



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL
Commission fédérale de l'hygiène de l'air CFHA
Commissione federale per l'igiene dell'aria CFIA
Cumissiun federala per l'igièna da l'aria CFIA

Luftverschmutzung und COVID-19 Epidemie

**Sechs Aspekte erläutert von der
Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene**

Impressum

Herausgeber

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL). Die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL ist eine vom Bundesrat eingesetzte ausserparlamentarische Fachkommission mit Experten auf dem Gebiet der Luftreinhaltung. Sie berät das Departement für Umwelt Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) und das Bundesamt für Umwelt (BAFU) in wissenschaftlichen und methodischen Fragen der Luftreinhaltung und bei der Beurteilung, welche Auswirkungen die Luftverschmutzung auf die Gesundheit der Menschen und die Natur hat. Funktionell ist die EKL eine selbstständige und interdisziplinäre Verwaltungskommission, welche zur Behandlung von einzelnen Fragen auch weitere, der Kommission nicht angehörende Fachleute aus verschiedenen Bereichen zur Beratung beiziehen kann.

Die EKL hat diese 6 Aspekte nach ihrer Sitzung im Mai 2020 auf dem Korrespondenzweg (bis 2. Juni 2020) einstimmig verabschiedet.

Mitglieder der Kommission

Nino Künzli, Präsident; Beat Achermann; Christof Ammann; Urs Baltensperger; Brigitte Buchmann; Luca Colombo; Alexandre Flückiger; Hans Gygax; Linda Kren; Pierre Kunz; Meltem Kutlar Joss; Barbara Rothen-Rutishauser; Eva Schüpbach; Andrea von Känel

Autor

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL)

Zitierung

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) 2020: **Luftverschmutzung und COVID-19 Epidemie. Sechs Aspekte erläutert von der EKL**

Bern. 10 S.

Sekretariat EKL

Brigitte Gälli Purghart, Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien,
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

PDF-Download

www.ekl.admin.ch/de/dokumentation/publikationen/ (eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

Diese Publikation ist auch in französischer, italienischer und englischer Sprache erhältlich. Die Originalsprache ist Deutsch

Zusammenfassung

Die Frage, welche Rolle die Luftverschmutzung bei der Ausbreitung von SARS-CoV-2 und der Entwicklung der Pandemie spielt, wird seit Wochen in der Öffentlichkeit kommentiert. Die EKL diskutiert hier sechs Aspekte im Bereich Luftverschmutzung und COVID-19 Epidemie.

Ausbreitung der Viren: Ein Zusammenhang zwischen der täglichen Schwankung der Feinstaubbelastung und dem Neuauftreten von SARS-CoV-2 Infektionen ist nicht belegt. Die COVID-19 Epidemie bildet keine Basis für die Forderung nach lufthygienischen Notfallmassnahmen zur kurzfristigen Reduktion der Feinstaubbelastung während der Epidemie.

Zustand der Bevölkerung: Dank der erfolgreichen Luftreinhaltepolitik der Schweiz ist der Anteil Menschen, die zur COVID-19-Risikogruppe gehören, kleiner als wenn die Luftverschmutzung auf dem Stand der 1980er oder 1990-er Jahre geblieben wäre.

Individuelle Anfälligkeit: Eine hohe Schadstoffbelastung könnte über die Wirkung auf das Immunsystem die Abwehr der SARS-CoV-2 Infektion schwächen. Der Zusammenhang mit hoher Luftverschmutzung ist für einige Erkrankungen wissenschaftlich belegt, aber aktuell nicht für COVID-19. Im Vergleich zu den treibenden Faktoren der Pandemie dürfte die Luftverschmutzung in der Schweiz eine untergeordnete Rolle spielen.

Verlauf von COVID-19: Ein Einfluss der Luftverschmutzung auf den Verlauf und somit den Schweregrad von COVID-19 kann als plausible Hypothese postuliert werden. Direkte Belege für diese Hypothese liegen derzeit für COVID-19 aber nicht vor. Da die Schadstoffbelastung in der Schweiz tief ist, dürfte dieser Aspekt keine relevante Grösse darstellen.

Spätfolgen von COVID-19: Über die Auswirkungen der Luftverschmutzung auf den Verlauf der COVID-19 Spätfolgen gibt es bisher keine Kenntnisse. Wechselwirkungen sind aber denkbar.

