Luftschadstoffe wird auch durch die aktuelle Diskussion um die gesundheitlichen Wirkungen von Stickoxiden (NO_2) deutlich. Wissenschaftlich wird intensiv die Frage diskutiert, inwieweit diese dem NO_2 als Gas alleine zuzuschreiben sind oder ob NO_2 nicht vielmehr als gut messbarer und wesentlicher Indikator für ein Gemisch verkehrsabhängiger Luftschadstoffe, wie ultrafeine Partikel, Ruß (elementarer Kohlenstoff), PAK etc. dient.

Illustriert wird diese Hypothese z.B. durch Luftschadstoffmessungen, die im Rahmen des UFIPOLNET-Projekts mit dem Ziel einer Dauermessung von Ultrafeinstaubpartikel-Größenverteilungen in Dresden erfolgten [6] (Abb. 2). In der Grafik wird eine gute Korrelation zwischen Stickoxiden (NO_x) und der Anzahl ultrafeiner und feiner Partikel für eine Messung über 8 Tage im Jahr 2007 gezeigt. Interpretierbar ist sie nur bei gleicher Belastungsquelle (hier der Kraftfahrzeugverkehr). Mit Einführung der Dieselpartikelfilter in den letzten 10 Jahren hat sich dieses Verhältnis geändert. Dazu gibt es aber bisher keine Folgeuntersuchungen.

Im Februar 2018 hat das Umweltbundesamt einen ausführlichen Abschlussbericht zur „Quantifizierung von umweltbedingten Krankheitslasten aufgrund der Stickstoffdioxid-Exposition in Deutschland“ [7] vorgelegt. In der dazu erschienenen Pressemitteilung wird dargelegt, dass sich „für das Jahr 2014 statistisch etwa 6.000 vorzeitige Todesfälle aufgrund von Herz-Kreislauf-Erkrankungen auf die NO_2 -Hintergrund-Belastung im ländlichen und städtischen Raum zurückführen lassen. Die Studie zeigt außerdem: Die Belastung mit Stickstoffdioxid steht im Zusammenhang mit Krankheiten wie Diabetes mellitus, Bluthochdruck, Schlaganfall, der chronisch obstruktiven Lungenerkrankung (COPD) und Asthma“. [8].

Abbildung 2. ↗ Luftschadstoffmessungen in Dresden: UFP und Stickoxide verhalten sich in dieser Messung über 8 Tage fast parallel

Vergleichsmessungen NO_x Dresden Schlesischer Platz (29.01.–05.02.2007)



14.05.2007

Freistaat Sachsen
Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie

UFIPOLNET – Dauermessung von Ultrafeinstaub-Partikelgrößenverteilungen in der Stadt

Diese klare Zuordnung ist nicht unwidersprochen geblieben. So hat Wichmann in seinem Diskussionsbeitrag „Gesundheitliche Risiken von Stickstoffdioxid im Vergleich zu Feinstaub und anderen verkehrsabhängigen Luftschadstoffen“ [4] dargelegt, dass „die Datenlage zu Effekten der *Langzeitexposition* von NO₂ weniger eindeutig ist. In den quantitativen Abschätzungen auf die Mortalität sehen US-Environmental Agency und WHO/EU die Datenlage zu vorzeitigen Todesfällen und verlorenen Lebensjahren als begrenzt an. [...] Die Beweiskraft für Effekte der *Langzeitexposition* von Feinstaub (PM 2,5) auf die Mortalität (Gesamtsterblichkeit) sowie Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen wird von WHO/EU und US-EPA als hoch angesehen. [...] WHO/EU verweist darauf, dass NO₂ möglicherweise ein Schadstoffgemisch repräsentiert und man nicht ausschlie-

ßen kann, dass derartige Abschätzungen nicht die Wirkungen des NO₂-Gases allein wiedergeben.“

Die hier erwähnten, gesundheitlichen Auswirkungen von Luftschadstoffen werden ausführlich im Teil 2 der kommenden Ausgabe dieses Journals dargestellt werden.

