

Luftverschmutzung ist der wichtigste Umweltrisikofaktor

# Luft und Gesundheit in der Schweiz und anderswo

Meltem Kutlar Joss<sup>a,b</sup>, MSc, MPH; Ron Kappeler<sup>a,b</sup>, MSc; Prof. Dr. phil. Nicole Probst-Hensch<sup>a,b</sup>, PhD, MPH; Prof. Dr. med. Nino Künzli<sup>a,b</sup>, PhD, MPH

<sup>a</sup> Schweizerisches Tropen- und Public Health Institut, Basel; <sup>b</sup> Universität Basel, Basel



Die Luftbelastung nimmt seit Jahren ab. Die Grenzwerte werden mehrheitlich eingehalten. Sind die gesundheitlichen Folgen der Luftverschmutzung für die Schweiz überhaupt noch ein relevantes Problem?

## Entwicklung der Luftqualität in der Schweiz

Als Luftverschmutzung wird die Freisetzung oder das Vorhandensein von Partikeln oder Gasen in der Luft bezeichnet, die Menschen, Tiere, Pflanzen oder Materialien schädigen können. Sie wird anhand von Leiterschadstoffen wie Feinstaub (PM<sub>10</sub> oder PM<sub>2,5</sub>), Ozon, Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub> bzw. NO<sub>2</sub>), Schwefeldioxid, Metallen im Feinstaub oder flüchtigen organische Kohlenwasserstoffen (VOC) gemessen. Hauptverursacher der heute noch vorhandenen anthropogenen Luftbelastung sind in der Schweiz in erster Linie der motorisierte Verkehr (NO<sub>x</sub>, Feinstaub), die Holzverbrennung (Feinstaub), die Landwirtschaft (NH<sub>3</sub>, Feinstaub) und die Industrie (VOC, NO<sub>x</sub>, Feinstaub).

Seit der Einführung der Luftreinhalteverordnung (LRV) im Jahr 1985 [1] und der daran geknüpften Massnahmen hat sich die Luftqualität in der Schweiz enorm verbessert (Abb. 1).

Auf Basis von internationalen Empfehlungen und epidemiologischen Studien wurden in der LRV Grenzwerte für kurzfristige Tagesmittelkonzentrationen sowie für die langfristige Belastung mit Jahresmitteln festgelegt. Die langfristigen Immissionsgrenzwerte für Feinstaub gemessen als PM<sub>10</sub> (s. Kasten 1) werden mittlerweile eingehalten, der Grenzwert für die Belastung mit NO<sub>2</sub> wird noch an verkehrsreichen Standorten überschritten und insgesamt nehmen die Ozonspitzenbelastungen ab [2].

Trotz dieses Erfolgs gehört die Luftverschmutzung zum grössten Umweltproblem der Schweiz, das gemäss «Global Burden of Disease»-Studie 2016 unter den Top 10 der Risikofaktoren für Krankheit und Tod rangierte. 2016 starben demnach 2200 (95%-Vertrauensintervall 1700–2900) Personen vorzeitig wegen der Luftverschmutzung in der Schweiz [3]. Das sind zehnmals mehr Personen als im Strassenverkehr ums Leben kamen [4]. Dies

### Kasten 1: Begriffsklärung Feinstaub (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>)

Feinstaub ist ein komplexes Gemisch von winzigen Teilchen, die längere Zeit in der Luft schweben können. Ein Teil davon sind primäre Partikel, die direkt durch Verbrennungsprozesse ausgestossen werden (z.B. Dieselmotoren, Holzheizungen), durch mechanischen Abrieb von Reifen, Bremsen, Strassenbelag und Aufwirbelung entstehen oder aus natürlichen Quellen stammen. Die sekundären Partikel bilden sich erst in der Luft aus den gasförmigen Vorläuferschadstoffen Schwefeldioxid, Stickoxiden, Ammoniak und flüchtigen organischen Verbindungen. Die Grösse, Form und Dichte der luftgetragenen Partikel variieren stark. Eine wichtige Grösse ist der aerodynamische Durchmesser der Partikel, der mitbestimmt, wie lange ihre Aufenthaltsdauer in der Luft ist, welcher Anteil in den Atemwegen abgelagert wird und wie sie von dort entfernt werden. Seit 1997 wurde in der Schweiz als Indikator für die Partikelmasse PM<sub>10</sub> («particulate matter», Teilchen von max. 10 µm Durchmesser) definiert und als Immissionsgrenzwert in der Schweizer Luftreinhalteverordnung (LRV) ein Grenzwert für PM<sub>10</sub> von 20 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel festgelegt (µg/m<sup>3</sup> Luft) und mit der LRV-Revision ein neuer Grenzwert für PM<sub>2,5</sub> (10 µg/m<sup>3</sup>) beschlossen. Die Grenzwerte richten sich nach dem Stand der wissenschaftlichen Forschung für bestätigte Zusammenhänge zwischen Feinstaub und Atemwegs- und Herz-/Kreislaufkrankungen.

