

# Die Luftschadstoffe Feinstaub, Stickstoffdioxid und Ozon beeinflussen deutlich die Kindergesundheit – Teil 2



Dr. med. Thomas Lob-Corzilius

## Einfluss von Stickstoffdioxid auf die Kindergesundheit

Im September 2018 publizierte das Deutsche Ärzteblatt erstmals die in der Folge viel diskutierte und hoch umstrittene Kritik des Pneumologen Köh-

ler an den gültigen Grenzwerten von Luftschadstoffen im Allgemeinen und Stickstoffdioxid im Besonderen, deren gesundheitliche Bedeutung er bestritt. (25). Anfang 2019 publizierte Köhler daraus eine medial sehr wirksame Zusammenfassung, die von einer kleinen Minderheit von zumeist Erwachsenenpneumologen unterschrieben wurde. Diese Erklärung blieb nicht ohne entschiedenen Widerspruch insbesondere vonseiten nationaler und internationaler Epidemiologen und Pneumologen (26, 27) aber auch von den Vorständen der Gesellschaften der Pädiatrische Allergologie und Umweltmedizin (28) und Pädiatrischen Pneumologie und auch der DAKJ (30). Im Gefolge der dadurch entfachten Grenzwertdebatte beauftragte die Bundesregierung die „Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina“ mit einer Ad-hoc-Stellungnahme zum Thema „Saubere Luft“ (31).

Deren zentrale Aussagen lauten:

**1. Stickstoffdioxid**, insbesondere Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) gehört zu den weiterhin problematischen Luftschadstoffen (Abb. 8) und entsteht im Straßenverkehr vor allem durch Dieselfahrzeuge, die nicht den neuesten Abgasnormen wie Euro 6dtemp entsprechen. Diese haben einen Anteil von 33% an der PKW-Fahrzeugflotte in Deutschland; Nutzfahrzeuge haben praktisch alle einen Dieselantrieb. Die Jahresmittelkonzentration über die letzten fast 25 Jahre ist allerdings rückläufig, wie die Abb. 8 des Umweltbundesamtes zeigt.

Auch der prozentuale Anteil der Messstationen, an denen 2019 eine Überschreitung des Grenzwerts von 40 µg/m<sup>3</sup> messbar war, ist weiter rückläufig, wie Abb. 9 zeigt. Demnach überschritten im vergangenen Jahr die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen „nur noch“ in 25 Städten den Luftqualitätsgrenzwert von 40 Mikrogramm