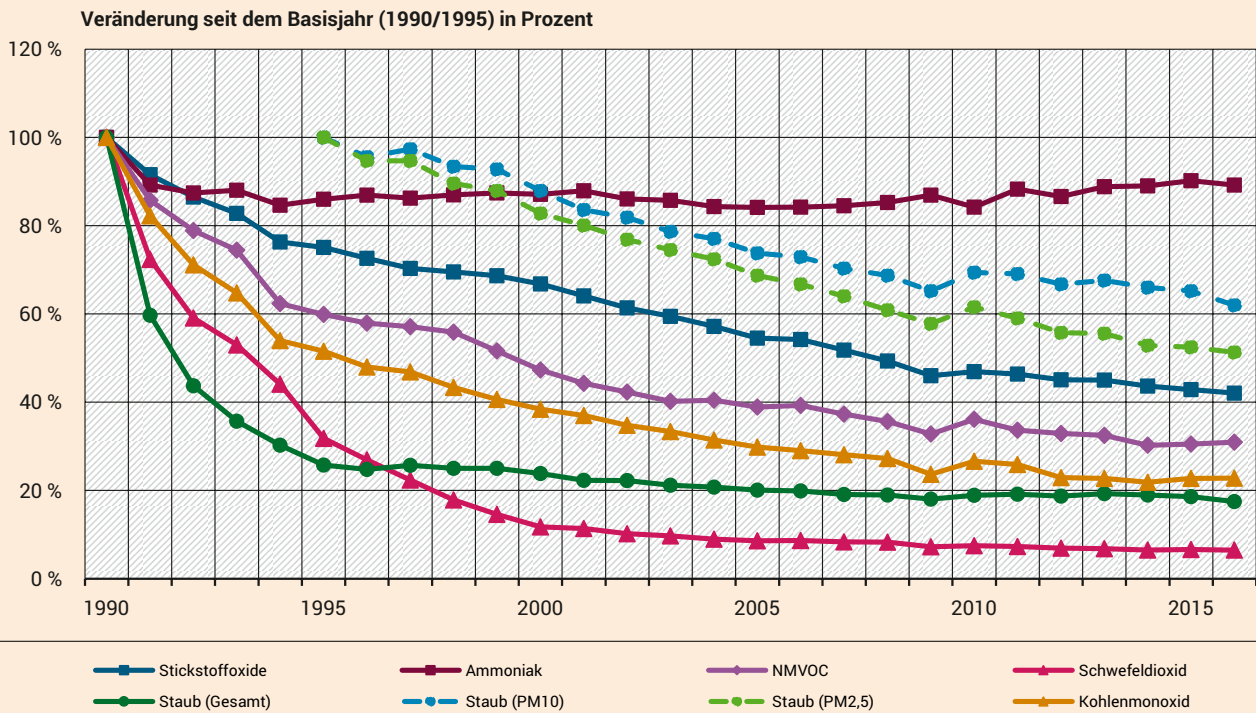
Ammoniak als wichtige Feinstaubquelle

Ammoniak (NH₃) ist ein giftiges Gas mit einem stechenden Geruch, das Augen und Atemwege reizt. Sobald es freigesetzt wird, reagiert es rasch mit anderen Luftschadstoffen und bildet Ammoniumsulfat sowie -nitrat als Feinstaubpartikel <PM 2,5. Über 90% der Ammoniakemissionen in Europa stammen aus der Landwirtschaft. Der größte Teil

davon entsteht in der Tierhaltung, meist bei der Zersetzung von Harnstoff oder Eiweiß in der Gülle von Nutztieren. Ammoniumnitrat, das aus der Reaktion von Ammoniak mit Salpetersäure hervorgeht, trägt in vielen westeuropäischen Städten mit einem Anteil von 10–20% zur Feinstaubbelastung bei. In Regionen mit intensiver Massentierhaltung, wie z. B. im westlichen Niedersachsen, liegt der Anteil noch wesentlich höher. Ammoniumsulfat und -nitrat verbleiben als sekundärer Feinstaub für einige Tage, teilweise sogar bis zu einer Woche in der Atmosphäre und werden über große Entfernungen transportiert, beeinträchtigen somit Ökosysteme sowie die Gesundheit von Menschen in ganzen Regionen [9].