unter anderem, weil auch unterhalb der jetzigen Grenzwerte Gesundheitsfolgen beobachtet werden [5]. Seit dem 1. Juni 2018 wurde mit der LRV-Revision ein neuer Grenzwert für PM<sub>2,5</sub> von 10 µg/m<sup>3</sup> eingeführt [1]. Dieser steht in Einklang mit der derzeitigen Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Die WHO wird in den nächsten Jahren ihre Luftqualitätsrichtlinien von 2010 überarbeiten und sehr wahrscheinlich neue Richtwerte festlegen, die sich an den Erkenntnissen der aktuellen Forschung orientieren.

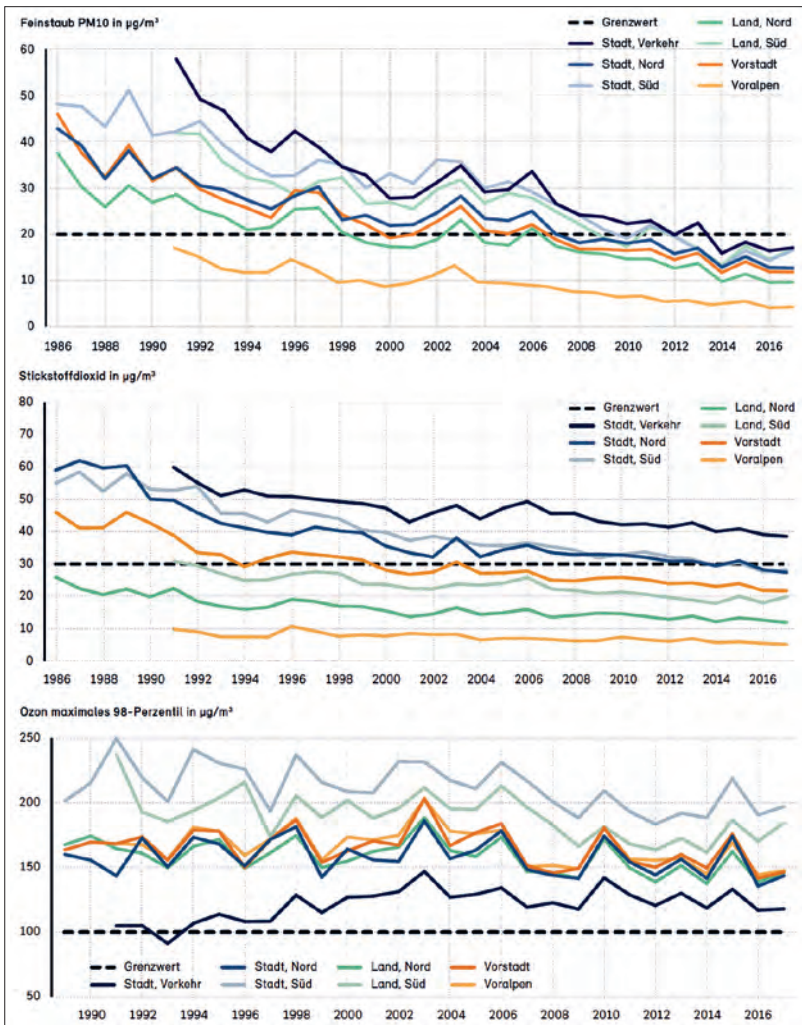
## Gesundheitliche Folgen

### Folgen kurzfristiger Belastungsspitzen

Die kurzfristigen Folgen der Luftverschmutzung sind gut untersucht und bekannt. Bei steigender Feinstaub-,



Meltem Kutlar Joss



**Abbildung 1:** Jahresmittel der Feinstaubkonzentration ( $PM_{10}$ ) und  $NO_2$ -Konzentration sowie maximales 98. Perzentil der Halbstundenmittelwerte der Ozon-Belastung an verschiedenen Standorten des Schweizer Luftqualitätsmessnetzes NABEL 1986–2017 (© BAFU 2017; BAFU (Hrsg.) 2018: Luftqualität 2017. Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL). Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1825: 28 S.).