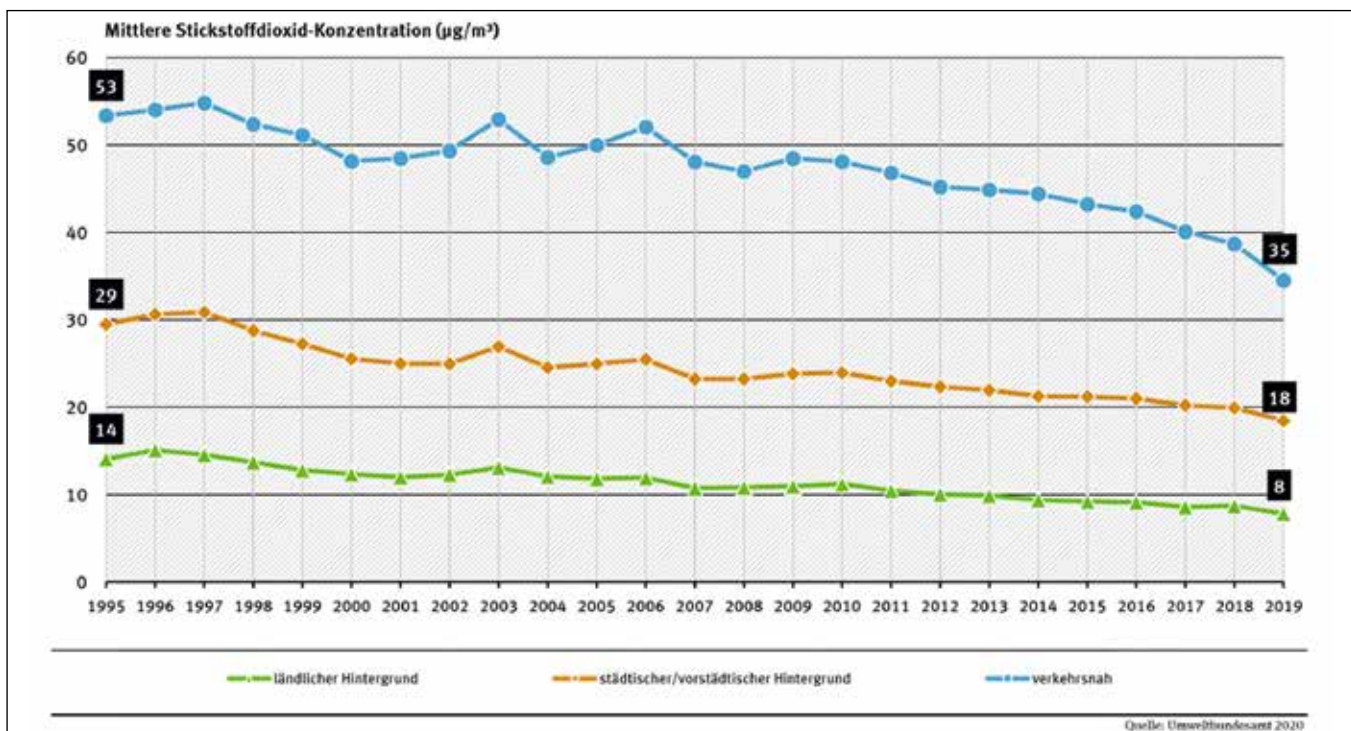


Abb. 8: Entwicklung der Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid für verschiedene Umgebungen. Die Werte wurden jeweils über verschiedene Stationen gemittelt. (Quelle: Umweltbundesamt, <https://bit.ly/2KcKguQ>)

NO<sub>2</sub> µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel. In 2018 waren es noch 57 Städte.

2. Zum vorsorglichen Gesundheitsschutz der Bevölkerung legt die Politik **Grenzwerte** für die Schadstoffbelastung der Luft fest, die sich auf wissenschaftliche Erkenntnisse beziehen. Weder für Stickstoffdioxid noch für Feinstaub ist eine exakte Grenzziehung zwischen gefährlich und ungefährlich im Sinne eines Schwellenwerts möglich, unterhalb dessen keine Gesundheitseffekte zu erwarten sind.“

3. Besonders Erfolg versprechend ist ein **Mix aus kurz- und mittelfristigen Maßnahmen**, die aufeinander abgestimmt sind wie der schnellstmögliche Abschluss geplanter Software-Updates bei Dieselfahrzeugen, [...] Hardware-Nachrüstungen, die kurzfristig insbesondere für Busse und Kommunalfahrzeuge sinnvoll sind. [...] Ferner ist eine Reduktion der Gesamtfahrleistung im Individual- und Wirtschaftsverkehr anzustreben.“

4. Bei den **gesundheitlichen Belastungen** führt die Leopoldina – Stellungnahme aus: **Akute Wirkungen** werden experimentell mit relativ hohen Konzentrationen eindeutig definierter Substanzen (toxikologische Studien) sowie in Bevölkerungsstudien unter realen Bedingungen (epidemiologische Studien) untersucht. **Langfristige Wirkungen** lassen sich durch die epidemiologische Untersuchung unterschiedlich belasteter Personen über längere Zeit erfassen.

Dazu seien im Folgenden einige bedeutsame, epidemiologische Publikationen zitiert: In einer Anfang 2017 erschienenen Metaanalyse, in der 41 weltweit durchgeführte Studien bewertet wurden, lag das relative Risiko, Asthma zu entwickeln, bei 1,48, d. h. ein Anstieg um 48 %, wenn die mittlere jährliche Belastung mit Stickoxiden – NO<sub>2</sub> – **über 30 µg/m<sup>3</sup>** lag (32). Die Beobachtung bezieht sich zwar auf Stickoxide, allerdings ist eine Koinzidenz des Auftretens mit gleichzeitig emittierten, aber nicht gemessenen Ultrafeinpartikeln (UFP's) sehr wahrscheinlich, sodass eine Co-Wirkung möglich ist. Siehe Teil 1 der Publikation.