Schadstoffbelastung im Lockdown: Der Lockdown betraf viele Schadstoffquellen und führte insbesondere zu einer Verminderung des Verkehrs. Der entsprechende Emissionsrückgang bei primären Schadstoffen spiegelt sich hauptsächlich an quellennahen Messstandorten in den Immissionen wider. Die genaue Quantifizierung der Schadstoffveränderungen und deren Folgen für die Gesundheit erfordert Datenanalysen über längere Zeiträume unter Berücksichtigung aller anderen Faktoren (z.B. Wetter). Es genügt nicht, die Messdaten vor und während des Lockdowns zu vergleichen.

Die Schweiz hat auch in der COVID-Krise von der erfolgreichen Luftreinhaltepolitik der letzten 35 Jahre profitiert. Für eine nachhaltige Verbesserung der Luftqualität und somit der Gesundheit der Bevölkerung ist die dauerhafte Reduktion der Luftschadstoffe unabdingbar. Der Ausstoss von Feinstaub, Stickoxiden, flüchtigen organischen Verbindungen und Ammoniak muss weiter reduziert werden, indem in der Schweiz, aber auch international, bei Motorfahrzeugen, landwirtschaftlichen und industriellen Anlagen sowie Heizungen und anderen Emissionsquellen konsequent der beste Stand der Technik gefördert wird und die Vorgaben des Umweltschutzgesetzes und der Luftreinhalteverordnung eingehalten werden. Der Vollzug der Massnahmen muss auch nach der Corona-Pandemie eingefordert und die Verbesserung der Luftqualität durch standardisierte Messungen belegt werden. International soll sich die Schweiz dafür einsetzen, dass die wissenschaftlich abgestützten und von der Weltgesundheitsorganisation WHO vorgeschlagenen Luftreinhalteziele zum Schutz der Gesundheit global eingehalten werden.

Luftverschmutzung und COVID-19 Epidemie. Sechs Aspekte erläutert von der EKL

Die Frage, welche Rolle die Luftverschmutzung bei der Ausbreitung von SARS-CoV-2 und der Entwicklung der Pandemie spielt, wird seit Wochen in der Öffentlichkeit kommentiert. Die Tatsache, dass die Grossstädte Chinas zu den am stärksten verschmutzten Metropolen der Welt gehören, und der Umstand, dass die Lombardei als eine der stärksten betroffenen COVID-19-Regionen seit Jahren zu den am stärksten durch Schadstoffe belasteten Regionen Europas gehört, hat manche zum Kausalschluss verleitet, dass die dramatische epidemische Entwicklung in Wuhan und Norditalien durch die Luftverschmutzung erklärt werden könne. In der Folge sollen sechs theoretisch wichtige Schnittstellen zwischen den in der Luftreinhalteverordnung (LRV) geregelten Luftschadstoffen und der COVID-19 Epidemie diskutiert werden. Für jeden Aspekt soll einerseits der theoretische Kontext zusammengefasst werden; andererseits wird kurz dem Stand des Wissens respektive den offenen Fragen Raum gegeben. Die Reihenfolge der Aspekte folgt der epidemiologisch relevanten Chronologie (Ausbreitung von SARS-CoV-2 → gesundheitlicher Zustand der betroffenen Bevölkerung → individuelle Anfälligkeit → Krankheitsverlauf von COVID-19 → Spätfolgen nach COVID-19). Abschliessend (Aspekt 6) diskutieren wir die Folgen des Lockdowns auf die Schadstoffbelastung.

Der Bericht stellt die Sachlage aus heutiger Sicht der EKL dar (5. Juni 2020). Die Thematik ist im Fluss und zukünftige Erkenntnisse können die vorliegende Sichtweise ergänzen oder verändern. Kommentare zu den erläuterten Aspekten sind jederzeit willkommen. Auf Literaturangaben wurde verzichtet. Sie können auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden.

Aspekt 1: Rolle des Feinstaubes bei der Ausbreitung von SARS-CoV-2

Im Zentrum der Ausbreitung des Virus steht die Tröpfcheninfektion. Tröpfchen sind in der Regel schwer genug, um in engerem Radius (bis zu 2 Metern) zu Boden zu fallen. SARS-CoV-2-Viren können jedoch auch über Mikrotröpfchen (bis zu 5 Mikrometer Durchmesser) verbreitet werden. Solche Aerosole können länger in der Luft verweilen und somit auch weitere Distanzen zurücklegen. Dieser Übertragungsweg könnte in Innenräumen das Übertragungsrisiko erhöhen. Deshalb werden «no regret» Vorsorge-Strategien wie das Tragen von Masken in stark frequentierten Innenräumen und gut unterhaltene, mit Filtern ausgestattete Lüftungsanlagen gefordert, auch wenn erst wenige experimentelle Belege verfügbar sind und die genaue epidemiologische Quantifizierung der Relevanz dieser Übertragungswege für SARS-CoV-2 noch aussteht.