$NO_2$ - und Ozonbelastung nimmt unter anderem die Zahl der täglichen Todesfälle, der Spitaleintritte und der Krankheitstage zu. Die WHO [7] hat für die Berechnung von Gesundheitsfolgen Belastungs-Wirkung-Funktionen zusammengestellt: Pro Anstieg des Tagesmittels der  $PM_{2,5}$ -Belastung um  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ist von einer Zunahme der krankheitsbedingten Todesfälle um 1,2% auszugehen. Ein Anstieg der Ozonbelastung (bezogen auf den höchsten 8 Stunden-Wert eines Tages) oder des höchsten  $NO_2$ -Stundenmittelwerts um  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erhöht die Zahl der Todesfälle um 0,3%. Dass notfallmässige Spitaleintritte auch in der Schweiz ein Thema sind, haben Perez und Kollegen [8] gezeigt: Die Feinstaubbelastung ist in den Jahren 2001–2010 zwar gesunken, die notfallmässigen Spitaleintritte wegen Herz-/Kreislauf- und Atemwegserkrankungen nehmen aber kurzfristig immer noch zu, wenn die  $PM_{10}$ -Belastung ansteigt.

## Folgen langfristiger Luftbelastung

Kurzfristige Belastungsepisoden schaffen es oft in die Medien, weil deren Folgen verhältnismässig einfach gezeigt werden können. Länger andauernde und wiederholte Belastungen sind aber für die Gesundheit bedeutender, da kurzfristig gemessene Wirkungen nur einen kleinen Teil der Effekte erfassen, sich kleine Effekte mit der Zeit summieren und die langfristige Belastung die Entwicklung chronischer Krankheiten unterstützt [9, 10].

Die Folgen langfristiger Schadstoffbelastungen auf Menschen können nur mit epidemiologischen Studien untersucht werden. Dabei werden eine Vielzahl von Personen über einen längeren Zeitraum beobachtet und Veränderungen ihres Gesundheitszustands oder gesundheitlicher Zielgrössen in Bezug zur Schadstoffbelastung unter gleichzeitiger Berücksichtigung anderer gesundheitsrelevanter Faktoren wie Rauchen, Ernährung und weitere gesetzt.

Die Wirkungen der Luftverschmutzung auf die Atemwegsgesundheit standen ursprünglich im Fokus der Forschung. So untersuchte SAPALDIA – die weltweit anerkannte, grosse Schweizer Kohortenstudie zur Untersuchung der Auswirkungen der langfristigen Luftverschmutzung auf die Gesundheit – zu Beginn die Auswirkungen auf die Atemwegsgesundheit. Mittlerweile haben die Forscherinnen und Forscher der SAPALDIA-Studie am Schweizerischen Tropen- und Public Health-Institut (Swiss TPH) auch Wirkungen auf das Herz-Kreislauf-System und den Stoffwechsel (Diabetes) festgestellt. Heute untersuchen sie noch genauer die Wirkungsmechanismen, über welche die Umwelt auf die Gesundheit im Zusammenspiel mit individuellen Faktoren wirken kann (s. Kasten 2).

Ein wichtiger Wirkungsmechanismus, der intensiv erforscht wird, ist oxidativer Stress durch Partikel, Partikelbestandteile und Gase. Es wird vermutet, dass sich eine lokale Entzündungsreaktion in den Alveolen respektive dem Lungengewebe über Entzündungsmediatoren (wie Interleukine, TNF-alpha, NADPH-Oxidase) zu einer systemischen Entzündung ausbilden kann. Diese ist durch eine Ausschüttung von weiteren Mediatoren (z.B. C-reaktives Protein, Blutgerinnungsfaktoren) in anderen Organen gekennzeichnet. Ausserdem werden direkte Wirkungen auf das autonome Nervensystem mit Veränderung des Herzrhythmus respektive seiner Variabilität und direkte Interaktionen von Partikeln oder Partikelbestandteilen mit Blut und Gewebe angenommen. Dies wiederum kann zu entzündlichen Prozessen im Gewebe führen, welche die Blutgerinnung beeinflussen kann [11, 12]. Unter Berücksichtigung der weltweit publizierten Literatur weiss man heute, dass die Luftverschmutzung einen