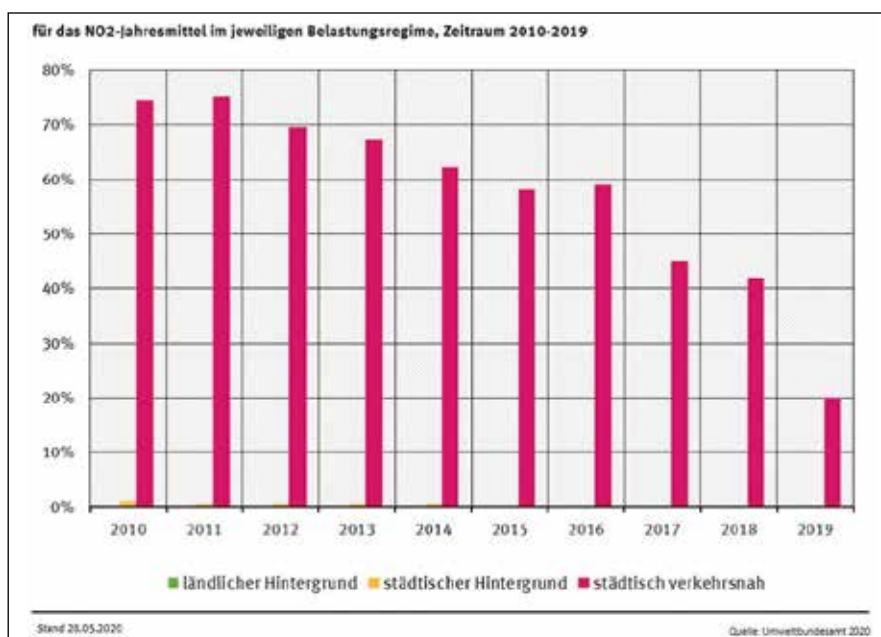
Aus Kalifornien wurde 2017 berichtet, dass die gesetzlich herbeigeführte Verbesserung der Luftqualität über die letzten 20 Jahre zu einer NO<sub>2</sub>-Reduktion von 65 %, einer PM 10-Reduktion von 21 % und PM 2,5-Verminderung von 15 % geführt hat trotz einer 38 % Steigerung der mit Autos gefahrenen Verkehrsmeilen! Diese positive Veränderung ging einher mit einer verbesserten Lungenfunktion messbar an der Einsekunden – FEV<sub>1</sub> – und forcierten Vitalkapazität – FVC. Ferner ging die Häufigkeit von Bronchitis-symptomen bei sonst pulmonal gesunden wie auch bei asthmabetroffenen Kindern zurück, bei letzteren auch die Intensität. Aufgrund dieser Ergebnisse unterstreichen die Forscher die Bedeutung von anhaltenden regulatorischen Anstrengungen zur Verbesserung der

Luftqualität (33). Diese Arbeitsgruppe hat 2019 an einer Stichprobe von 4140 Kindern aus Südkalifornien zudem zeigen können, dass der Rückgang von NO<sub>2</sub> und PM 2,5 zu einer signifikanten Abnahme der Asthmainzidenz geführt hat (34).

Bezüglich der **akuten und langfristigen** Wirkungen der Stickoxide auf die weltweite Asthmagenese bei Kindern ist die im April 2019 in Lancet Planetary Health erschienene Publikation „Global, national, and urban burdens of paediatric asthma incidence attributable to ambient NO<sub>2</sub> pollution: estimates from global datasets“ (35) besonders bedeutsam. Die Epidemiologen kommen zu dem Schluss, dass jährlich weltweit 4 Millionen neu aufgetretene, Asthmaerkrankungen bei Kindern der NO<sub>2</sub>-Belastung zuzuordnen sind, davon zwei Drittel in den Ballungsgebieten. Diese Belastung macht damit 13 % der globalen Inzidenz an Asthma aus. Es gibt deutliche regionale bzw. kontinentale Unterschiede mit hohen Inzidenzraten in den lateinamerikanischen Andenstaaten (340 pro 100.000 Kinder), aber auch in Nordamerika (310) oder den „reichen“ Staaten im asiatisch-pazifischen Raum (300). In 8 US-amerikanischen Ballungsgebieten liegen die Inzidenzraten > 400 pro 100.000 Kinder, Spitzenreiter ist das kanadische Toronto mit > 500. In Europa liegt London bei > 400, Paris knapp darunter, gefolgt von Madrid und Manchester. Die einzige in der Grafik erwähnte deutsche Stadt Köln liegt bei 250 pro 100.000 Kinder. Für die zukünftige Grenzwertdiskussion wichtig ist allerdings die abschließende Aussage der Publikation, dass abgeschätzte 92 % der dem NO<sub>2</sub> zuzuordnenden Asthmafälle in Gebieten auftraten, die **unterhalb des WHO-Grenzwerts** von 21 ppb entsprechend 40 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub> lagen.