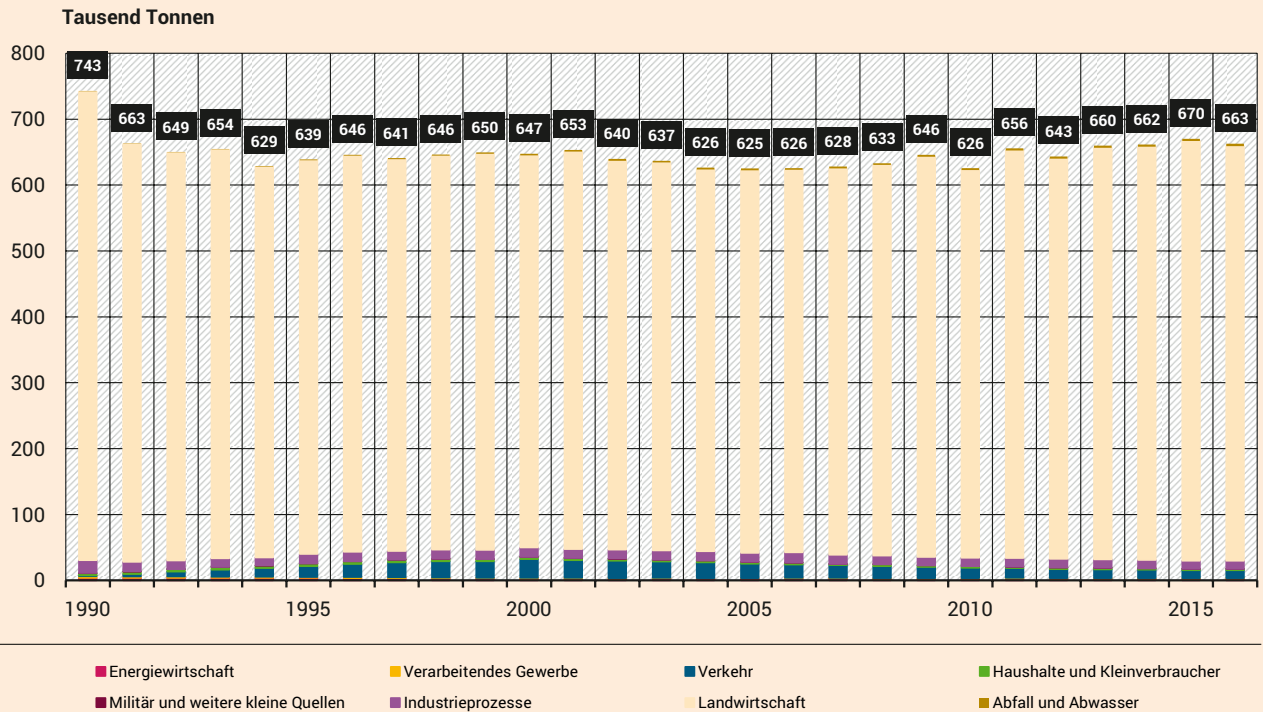
Wie die Abbildung 3 des Umweltbundesamts belegt, sind die Ammoniakemissionen in Deutschland als einzigem

Abbildung 3. ↗ Entwicklung der Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe zwischen 1990 und 2015



Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2016 (Endstand 02/2018)

Abbildung 4. ↗ Quellen von Ammoniak-Emissionen: Die Landwirtschaft macht den größten Anteil aus



Verkehr: ohne land- und forstwirtschaftlichen Verkehr
 Haushalte und Kleinverbraucher: mit Militär und weiteren kleinen Quellen (u.a. land- und forstwirtschaftlichem Verkehr)

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2016 (Endstand 02/2018)

mit frdl. Genehmigung des Umweltbundesamts

Luftschadstoff in den letzten 25 Jahren nach anfänglicher leichter Reduktion in den letzten 5 Jahren noch angestiegen! Davon stammen um die 95% aus der Landwirtschaft mit ihrer intensiven Massentierhaltung (Abb. 4).

Diese Entwicklung erfolgte trotz der lange bekannten und in der EU vereinbarten, nationalen Emissionshöchstmenge (NEC) für Deutschland von 550 Kilotonnen pro Jahr. Soweit absehbar wird dies nach dem Stickoxid die nächste Vertragsverletzungsklage vor dem Europäischen Gerichtshof nach sich ziehen.

Minimierungsstrategien

Diese lassen sich prinzipiell in kurz-, mittel- und längerfristige Strategien unterscheiden [9].

1. Durch Verkleinerung der offenen Oberfläche bei der Güllelagerung können Ammoniakemissionen rasch reduziert werden. Dazu gehören:
 - ▮ Abdecken des Güllebehälters durch einen Deckel, ein Dach oder eine Plane,
 - ▮ Zugabe von Schwimmdecken wie Kunststofffolien, Stroh, Torf oder Rinde,
 - ▮ das Ermöglichen einer natürlichen Kruste auf der Gülleoberfläche,
 - ▮ den Ersatz von Güllegruben durch abgedeckte Tanks oder offene Tanks mit größerer Tiefe,
 - ▮ Güllesäcke oder Aufbewahrungskisten.
2. Eine verbesserte Bodendüngung kann durch andere Ausbringungsmethoden rasch umgesetzt und dadurch der Luftkontakt mit Ammoniak