**Kasten 2: SAPALDIA – Lebensqualität im Alter**

In der grössten Schweizer Langzeitstudie SAPALDIA («Swiss Cohort Study on Air Pollution and Lung and Heart Diseases in Adults») untersuchen Epidemiolog(innen), Ärzte/-innen, Biolog(innen) und Statistiker/-innen, wie sich die Umwelt, der Lebensstil, die sozialen Umstände und die Gene auf die Gesundheit der Schweizer Bevölkerung auswirken. Sie sammeln biologisches Material und erheben seit 1991 Gesundheitsdaten von knapp 10 000 zufällig ausgewählten Personen, die 1991 in Aarau, Basel, Davos, Genf, Lugano, Montana, Payerne oder Wald lebten. Gleichzeitig wird die Luftqualität an den acht Standorten gemessen, die nach ihrer Lage ausgewählt wurden (Umweltbedingungen, Meteorologie, sozio-demographische Faktoren). In 10-Jahres-Abständen werden die Untersuchungen bei den gleichen Personen wiederholt und teilweise ergänzt. Heute sind die Teilnehmer(innen) rund ein Viertel Jahrhundert älter als bei Studienbeginn und viele von ihnen haben das Rentenalter erreicht. Dies bietet die Gelegenheit, in der vierten SAPALDIA-Phase von 2014–2017 die Untersuchungen auf den Einfluss von Lebensstil, Sozial-, Umwelt- und Erbfaktoren auf die Gesundheit des Alterns zu konzentrieren. SAPALDIA will damit wissenschaftliche Grundlagen zur Förderung der Lebensqualität im Alter liefern.

*Prof. Dr. phil. II et PhD Nicole Probst-Hensch, MPH, ist Leiterin des Departments Epidemiologie und Public Health am Schweizerischen Tropen- und Public Health-Institut Basel. Sie ist Hauptgesuchstellerin und Leiterin der SAPALDIA-Langzeitstudie.*



belastung mit PM<sub>2.5</sub> ist gemäss WHO mit einer höheren Sterblichkeit von 6% verbunden [7].

**NO<sub>2</sub> und der Diesellabgasskandal**

Quantifizierungsstudien wie die «Global Burden of Disease»-Studie berechnen die Zahl der Todes- und Krankheitsfälle für die zweifelsfrei nachgewiesenen Wirkungen erhöhter Feinstaub- und Ozonbelastung. Die Wissenschaft war sich lange Jahre nicht einig, ob das in hohen Konzentrationen giftige NO<sub>2</sub> auch in Konzentrationen, wie sie in der Umwelt beobachtet werden, ursächlich zu Gesundheitsschäden führt oder nur stellvertretend als Indikator für das Verkehrsschadstoffgemisch steht. In einer sehr umfassenden Analyse der wissenschaftlichen Literatur hat die amerikanische Umweltbehörde US-EPA [14] die mit NO<sub>2</sub> beobachteten Gesundheitsschäden zusammengetragen und die Evidenz für einen kausalen Zusammenhang neu beurteilt. Im Vergleich zur Analyse acht Jahre zuvor haben sich die Hinweise auf die schädlichen Folgen erhöhter NO<sub>2</sub>-Belastung verdichtet.

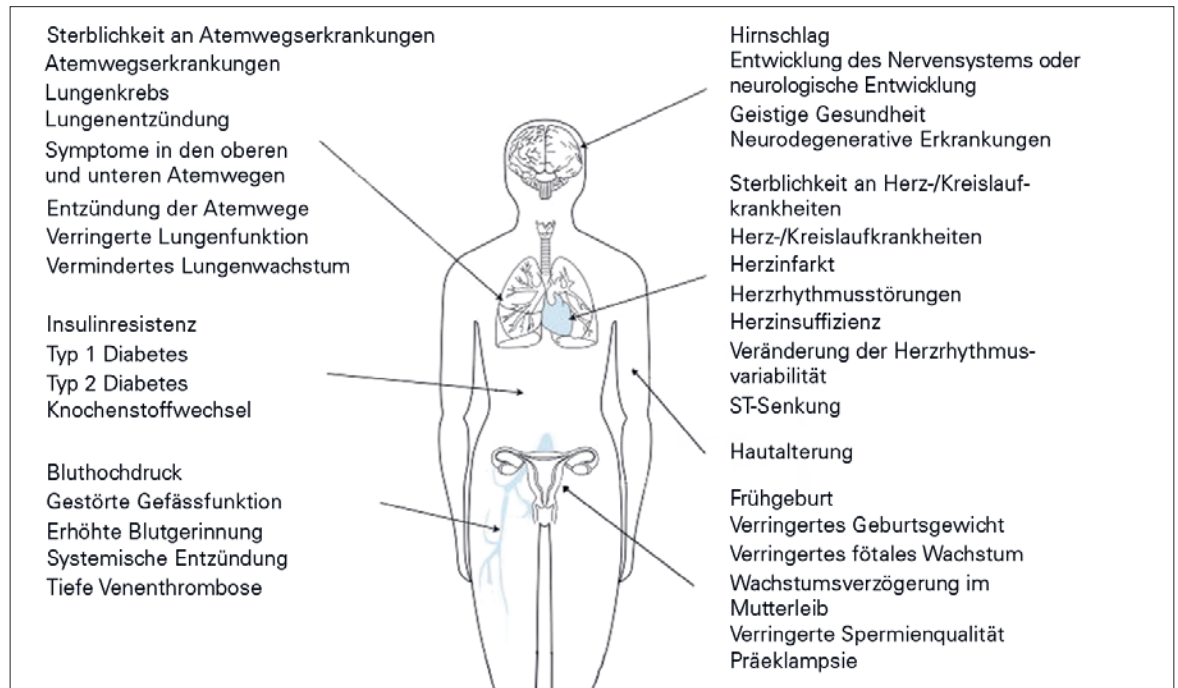
- Kurzfristig erhöhte Belastung führt kausal zu mehr Notfallkonsultationen und Spitaleintritten von Personen mit Asthma.
- An Asthma erkrankte Kinder reagieren empfindlicher als Erwachsene mit Asthma. Sie kommen bis zu dreimal häufiger wegen Atemwegsnotfällen ins Spital als Erwachsene (kausal). Ausserdem scheinen vorerkrankte Personen und ältere Personen besonders empfindlich zu sein (wahrscheinlich kausal).
- Kinder entwickeln häufiger Asthma, wenn sie in Verkehrsnähe wohnen: Das Asthmarisiko steigt bei einer um 10 µg/m<sup>3</sup> höheren NO<sub>2</sub>-Belastung um 15 % (wahrscheinlich kausal). Ein erhöhtes Asthmarisiko konnte auch für Erwachsene gezeigt werden.