Unter Aspekt 1 steht jedoch nicht die allgemeine Frage der SARS-CoV-2-Ausbreitung, sondern die spezifische Rolle der Luftverschmutzung – insbesondere des Feinstaubes – bei der Ausbreitung der Viren im Zentrum. So wurde insbesondere in italienischen Medien postuliert, dass höhere Feinstaubbelastungen zur rasanten Übertragung der Viren beigetragen hätten. Nach dieser Hypothese wäre die exponentielle COVID-19-Kurve in Norditalien flacher verlaufen, wenn die Feinstaubkonzentrationen Ende Februar / Anfang März tiefer gewesen wären. Feinstäube verweilen sehr viel länger in der Luft als Tröpfchen und werden über weit grössere Distanzen verteilt. Die Theorie impliziert somit, dass der Feinstaub als Virenträger dient und die Verweildauer und Verbreitung der Viren in der Luft erhöht. Nach dieser Theorie könnte folgendes Beispiel postuliert werden: Befinden sich in der abgehusteten Luft eines Infizierten 20'000 Viren pro cm^3 , so würden sich in einer stärker mit Feinstaub belasteten Umgebungsluft mit (z.B.) 40'000 Feinstaubpartikeln pro cm^3 Luft mehr Viren mit Feinstaubpartikeln verbinden als in einer Luft mit nur 10'000 Partikeln pro cm^3 . Die Theorie bedingt, dass sich a) die in Tröpfchen ausgehusteten Viren mit den Feinstäuben verbinden, b) diese Verbindung von der Feinstaubkonzentration abhängt, c) die Viren auf diesen Trägern infektiös bleiben und d) sich dadurch die Aufenthaltsdauer und Infektiosität der Viren in der Luft verlängert. Nur dann würde die Konzentration und Verweildauer von SARS-CoV-2 in der Umgebungsluft der Infizierten auch von der Feinstaubbelastung der Umgebungsluft abhängen. Unter Annahme, dass alle anderen epidemiologisch relevanten Faktoren konstant bleiben, würde man folgern, dass in Epidemiegebieten an Tagen mit höherer Feinstaubbelastung mehr Menschen infiziert werden als an Tagen mit tieferer Belastung.

Standpunkt 1 und offene Fragen:

Für das Postulat, dass die Feinstaubkonzentration zusätzlich die Ausbreitung der Viren über weite Distanzen beeinflusst, gibt es keinerlei Belege und viele offene Fragen zur physikalischen und biologischen Plausibilität. Eine italienische Studie hat zwar SARS-CoV-2-Fragmente (RNA) auf Feinstäuben nachweisen können. Die Relevanz bei der Übertragung respektive die Infektiosität dieser Fragmente ist fraglich und experimentell nicht belegt. Ob die Beladung von Feinstäuben mit solchen Fragmenten von der Feinstaubkonzentration in der Umgebungsluft abhängt ist nicht bekannt.

Der postulierte Zusammenhang zwischen der täglichen Feinstaubbelastung und dem Neuauftreten von COVID-19-Fällen müsste mit methodisch soliden multivariaten Analysen von Zeitreihen aller für die Ausbreitung der Epidemie relevanten Faktoren erforscht werden. Die wichtigste Zielgrösse (Outcome) dieser Hypothese wäre das Auftreten von neuen Fällen (für Schweregrade, Verlauf oder Todesfälle: siehe nachfolgende Aspekte) in Abhängigkeit der täglichen Schwankungen der Feinstaubbelastung. Bekanntlich ist das Zählen der neuen Fälle angesichts der vielen symptomfreien oder milden Verläufe sowie von fehlenden Tests als auch schwankendem Meldewesen weltweit mit grossen Schwierigkeiten behaftet. Die für die präzise Zählung notwendige Testung hängt zudem von einer Reihe externer Faktoren ab, welche nicht nur regional verschieden sind, sondern im Verlauf der Epidemie organisatorischen Änderungen unterliegen (z.B. Verfügbarkeit und Verteilung der Tests, Testkonzepte etc.). Umfassende Informationen zum Profil der Fälle und der jeweils in der Region verordneten (eingehaltenen) Verhaltensregeln müssten für die Analysen ebenfalls in hoher Qualität vorhanden sein. Auch Wetterparameter müssten in die Auswertung eingehen, da die Schadstoffbelastung und möglicherweise auch die SARS-CoV-2 Verbreitung temperaturabhängig sind.