## Innenraumrichtwerte für NO<sub>2</sub>

In die Diskussion um den EU-Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub> für Außenluft sind immer wieder Argumente eingeführt worden, dass die Innenraumluft in Wohnungen oder Arbeitsstätten häufiger deutlich höher belastet sei. In der Tat ist pneumologisch tätigen Pädiatern schon lange bekannt, dass manche asthmabetroffene Kinder bei Aufenthalt in geschlossenen Räumen, in denen mit Gas gekocht oder geraucht wird oder Kerzen längere Zeit brennen, mit Husten oder Atemnot



**Abb. 9:** Prozentualer Anteil der Messstationen mit Überschreitung des Grenzwertes <https://bit.ly/3q5Z65s>

reagieren. Deshalb sind die im Folgenden dargestellten Klarstellungen bedeutsam. Der **Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR)** hat im Auftrag des Umweltbundesamts die verfügbare Literatur zu Stickstoffdioxid in der Innenraumluft gesichtet und nach einer Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen neue Richtwerte für die Innenraumluft ohne Tätigkeit mit Gefahrstoffen publiziert (36). Danach berechnet der AIR den Kurzzeitrichtwert II (**Gefahrenwert mit dem Risiko beginnender adverser Effekte**) für Stickstoffdioxid mit einer Konzentration von  $0,25 \text{ mg} = 250 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ NO}_2$  gemessen über eine Stunde. Der Kurzzeitrichtwert I (**Vorsorgewert, bei dem keine adversen Effekte zu erwarten sind**) für Stickstoffdioxid in der Innenraumluft wird durch den AIR bei  $0,08 \text{ mg} = 80 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ NO}_2$  gemessen über eine Stunde, festgelegt.“ Dieser Kurzzeitvorsorgewert gilt somit für alle Menschen vom Neugeborenen bis zum Senior. Der Arbeitsplatzgrenzwert für Beschäftigte im Umgang mit Gefahrstoffen, z. B. Schweißer – der sog. MAK-Wert – in Höhe von  $950 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ NO}_2$  wird durch den AIR ausdrücklich bestätigt.

### Schlussfolgerungen

- Ein paradoxer, positiver Aspekt der von Köhler Anfang 2019 entfachten, öffentlichen Debatte liegt darin, dass kein vernünftiger Zweifel mehr besteht an Sinn und Notwendigkeit eines vorbeugenden Gesundheitsschutzes für die gesamte Bevölkerung vor Luftschadstoffen. Dies ist wissenschaftlich und auch juristisch erneut untermauert.
- Wie ausführlich dargestellt, wird wissenschaftlich zunehmend klarer, dass  $\text{NO}_2$  ein gut messbarer und wesentlicher Indikator für ein Gemisch verkehrsabhängiger Luftschadstoffe wie ultrafeine Partikel, Ruß [elementarer Kohlenstoff] und polycyclische, aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) ist.
- Mit Blick auf ein gesamtes Menschenleben sind Feinstäube, insbesondere  $\text{PM}_{2,5}$  und UVP, bedeutend schädlicher als  $\text{NO}_2$ . Allerdings ist die asthmatogene Wirkung des  $\text{NO}_2$  bei Kindern eindeutig belegt und trägt je nach Dauerkonzentration in verkehrsbelasteten Städten bis zu einem Drittel der Asthmainzidenz bei (Südkorea). Nach wie vor ist Asthma bei Kindern

die chronische Erkrankung mit der höchsten Inzidenz.