Weitere gesundheitliche Beeinträchtigungen wie die Zunahme von Todesfällen oder kardiovaskulären Notfällen mit kurzfristigen Belastungsschwankungen, die Zunahme von Todesfällen oder der Inzidenz von Krebs oder vermindertes Lungenwachstum bei Kindern bei langfristig erhöhter NO<sub>2</sub>-Belastung werden ebenfalls beobachtet. Hierzu gibt es aber noch zu wenige Studien, die aufzeigen, dass diese Zusammenhänge unabhängig von anderen Schadstoffen wie Feinstaub oder ultrafeinen Partikel sind (vgl. auch [15]). Die US-EPA hält die beobachteten Zusammenhänge daher nur für «möglicherweise kausal». Es ist davon auszugehen, dass bisherige Gesundheitsfolgenabschätzungen die Krankheitslast der Luftverschmutzung eher unterschätzen, da sie nur Effekte der Feinstaub- und Ozonbelastung untersuchen und die kleinräumigeren Belastungsunterschiede

**Tabelle 1:** Gesicherte Folgen kurzfristig erhöhter und langfristiger Luftbelastung.

<b>Akute Folgen bei kurzfristigem Anstieg der Schadstoffbelastung</b>	Mehr krankheitsbedingte Todesfälle allgemein
	Mehr Todesfälle wegen Herz-Kreislauf-Krankheiten
	Mehr Todesfälle wegen Atemwegserkrankungen
	Mehr Spitaleintritte und Notfallkonsultationen wegen Herz-/Kreislaufproblemen
	Mehr Spitaleintritte und Notfallkonsultationen wegen Atemwegsproblemen
	Mehr Absenzen am Arbeitsplatz oder der Schule
	Mehr Tage mit eingeschränkter Aktivität
	Mehr Asthmasymptome
	Mehr allgemeinärztliche Konsultationen, Einnahme von Medikamenten, Selbstmedikation, Vermeidungsverhalten, physiologische Veränderungen z.B. in der Lungenfunktion
	<b>Folgen der Langzeitbelastung</b>
Erhöhte Mortalität aufgrund kardiopulmonaler Erkrankungen	
Grössere Häufigkeit von arteriosklerotischen Veränderungen (Herzinfarkt)	
Verminderung des Lungenwachstums bei Kindern, verminderte Lungenfunktion bei Erwachsenen	
Grössere Häufigkeit von Atemwegserkrankungen (Asthma, COPD), Atemwegsinfektionen, chronischer Bronchitis, allergischer Erkrankungen der Atemwege (Verkehrsemissionen)	
Höhere Symptomprävalenz der tiefen Atemwege: Husten, Auswurf, Atemnot	

negativen Einfluss auf die Atemwegsgesundheit, die Herz-/Kreislaufgesundheit, das Immunsystem, den Stoffwechsel, das Ungeborene im Mutterleib sowie die Krebsentstehung hat und sich möglicherweise auf die kognitive Leistung und Entwicklung im Kindes- und Erwachsenenalter auswirken könnte [13] (Tab. 1 und Abb. 2). Eine langfristig um 10 µg/m<sup>3</sup> höhere Feinstaub-



**Abbildung 2:** Erwiesene und diskutierte schädliche Wirkungen der Luftverschmutzung auf die Gesundheit des Menschen (Reproduced with permission of the © ERS 2018: European Respiratory Journal. Jan 2017;49(1)1600419; DOI:10.1183/13993003.00419-2016. All rights reserved.).

und die Verkehrsbelastung, die sehr gut mit  $\text{NO}_2$  abgebildet wird, nicht berücksichtigen.