Da die Ausbreitung von COVID-19 bis zur Verordnung von Massnahmen exponentiell verläuft, und da die wichtigste Massnahme (d.h. insbesondere das Distanzhalten) für die Unterbrechung dieses «natürlichen Verlaufs» von allerhöchster Wirksamkeit ist, dominiert der Einfluss der Massnahmen (respektive das Einhalten derselben) alle anderen theoretisch möglichen Einflussfaktoren wie z.B. die Feinstaubbelastung. Deshalb könnte der Einfluss letzterer statistisch nur dann ausgewiesen werden, wenn umfassende Datenreihen aus verschiedenen Regionen über lange Vergleichsperioden vor und nach der Pandemie untersucht werden.

Keine der bisher publizierten Studien genügt diesen wissenschaftlichen Ansprüchen. Weder Korrelationen zwischen allfälligen Schadstoffzunahmen in der Frühphase der Epidemie noch die Korrelation zwischen Lockdown-bedingter Abnahme der Schadstoffe und parallelem Rückgang der COVID-19-Fallzahlen können für Kausalschlüsse herangezogen werden. Im Vergleich zu den epidemiologisch wichtigsten Faktoren – insbesondere das Distanzhalten – dürfte der postulierte Zusammenhang (wenn er sich je belegen lässt) quantitativ irrelevant sein. Auch der weltweit beobachtete drastische Rückgang der Epidemie nach Einführung der Distanzregeln spricht gegen eine Rolle der Feinstaubkonzentrationen bei der Übertragung der Viren, da Feinstäube über Tage bis Wochen in der Luft verweilen und in horizontaler Strömung über viele Kilometer verteilt werden könnten. Zudem wäre der postulierte Zusammenhang auch für die Steuerung der Epidemie gänzlich irrelevant, da die Feinstaubbelastung kurzfristig kaum durch lufthygienische Notfall-Massnahmen beeinflusst werden kann (siehe auch Aspekt 6). Nur nachhaltige und umfassende Luftreinhalte-massnahmen, wie sie in der schweizerischen Luftreinhaltepolitik seit über 30 Jahren erfolgreich priorisiert und umgesetzt werden, führen zum Ziel einer guten Luftqualität.

Fazit 1: Ein Zusammenhang zwischen der täglichen Schwankung der Feinstaubbelastung und dem Neuauftreten von SARS-CoV-2 Infektionen ist nicht belegt und scheint derzeit nicht plausibel. Die COVID-19 Epidemie bildet keine Basis für die Forderung nach Notfallmassnahmen zur kurzfristigen Reduktion der Feinstaubbelastung während epidemischen Wellen.

Aspekt 2: Luftverschmutzung und Anzahl der Personen in «Risikogruppen»

Die Erfahrung der ersten Monate mit COVID-19 bestätigt auch für die Schweiz, dass Personen mit vorbestehenden chronischen Krankheiten unter den COVID-19-Patientinnen und -Patienten stark übervertreten sind. Bei diesen Risikogruppen besteht eine höhere Wahrscheinlichkeit für schwere Verläufe und Tod. Die derzeit beschriebenen wichtigsten Risikogruppen sind Personen mit vorbestehenden Herz-/Kreislaufkrankheiten, Atemwegserkrankungen, Krebs sowie Diabetes. Zudem wird Übergewicht als COVID-19-Risikofaktor beschrieben. Aus dieser Beobachtung lässt sich herleiten, dass die Epidemie in Regionen mit tieferer Prävalenz dieser Risikokonstellationen weniger dramatisch verläuft als in Regionen, in denen der Anteil dieser Patientengruppen höher liegt. Die Frage der Rolle der Luftverschmutzung bei der Entwicklung dieser «Risikokrankheiten» rückt hier ins Zentrum.

Standpunkt 2 und offene Fragen

Die Forschung der letzten 30 Jahre – an welcher Schweizer Forschungsteams an vorderster Front mitwirken – belegt einen kausalen Zusammenhang zwischen der Langzeitbelastung mit Luftschadstoffen wie den Feinstäuben, Stickoxiden und anderen Bestandteilen des komplexen Luftschadstoffgemischs und dem Auftreten der genannten Risikokrankheiten. Insbesondere trägt die Luftverschmutzung zur wichtigsten Pathologie der Herz-/Kreislaufkrankheiten – das heisst der Atherosklerose – bei, verursacht bei Kindern die Entwicklung von Asthma und bei Erwachsenen chronische Lungenerkrankungen. Zudem ist Feinstaub als krebserregende Substanz eingestuft, wobei die Verursachung von Lungenkrebs am besten belegt ist. Der Zusammenhang der Luftverschmutzung mit der Entwicklung von Diabetes ist sowohl experimentell als auch epidemiologisch (auch in der Schweizer SAPALDIA Studie) belegt. Plausible Theorien stützen zudem die Annahme eines Beitrags der Luftverschmutzung bei der Entwicklung von Übergewicht.