- Laut UBA lagen 2017 die  $\text{NO}_2$  Jahresmittelwerte von verkehrsnahen Messstellen in 65 von 314 deutschen Städten teilweise deutlich  $> 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (37). In 2019 waren davon „nur noch“ 25 Städte betroffen, die Zahl ist damit eindeutig rückläufig. Einen entscheidenden Beitrag haben dazu die Nachrüstung auf Adblue sowie die Euronorm Temp6 für Neuzulassungen ab 2019 geleistet.
- Die Grenzwerte stellen keine Schwellenwerte dar, somit können adverse Effekte auch unterhalb der bisherigen EU-Grenzwerte auftreten. Dies legt nicht nur die Lancet-Publikation nahe. In der Schweiz liegt Jahresgrenzwerte für Stickstoffdioxide bei  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Somit muss zumindest die Einhaltung der EU-Jahresgrenzwerte für Stickstoffdioxid von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  weiterhin durch geeignete gesetzgeberische und verkehrslenkende Maßnahmen erzwungen werden. Perspektivisch ist europaweit eine Reduktion auf mindestens  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  anzustreben.
- Im Sinne der Verhaltensprävention sollten Kinderwagenspaziergänge an vielbefahrenen Straßen auf das notwendigste reduziert werden, genauso wie die Mitnahme von Kindern auf Rädern bzw. Radanhängern.
- Zimmer lüften an vielbefahrenen Straßensollte nur vor und nach dem Berufsverkehr erfolgen.
- Nach dem Kochen mit Erdgasöfen sollte einmal stoßgelüftet werden.
- Das aktive Rauchen in privaten Innenräumen muss im Sinne der Passivrauchvermeidung unterbleiben – ein „Lieblingsthema“ der kinderärztlichen Praxis, welches aber zunehmend wirkt.
- Insbesondere in Städten ist der Sinn eines fossil betriebenen Individualverkehrs täglich zu hinterfragen und wenn möglich sind Alternativen wie ÖPNV oder Rad zu nutzen, wozu natürlich auch das E-Bike gehört. Bei letzterem ist – je nach Alter – ein Training zur Unfallprävention sinnvoll!

### Bodennahes Ozon – Entstehung, Wirkung und gesundheitliche Folgen

Ozon zählt wie Feinstaub und Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) zu den wichtigsten Luftschadstoffen. So kann sich bei lan-

gem Sonnenschein und Hitzeperioden wie in den letzten drei Sommern die Symptomatik des kindlichen Asthmas verschlimmern. Denn die darin enthaltene UV-Strahlung verursacht einen deutlichen Anstieg der Ozonkonzentration, wenn gleichzeitig  $\text{NO}_2$  anwesend ist, welches vor allem durch verkehrsbedingte Emissionen fossil betriebener Fahrzeuge entsteht. Die UV-Strahlung spaltet das  $\text{NO}_2$  auf in  $\text{NO} + \text{O}$ -Radikal. Das O-Radikal verbindet sich dann rasch mit normalem Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) zu Ozon ( $\text{O}_3$ ).

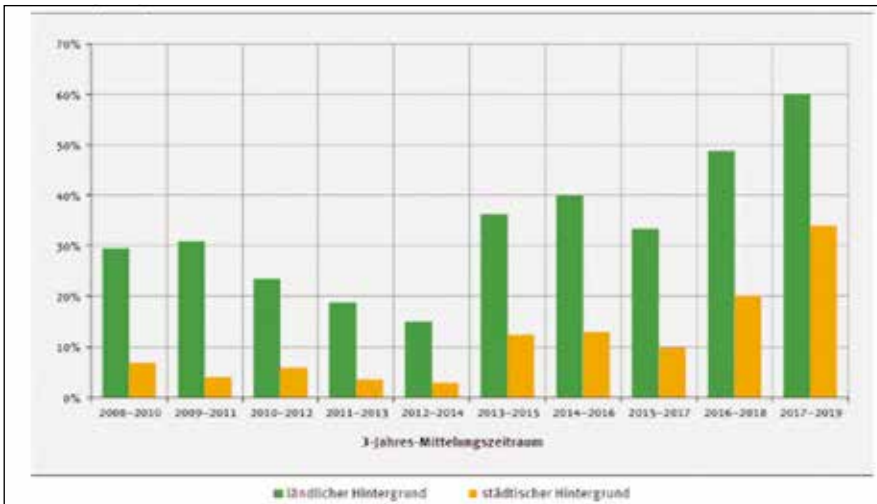
Deshalb entsteht Ozon vor allen in Städten mit viel Verkehr, wird von dort aber durch die Luftströmung ggfs. plus Wind in die ländliche Umgebung verweht. Beim abendlichen Berufsverkehr in der Stadt reagiert Ozon dann wieder mit Stickoxid ( $\text{NO}$ ), das ebenfalls durch den Verkehr produziert wird, sodass wieder  $\text{NO}_2$  und Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) entstehen. Da auf dem Lande weniger Verkehr vorhanden ist, fehlt dort das  $\text{NO}$ , um Ozon wieder in Sauerstoff und  $\text{NO}_2$  zu reduzieren.