Die Folgen des Dieselabgasskandals wurden bis jetzt über die bekannten und belegten Folgen der Feinstaub- und Ozonbelastung berechnet, indem der Beitrag der  $\text{NO}_x$ -Mehremissionen zur Feinstaub- und Ozonbelastung mit chemischen Transportmodellen berechnet wurde. Chossière und Kollegen [16] berechneten für die Mehremissionen durch 1,2–2 Liter-Dieselmotoren des VW-Konzerns für Deutschland 500 und für Europa 1200 vorzeitige Todesfälle während der Jahre 2008–2015. Im aktuellen Bericht des Deutschen Umweltbundesamts [17] gingen die Forscherinnen und Forscher einen Schritt weiter und quantifizierten die gesundheitlichen Folgen der gesamten  $\text{NO}_2$ -Belastung in Deutschland für die Jahre 2007 bis 2014. Sie gehen mit ihren sehr vorsichtigen Schätzungen für das Jahr 2014 von knapp 6000 vorzeitigen Todesfällen an Herz-/Kreislaufkrankheiten und fast 50 000 verlorenen Lebensjahren aus. Dabei darf nicht vergessen werden, dass die übermässige Feinstaubbelastung eine viel grössere Krankheitslast darstellt mit etwa zehnmal mehr Todesfällen und verlorenen Lebensjahren. Gemäss Berechnungen der europäischen Umweltagentur waren im Jahr 2014 in Deutschland mehr als 54 000 vorzeitige Todesfälle und fast 563 900 verlorene Lebensjahre der  $\text{PM}_{2,5}$ -Belastung anzulasten [18].<sup>1</sup>

## Massnahmen für den Gesundheitsschutz

Die kurz- und langfristige Luftbelastung sind ein gesundheitlicher Risikofaktor. Für den einzelnen Menschen mag die Luftverschmutzung im Vergleich zu starken Risikofaktoren wie Rauchen als vernachlässigbar beurteilt werden [19]. Auf der Bevölkerungsebene summieren sich die Gesundheitseffekte der Luftverschmutzung aber zu einer grossen gesundheitlichen Last. Hinzu kommt, dass die Luftbelastung unfreiwillig und generell nicht vermeidbar ist, auch wenn es einige Möglichkeiten gibt, sie zu minimieren. Hier ergeben sich Ansatzpunkte für die Beratung in der Praxis [20].

## Medizinische Massnahmen und Behandlung

Es gibt keine spezifischen «Luftverschmutzungskrankheiten». Die Behandlung und Beratung von Patientinnen und Patienten, die möglicherweise an luftbedingten Gesundheitsproblemen leiden, unterscheiden sich nicht von jenen anderer Ursachen. Eingeatmete Schadstoffe können bereits bestehende chronische Krankheiten verschlimmern oder auch die Medikamentenwirkung beeinflussen. Für Patientengruppen mit folgenden Erkrankungen ist das Risiko für die Verschlechterung des Gesundheitszustands durch die Luftverschmutzung erhöht: Asthma, chronisch-obstruktive Lungenerkrankung (COPD), Herzinsuffizienz, Status nach Herzinfarkt,

<sup>1</sup> Es wurden die Berechnungen für eine Referenzbelastung («counterfactual value») von  $2,5 \mu\text{g PM}_{2,5}/\text{m}^3$  herangezogen.

Herz-/Kreislaufkrankungen und Arteriosklerose. Besonderes Augenmerk gilt es ebenfalls auf empfindliche Gruppen wie Säuglinge (bereits während der Schwangerschaft), Kinder und ältere Menschen zu richten. Neuste Ergebnisse der SAPALDIA-Studie weisen zudem darauf hin, dass übergewichtige Menschen von den Schadstoffen stärker betroffen sind [21]. Die Patientinnen und Patienten sollten sich an Vorbeugemassnahmen zur Vermeidung von Anfällen halten, die Berichterstattung zur Luftqualität etwa mit der neuen MeteoSchweiz-App [22] oder airCheck für feinere, detaillierte, lokale Angaben im Auge behalten und nicht ohne entsprechende Medikamente zu Destinationen mit hoher Luftbelastung reisen (beispielsweise Asthmadikamente – auch wenn die Erkrankung zuhause praktisch keine Probleme bereitet).