Somit kann davon ausgegangen werden, dass in Regionen mit hoher Schadstoffbelastung sowie in Regionen mit hohem Anteil an Rauchern oder an Übergewichtigen die COVID-19-Risikogruppe grösser ist als in Regionen mit weniger belasteter Umwelt- und gesünderen Lebensbedingungen und somit auch höhere COVID-19-Sterblichkeit erwartet wird. Eine Analyse der Harvard-Universität hat den Zusammenhang zwischen der Feinstaub-Langzeitbelastung am Wohnort und dem Anteil an COVID-19-Todesfällen quantifiziert. Zwar wurde der postulierte Zusammenhang belegt. Die Analyse wurde im Rahmen der Begutachtung allerdings kritisiert und korrigiert. Für die Quantifizierung dieses Zusammenhangs sollten Resultate von internationalen Studien abgewartet werden.

Für Regionen wie Norditalien, die der Luftreinhaltung weniger Priorität einräumten als die Schweiz und insbesondere für schwerstbelastete Städte in Asien muss davon ausgegangen werden, dass der Anteil der COVID-19-Risikogruppen grösser ist, als in Regionen welche in den letzten Jahren die Luftreinhaltziele der WHO konsequent und erfolgreich verfolgten. Die bessere Luftqualität hat in wenig belasteten Regionen andererseits die Lebenserwartung und somit den Anteil Betagter in der Bevölkerung erhöht. Zwar gehören letztere ebenfalls zur COVID-19-Risikogruppe; Risikokrankheiten haben jedoch einen viel stärkeren Einfluss auf schwere COVID-19-Verläufe als das Alter *per se*. Wissenschaftliche Berechnungen zu den Folgen verzögerter Umweltpolitik liegen bisher nicht vor.

Fazit 2: Der heutige Stand des Wissens zur Rolle der Luftverschmutzung in der Entwicklung chronischer Erkrankungen lässt den Schluss zu, dass in Ländern wie der Schweiz mit sehr erfolgreicher Luftreinhaltspolitik und folglich tiefer Luftschadstoff-Belastung heute weniger Menschen zur COVID-19-Risikogruppe gehören als wenn die Luftverschmutzung auf dem Stand der 1980-er oder 1990-er Jahre geblieben wäre. Dieser Nutzen der Luftreinhaltung wurde für die Corona-Epidemie bisher nicht quantifiziert.

Aspekt 3: Rolle der Luftverschmutzung bei Anfälligkeit für SARS-CoV-2

Würden in einem Experiment 1'000 Menschen gleichen Alters und derselben Risikogruppe mit derselben Dosis an SARS-CoV-2-Viren belastet, würden nicht alle denselben COVID-19-Verlauf durchleben. Immer spielen individuelle Faktoren der Suszeptibilität (oder der Empfindlichkeit) eine Rolle. Diese reichen von genetischen, molekularen und immunologischen Faktoren bis zu sozio-demographischen Bedingungen, Lebensstil und Ernährung. Eine akute Belastung mit Luftschadstoffen – beispielsweise Feinstaub – führt zu lokalen und systemischen Entzündungsreaktionen. Die Aktivierung dieser Entzündungskaskaden spielen bei der Abwehr und dem Verlauf von Infektionen eine Rolle. Beispielsweise geht die Zunahme der Schadstoffkonzentrationen akut mit der Zunahme von Spitaleinweisungen wegen Lungenentzündungen einher – ein Zusammenhang, der insbesondere bei Kindern sowie bei Patientinnen und Patienten mit chronischer Lungenkrankheit (COPD) gut belegt ist. Kontrollierte Interventionsstudien bei Kindern haben auch gezeigt, dass eine vitaminreiche Ernährung auch bei jenen Kindern einen Schutzfaktor vor dem negativen Einfluss des Sommersmogs (Ozon) darstellte, welche gemäss genetischem Profil in der Abwehr von Oxidationsschäden geschwächt waren.

Aus solchen Kenntnissen leitet sich die Theorie ab, dass erhöhte Schadstoffbelastungen die Abwehr gegen die SARS-CoV-2 Viren schwächen. Tage mit erhöhten Schadstoffbelastungen müssten somit gefolgt sein von Tagen mit höherer Anzahl an Neuinfektionen, welche bei Abnahme der Belastungen wiederum rückläufig wären.