Dies erklärt die scheinbare Paradoxie, dass die durchschnittliche Ozonkonzentrationen in ländlichen Gebieten seit mehr als 30 Jahren mit  $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$  deutlich über den Stadtgebieten mit  $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  liegen (38). Der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit liegt in der EU bei  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Ozon im sog. 8-Stundenmittel, laut WHO bei  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Ozon. Dieser Zielwert wurde in D an 41 % aller Messstellen mehr als 25 x pro Jahr überschritten, wie die folgende Abb 10 zeigt.

Bei Konzentrationen **über  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Ozon** kann es zu **akuten** Atembeschwerden kommen, da das  $\text{O}_3$  als reaktives Reizgas tief in die Luftwege eintritt und akute Schleimhautreizungen bzw. Entzündungen verursacht. Der sog. oxidative Stress geht mit Husten, Engegefühl in der Brust und Atemnot einher, führt also zu akuten Asthmaanfällen (39). Dauerhaft bestehende Ozonbelastungen, auch unter  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , führen zu **chronischen** Schäden des elastischen Bindegewebes der Lunge mit eingeschränkter Lungenfunktion und bei Kindern bis zur Pubertät zu vermindertem Lungenwachstum (40).

### Konsequenzen bei hoher Ozonbelastung

Im Hochsommer ist Sport und körperliche Aktivität mit Kindern im Außenbereich ab 8 Uhr bis max. 12 Uhr draußen



**Abb. 10:** Prozentualer Anteil der Messstationen mit Überschreitung des Zielwertes für den Schutz der Gesundheit, Zeitraum 2010 bis 2019 (jeweils gleitendes Mittel über 3 Jahre basierend auf den Kalenderjahren)

[www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4640/dokumente/ozber19.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4640/dokumente/ozber19.pdf)

sinnvoll, für Jugendliche ist dies auch später am Abend möglich, allerdings gilt dies für ländliche Regionen nur eingeschränkt. Mittlerweile bietet das UBA in seiner App zur „Luftqualität“ auch eine Ozonvorhersage für den aktuellen Tag und die zwei Folgetage an. Falls innerhalb

von 24 Stunden besonders hohe Ozonwerte erwartet werden, kann man sich automatisch warnen lassen. Die Nutzung dieser APP sollte sommertags ab sofort zum Standard in Kindertagesstätten, bei Sportlehrern in Schulen und Trainern in Sportvereinen gehören. Neben den

Ozonwerten stellt die App auch stündlich aktualisierte Daten für die Schadstoffe Feinstaub und Stickstoffdioxid zur Verfügung. Der Luftqualitätsindex von „sehr gut“ bis „sehr schlecht“ informiert über die Luftqualität an jeder Station. Je nach Höhe der Belastung gebe die App Gesundheitstipps für Aktivitäten im Freien. Die Daten der über 400 deutschlandweiten Luftmessstationen stammen zum überwiegenden Teil aus den Messnetzen der Bundesländer.

*Literatur beim Verfasser*

**Korrespondenzanschrift:**

Dr. med. Thomas Lob-Corzilius,  
Allergologie, Kinderpneumologie,  
Umweltmedizin  
49078 Osnabrück  
E-Mail: [thlob@uminfo.de](mailto:thlob@uminfo.de)

**Interessenkonflikt:**

Der Autor erklärt, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Red.: Huppertz