Es gilt, Patientinnen und Patienten aufzuklären und die Luftverschmutzung in Relation zu anderen Risikofaktoren zu setzen. Rauchenden sollte zum Rauchverzicht geraten werden anstatt die Änderung des Wohnorts in Gebiete mit saubererer Luft vorzuschlagen, denn das Rauchen ist ein vielfach grösserer Risikofaktor für die Gesundheit als die Luftverschmutzung in der Schweiz. Ein gesunder Lebensstil kann das Krankheitsrisiko reduzieren und Abwehrmechanismen gegen die Folgen der Luftverschmutzung stärken. Ein aktiver und sozialer Lebensstil und gesunde Ernährung tragen zu besserer Gesundheit bei. Eine gesunde und ausgewogene Ernährung mit frischen Früchten und Gemüse kann oxidative Auswirkungen der Schadstoffe teilweise dämpfen.

### **Einschränkung der persönlichen Belastung**

Der eigene Aufenthaltsort und derjenige der Kinder können oft persönlich beeinflusst werden. So lohnt es sich, den Wohn-, Aufenthaltsort oder den Arbeits- und Schulweg sowie Freizeitaktivitäten wie Joggen, Velofahren, Spazieren und Spielen möglichst weit weg von verkehrsreichen Strassen oder im Winter möglichst fern von Kaminen mit Holzheizungen zu wählen. Gerade die Konzentrationen der schädigenden Verkehrsabgase und somit deren kardiopulmonale Folgen nehmen mit dem Abstand des Wohnortes zum Verkehr bereits nach 100–200 m sehr deutlich ab [23]. Ebenso nimmt die Belastung bei Wohnungen in Verkehrsnähe in höheren Stockwerken deutlich ab. Der Zeitpunkt für Aktivitäten ist ebenfalls mit Bedacht zu wählen. Während Smog-Episoden sollten sie vermieden werden. Bei hohen Ozonwerten im Sommer sollten körperliche Aktivitäten draussen möglichst in den frühen Morgenstunden geplant werden. In jedem Fall überwiegen aber die gesundheitsförderlichen Effekte körperlicher Aktivität generell die schädigenden Effekte der Luftverschmutzung in der Schweiz [24].

Das Tragen von Atemschutzmasken ist im asiatischen Raum bei hoher Luftbelastung weit verbreitet, aber in der Schweiz nicht nötig. Sie können zu einer gewissen Verminderung der Feinstaubbelastung beitragen, sofern die Maske richtig sitzt und sie die technischen Anforderungen erfüllt, was jedoch oftmals nicht gegeben ist. Atemmasken sind gewöhnungsbedürftig und können das Atmen erschweren. Raumluftfilter sind im asiatischen Raum ebenfalls weit verbreitet. Sie können zur Verminderung der Raumluftbelastung mit Feinstaub beitragen. Die Aussenluftbelastung, der Lärm, Stromverbrauch, die Anschaffungskosten, Gewährleistung der Wartung sowie ein möglicher Ausstoss schädlicher Gase wie Ozon müssen bei der Anschaffung jedoch gegeneinander abgewogen werden.

### **Bekämpfung der Aussenluftverschmutzung**

Die wichtigste und wirksamste Massnahme zur Bekämpfung der luftbedingten Krankheitslast ist die nachhaltige Verbesserung der Luftqualität durch Verminderung der Emissionen. Ein wichtiges Instrument ist die Festlegung von verbindenden Luftqualitätsgrenzwerten. Die hoch entwickelten Länder wie die USA und in Europa haben gezeigt, dass Umwelt- und damit Gesundheitsschutz mit wirtschaftlichem Wachstum vereinbar ist [25]. Das Argument der wirtschaftlichen Tragbarkeit von Massnahmen sollte immer im Gesamtkontext beurteilt werden. Die Meinung der Fachleute in Gesundheitsfragen kann politische Entscheidungsprozesse beeinflussen. In diesem Sinne kommt den Ärztinnen und Ärzten eine Aufklärungsrolle zu.

Neben dieser verhältnisorientierten Prävention kann jeder Einzelne durch sein Verhalten zur Verminderung der Emissionen beitragen. Angefangen bei nachhaltiger Mobilität durch Verzicht auf unnötige Autofahrten, Umsteigen auf öffentliche Verkehrsmittel oder Umsteigen auf die zusätzlich gesundheitsförderliche «muskelbetriebene» Mobilität (zu Fuss gehen oder mit dem Velo fahren) über Reduktion des Energieverbrauchs, Nutzung lösungsmittelarmer Produkte, Einkauf von saisongerechten, regionalen Produkten mit kurzen Transportwegen bis hin zum richtigen Anfeuern des Cheminéeofens und den Verzicht auf Holzfeuer bei Smogepisoden.