Standpunkt 3 und offene Fragen:

Die Gesamtheit des heutigen Wissens legt den Schluss nahe, dass Luftverschmutzung die Abwehr gegen Infektionskrankheiten schwächt. Ob und in welchem Ausmass dies auch auf die Anfälligkeit für SARS-CoV-2 Viren zutrifft, wurde bisher nicht erforscht. Für deren methodisch verlässliche Erforschung während der akuten Phase der Pandemie gelten dieselben Herausforderungen, welche in Aspekt 1 erläutert wurden. Unter der Annahme, dass diese Viren in Zukunft weltweit immer wieder zu (hoffentlich kleineren) Epidemien führen könnten, liesse sich die Hypothese des Zusammenhangs mit der Schadstoffbelastung untersuchen und quantifizieren. Falls der Zusammenhang in ähnlicher Grössenordnung wäre wie jener zwischen Schadstoffbelastungen und unspezifischen Lungenerkrankungen, würde der Beitrag der Schadstoffe zur Ausbreitung der Epidemie sicher nicht im exponentiellen Bereich liegen. Beispielsweise erhöhen sich bei einer Zunahme der Feinstaubbelastung um $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die Spitaleinweisungen wegen Atemwegsproblemen im tiefen Prozentbereich. Schwankungsbreiten der Tagesmittelwerte von $10\text{-}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ können in der Schweiz in Wintermonaten vorkommen. Zum Vergleich: in der Frühphase der COVID-19-Pandemie lagen die täglichen Zunahmen der COVID-19-Fallzahlen vor der Umsetzung von freiwilligen oder verordneten Massnahmen im Bereich von 30-50% - mit Verdoppelung der Fallzahlen innert weniger Tage. Falls sich obiger Zusammenhang empirisch bestätigt, könnte dies in die nächste Berechnung des gesundheitlichen Nutzens der Schweizer Luftreinhaltepolitik einfließen.

Fazit 3: An Tagen mit höheren Schadstoffbelastungen könnten die mit SARS-CoV-2 Virus infizierten Personen anfälliger sein für einen klinisch relevanten Verlauf von COVID-19. Der Zusammenhang ist zwar empirisch bisher für COVID-19 nicht belegt worden. Der Analogieschluss aus dem heutigen Stand des Wissens zu den Folgen der Luftverschmutzung wäre theoretisch aber plausibel. Falls der Analogieschluss auch quantitativ zutrifft, liesse sich folgern, dass der Beitrag im Vergleich zu den treibenden Faktoren der Pandemie eine lediglich untergeordnete Rolle spielen dürfte.

Aspekt 4: Luftverschmutzung und der akute Verlauf von COVID-19

Nach erfolgter Infektion durch SARS-CoV-2 steht für die Patientinnen und Patienten und das Gesundheitssystem die Frage des klinischen Verlaufs von COVID-19 im Zentrum. Bekanntlich verlaufen viele Infektionen symptomfrei oder mild. Akute Verschlechterungen, schwere Verläufe, Spitaleinweisung, Intensivstationspflege oder Beatmung sind selten, aber für die Auswirkungen, Kosten und Steuerung der Epidemie von zentraler Bedeutung. Wie bereits erwähnt sind unter diesen schweren Verläufen und den Todesfällen die genannten Risikogruppen stark übervertreten. Es stellt sich die Frage, ob nach erfolgter Infektion (Aspekt 3) der Krankheitsverlauf von COVID-19 durch die Luftverschmutzung negativ beeinflusst wird.

Standpunkt 4 und offene Fragen:

Die wichtigsten anthropogenen Luftschadstoffe haben stark oxidative Eigenschaften. Die Belastung durch diese Schadstoffe löst pulmonale sowie systemische, akute entzündliche Reaktionen aus. Auch negative Veränderungen in den Blutgerinnungsmustern und der Herzrhythmusvariabilität wurden als akute Folge der Schadstoffbelastungen experimentell und epidemiologisch belegt. Die erwähnte Zunahme der Spitaleinweisungen wegen Pneumonien weist auch auf einen Einfluss der Schadstoffe auf den Verlauf dieser Erkrankungen hin.