vermindert werden, beispielsweise durch

- ▮ Verbreiten der Gülle durch einen Schleppschauch oder Schleppschuh,
 - ▮ Verwenden von Gülle-Injektoren zum direkten Einspritzen,
 - ▮ Einarbeiten von Mist und Gülle in den Boden,
 - ▮ Verdünnen der Gülle um mindestens 50% durch Niederdruckbewässerungssysteme.
3. Der Einsatz von eiweißarmem Futter hat erheblichen Einfluss auf die resultierenden Ammoniakemissionen und ist zudem eine kostengünstige Strategie. Dies geschieht durch:
 - ▮ das Erhöhen des Anteils nicht stärkehaltiger Polysaccharide im Futter,
 - ▮ die Zugabe von Futterergänzungsmitteln zur Senkung des pH-Werts.

4. Prinzipiell rasch umsetzbar wäre eine individuelle Reduktion des Fleischkonsums, aber häufig ändert das Wissen um die Bedeutung von Veränderung nicht zwingend das eigene Verhalten. Mittel- und langfristig wird unsere Gesellschaft wie bei anderen Nachhaltigkeitsthemen [1] eine gezielte Veränderung der landwirtschaftlichen Produktionsweise und Rückbau der intensiven Massentierhaltung herbeiführen müssen.

Dicke Luft zum Jahreswechsel

Aber nicht nur die Landwirtschaft setzt erhebliche Mengen an Feinstäuben frei, auch die jährlichen Silvesterfeuerwerke tragen erheblich dazu bei. Dabei werden rund 5000 Tonnen Feinstaub (PM10) frei gesetzt, dies entspricht in etwa 17% der jährlich im Straßenverkehr abgegebenen Menge.

Wie schnell die Feinstaubbelastung nach dem Silvesterfeuerwerk abklingt, hängt v. a. von den Wetterverhältnissen ab. Kräftiger Wind hilft, die Schadstoffe rasch zu verteilen. Bei windschwachen

Wettersituationen mit eingeschränktem vertikalem Luftaustausch verbleiben die Schadstoffe jedoch über viele Stunden in der Luft und reichern sich in den unteren Atmosphärenschichten an. So wurden zum Jahreswechsel 2016/2017 in Leipzig 1860 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Aber auch in München und Nürnberg lagen die Konzentrationen über 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In Städten, in denen auch sonst erhöhte Feinstaubkonzentrationen gemessen werden, führt diese Zusatzbelastung durch Silvesterfeuerwerk oft zu besonders deutlichen Überschreitungen des Tagesmittelwerts bis hin zu 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [10].

Die optimale Minimierungsstrategie ist es, den Konsum an Feuerwerksartikeln schon bei der nächsten Jahreswende zumindest zu reduzieren, wenn nicht ganz zu vermeiden.

Dr. med. Thomas Lob-Corzilius

Kinder- und Jugendarzt
Allergologie, Kinderpneumologie, Umweltmedizin
Sprecher der WAG Umweltmedizin der GPA
thlob@uminfo.de

Literatur

- 1 Dehmer R, Lob-Corzilius Th. Der stille Frühling – ein Leben ohne Insekten. Päd. Allerg. 3/2018, 33-36
- 2 Gesellschaft für Pädiatrische Allergologie und Umweltmedizin e.V.: Pressemitteilung. Kinderärzte und Umweltmediziner fordern strikte Einhaltung der EU-Grenzwerte für Feinstaub und Stickoxide Mai 2017, www.gpau.de/mediathek/pressemitteilungen
- 3 Lenschow et. al. Some ideas about the sources of PM10, Atmospheric Environment 2001; 35: S23–S33
- 4 Wichmann HE. Gesundheitliche Risiken von Stickstoffdioxid im Vergleich zu Feinstaub und anderen verkehrsabhängigen Luftschadstoffen. Umwelt – Hygiene – Arbeitsmed 2018; 23 (2): 57-71
- 5 <https://www.ersnet.org/publications/air-quality-and-health>
- 6 https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/UFIPOINNET_mtk42_070514.pdf
- 7 <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/quantifizierung-von-umweltbedingten-Krankheitslasten>
- 8 <https://www.umweltbundesamt.de/no2-krankheitslasten>
- 9 https://climpol.iass-potsdam.de/sites/climpol/files/wysiwyg/files/fact_sheet_ammoniak_de.pdf
- 10 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/dicke-luft-jahreswechsel>