### **Ausblick**

Die intensive Erforschung weiterer Gesundheitsfolgen der Luftverschmutzung, die Klärung der Frage von Kombinationswirkungen verschiedener Schadstoffe, von Wirkungsmechanismen und von ursächlichen Zusammenhängen und die Untersuchung von möglichen Gesundheitseffekten unterhalb der bisher als sicher

Korrespondenz:  
Meltem Kutlar Joss,  
MSc, MPH  
Schweizerisches Tropen-  
und Public Health Institut  
Socinstrasse 57  
CH-4051 Basel  
meltem.kutlar[at]swisstph.ch

beurteilten Grenzwerte stellt die Lufthygieneforschung vor weitere Herausforderungen.

Neben vielen noch offenen Fragen ist diejenige der Schädlichkeit der Luftverschmutzung aber generell beantwortet und die Erfolge der Luftreinhaltepolitik der Schweiz gilt es zu erhalten. Ob respektive wann die Luftqualität in der Schweiz gut genug ist, ist Teil der politischen Diskussion und zusätzlich abhängig davon, ob Auswirkungen auch unterhalb der derzeitigen Grenzwerte nachgewiesen werden. Tatsache ist, dass neben bedeutenden Fortschritten nach wie vor Menschen in der Schweiz an den Folgen der Luftverschmutzung erkranken und sterben und die Luftverschmutzung gemäss «Burden of Disease»-Studie der wichtigste Umweltrisikofaktor ist.

Nicht vergessen werden darf, dass die Schweiz, Europa und weitere hoch entwickelte Länder teilweise auf Kosten anderer Länder eine gute Luftqualität erreicht haben, indem sogenannte «dreckige» Industriebereiche in Länder mit weniger strengen Umweltauflagen ausgelagert wurden. Als Land, das wirtschaftlich durch die Verarbeitung und Veredelung von Rohstoffen und Gütern profitiert, hat die Schweiz auch eine globale Verantwortung. Viele unserer Konsumgüter werden in anderen Weltregionen produziert. Dort verursachen sie Ressourcenverbrauch und Umweltbelastungen [26].

#### Disclosure statement

Die Autoren haben keine finanziellen oder persönlichen Verbindungen im Zusammenhang mit diesem Beitrag deklariert.

#### Empfohlene Literatur

- Künzli N, Perez L, Rapp R. Luftverschmutzung und Gesundheit. Lausanne: European Respiratory Society, 2010, September 2010.
- Kutlar Joss M, Dyntar D, Rapp R. Gesundheitliche Wirkungen der NO<sub>2</sub>-Belastung auf den Menschen. Basel: Schweizerisches Tropen- und Public Health Institut, 2015.
- Thurston GD, Kipen H, Annesi-Maesano I, Balme J, Brook RD, Cromar K, et al. A joint ERS/ATS policy statement: what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework. *Eur Respir J.* 2017 Jan;49(1).
- WHO. Air quality guidelines. Global update 2005. Copenhagen: WHO Regional office for Europe; 2006.
- Aktuelle Forschungsergebnisse und weitere Informationen finden Sie ausserdem auf der Internetseite der lufthygienischen Dokumentationsstelle LUDOK ([www.swisstph.ch/ludok](http://www.swisstph.ch/ludok)), die im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt seit über 30 Jahren evidenzbasierte Informationen zu den gesundheitlichen Auswirkungen der Aussenluftverschmutzung auf den Menschen liefert.

#### Literatur

Die vollständige Literaturliste finden Sie in der Online-Version des Artikels unter <https://doi.org/10.4414/smfm.2019.08079>.

## Das Wichtigste für die Praxis

- Es gibt plausible biologische Wirkungsmechanismen, die den in epidemiologischen Studien beobachteten Gesundheitseffekten zugrunde liegen.
- Die Gesundheitsrisiken durch die Luftbelastung sind gegenüber anderen Risiken wie Rauchen verhältnismässig klein. Da Luftverschmutzung jedoch alle betrifft, ist der gesundheitliche Schaden auf Ebene der Gesamtbevölkerung erheblich.
- Besonders empfindlich sind ältere Personen, Kinder oder bereits Erkrankte.
- Die individuelle Belastung kann mit der bewussten Wahl des Aufenthaltsortes und der Tageszeit verringert werden.
- Das wirksamste Mittel zur Prävention der luftbedingten Gesundheitsfolgen ist die Bekämpfung der Aussenluftverschmutzung: auf individueller (nachhaltiger Lebensstil) und auf struktureller Ebene (Unterstützung von Politik und ihren Massnahmen).