Schwere Verläufe gehen mit Hospitalisierung und medikamentösen Interventionen einher. Somit ist die Frage von Interesse, ob die Schadstoffe den Therapieverlauf beeinflussen. Wenige epidemiologische Studien haben sich in den letzten Jahren diesen klinischen Fragen gewidmet. Grosse kalifornische Patientenkohorten zeigten bei Lungenkrebspatientinnen und -patienten bessere Therapieerfolge und bei Tuberkulosepatientinnen und -patienten besseres Ansprechen auf eine Tuberkulostatikatherapie, je tiefer die Luftschadstoffbelastung an der Wohnadresse war. In beiden Patientenkohorten liess sich dieser Vorteil auch in der erhöhten Überlebensrate belegen. Der Krankheitsverlauf von Herz-Kreislaufpatienten, welche wegen anderer (nicht-kardiovaskulärer) Krankheiten in die Intensivstation einer Klinik in China eingewiesen werden mussten, war umso schlechter, je höher die Schadstoffbelastung an den Tagen vor der Einweisung war. In einer kanadischen Kohorte von Herzinfarktpatienten war deren Langzeitverlauf ebenfalls von der Luftverschmutzung negativ beeinflusst. Keine der genannten Studien wurde bisher von anderen Gruppen repliziert, und keine Studie hat bisher eine allfällige Abhängigkeit des Verlaufs von COVID-19 von der Luftqualität untersucht.

Ein zusätzlich erschwerender Einfluss der Luftverschmutzung auf den COVID-19 Verlauf kann zwar als theoretisch plausible Hypothese postuliert werden, die direkten Antworten zu dieser Frage fehlen jedoch. Die Relevanz der wenigen Arbeiten, die die Abhängigkeit des Therapieverlaufs schwerer Krankheiten von der Luftverschmutzung untersuchten, lässt sich nicht abschliessend beurteilen. Die medikamentöse Therapie von COVID-19 weicht von den in den genannten Patientenkohorten verwendeten Therapien ab.

Zu bedenken ist auch, dass die Hospitalisierungsdauer bei schweren Verläufen mehrere Wochen dauern kann. Typischerweise sind die Innenräume der Kliniken in der Schweiz über Ventilationssysteme belüftet und gefiltert, womit die Schadstoffbelastungen während der Hospitalisation tiefer liegen dürfte.

Fazit 4: Ein Einfluss der Luftverschmutzung auf den Verlauf und somit den Schweregrad von COVID-19 kann als plausible – auch von Aspekt 3 abhängige und nicht scharf trennbare – Hypothese postuliert werden. Dieser Zusammenhang könnte insbesondere in der Frühphase vor Einsatz umfassender Therapien eine Rolle spielen. Direkte wissenschaftliche Belege für diese Hypothese liegen derzeit für COVID-19 nicht vor. Die allfällige quantitative Relevanz der postulierten Mechanismen kann somit nicht beurteilt werden. Da die Schadstoffbelastung in der Schweiz dank der Luftreinhaltepolitik der letzten 35 Jahre tief ist – insbesondere auch während der ungewöhnlich langen Schönwetterperiode in diesem Frühling – und die Anzahl COVID-19-Patientinnen und -Patienten hoffentlich gering bleibt, dürfte dieser Aspekt für die Schweiz keine relevante Grösse darstellen.

Aspekt 5: Luftverschmutzung und Spätfolgen von COVID-19

Neuste Erkenntnisse weisen darauf hin, dass COVID-19-Patientinnen und -Patienten mit teilweise schwerwiegenden Langzeitfolgen konfrontiert sein könnten. Erste Berichte verweisen auf mögliche langfristige Schädigungen der Lungen, der Nieren sowie des Gefässsystems.

Standpunkt 5 und offene Fragen:

Der Beitrag der Schadstoffbelastungen auf die Entwicklung der Spätfolgen wurde bisher nicht erforscht. Auch ist nicht bekannt, ob Patientinnen und Patienten mit Spätfolgen empfindlicher sind gegenüber künftigen Schadstoffbelastungen. Gesunde Lebensbedingungen inklusive saubere Umweltbedingungen können auf den Verlauf vieler chronischer Leiden positive Wirkung zeigen. Wissenschaftliche Untersuchungen mit COVID-19-Patientinnen und -Patienten könnten den Einfluss der Luftverschmutzung auf den Verlauf der COVID-19-Spätfolgen erforschen. Dies sollte in grossen internationalen Forschungskollaborationen erfolgen, um genügend grosse Fallzahlen und ausreichende Diversität in der Schadstoffbelastung zu erreichen. Die Fallzahlen der Schweiz reichen für die Erforschung dieser Hypothesen eher nicht aus. Die räumlichen Unterschiede in der Langzeitbelastung mit Luftschadstoffen sind in der Schweiz inzwischen stark reduziert da die Grenzwerte grossmehrheitlich eingehalten werden.

Fazit 5: Über die Auswirkungen der Luftverschmutzung auf den Verlauf der COVID-19 Spätfolgen gibt es bisher keine Kenntnisse. Die Postulierung von ungünstigen Zusammenhängen ist aber plausibel und Wechselwirkungen denkbar.

Aspekt 6: Einfluss des COVID-Lockdowns auf die Luftverschmutzung

Die wichtigsten Determinanten der täglichen Luftverschmutzung sind 1) die primären Emissionen von Schadstoffen aus diversen Quellen, 2) die daraus entstehende atmosphärische Bildung sekundärer Schadstoffe sowie der Abbau und die Elimination von Schadstoffen aus der Luft, sowie 3) die Wetterbedingungen. Wichtige Emittenten primärer Schadstoffe wurden vom Lockdown stark betroffen. Dies trifft insbesondere auf den Strassen- und Flugverkehr zu. Zudem fiel der Lockdown in die seit Jahrzehnten längste Frühlings-Schönwetterperiode. Diese ging in den ersten Tagen mit einer Saharastaub-Episode und einer starken Bise einher sowie dem seit Messbeginn wärmsten Monat Mai.

Die durch den Lockdown verursachte Veränderung der Schadstoffbelastung führt auch zur Veränderung der akuten Auswirkungen der Luftverschmutzung. Die Wirkung der Veränderungen der Schadstoffbelastungen auf die Häufigkeit oder Verschlechterung von Krankheiten und Todesfällen könnte aus verfügbaren Informationen hochgerechnet werden, sobald die Lockdown-bedingte Veränderung der Schadstoffbelastung quantifiziert ist. So nimmt beispielsweise die Sterblichkeit an Tagen mit $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ höherer Feinstaubbelastung um ca. 1-2% zu.

Standpunkt 6 und offene Fragen:

Angesichts der komplexen Zusammenhänge zwischen täglichen Schadstoffbelastungen, Emissionen und Wetterbedingungen können die lufthygienischen Folgen des Lockdowns nur durch mathematische Modelle abgeschätzt werden, welche all diese Faktoren berücksichtigen und mit längeren Zeitreihen vor und nach dem Lockdown statistisch vergleichen. Ein direkter Vergleich der Daten der Messstationen vor und während des Lockdowns ist in der Frühphase sinnvoll. Für die abschliessende Beurteilung der Folgen des Lockdowns genügt dies aber nicht. Der quantitative Vergleich muss auch den Beitrag der Wetterbedingungen berücksichtigen. Erste Vergleiche dieser Daten zeigen sowohl in der Schweiz wie

in anderen Ländern, dass die Lockdown-bedingte Abnahme der Primärschadstoffe an manchen Orten so deutlich war, dass diese auch ohne Berücksichtigung der Wetterbedingungen in den Daten der Messstationen ersichtlich wurde. Insbesondere gilt dies für die vor allem aus dem Strassen- oder (an flughafennahen Standorten) dem Luftverkehr stammenden Stickoxide und die ultrafeinen Partikel. Für die auch stark durch sekundäre Prozesse und nicht vom Lockdown betroffenen Quellen bestimmten Feinstaubkonzentrationen wird sich der Lockdown-Effekt erst mittels umfassender Modellrechnungen berechnen lassen. So haben die absoluten Konzentrationen beispielsweise mit dem Einsetzen der Saharastaub-Episode zu Beginn des Lockdowns zugenommen, mit der starken Bise abgenommen. Ohne Lockdown und die speziellen Wetterbedingungen könnte diese Zunahme noch deutlicher ausgefallen sein. Auch die Wirkungen auf die Ozonkonzentrationen bedürfen komplexer Modellierungen, da die Ozonkonzentration von der Sonneneinstrahlung und den Vorläuferschadstoffen, zu denen auch die Stickoxide gehören, in komplexer Weise abhängen. So wird Ozon zwar durch Stickoxide und andere Vorläufer unter Sonneneinstrahlung aufgebaut während Stickstoffmonoxid – das u.a. entlang der Verkehrsachsen emittiert wird - Ozon abbaut. So könnte der Lockdown zur Abnahme oder auch Zunahme der Ozonkonzentrationen führen. Erste internationalen Studien verweisen auf eine leichte Zunahme der Ozonbelastungen, was sich derzeit aber nicht generalisieren lässt.

Fazit 6: Der Lockdown betraf viele Schadstoffquellen und führte insbesondere zu einer Verminderung des Verkehrs. Der entsprechende Emissionsrückgang bei primären Schadstoffen spiegelt sich hauptsächlich an quellennahen Messstandorten in den Immissionen wider. Die genaue Quantifizierung des Einflusses und der Folgen auf die Gesundheit erfordert Datenanalysen über längere Zeiträume unter Berücksichtigung aller anderen schadstoffrelevanten Faktoren (z.B. Wetter), um die tatsächliche Belastung mit jener zu vergleichen, welche ohne Lockdown vorgelegen hätte. Gut belegt – auch in der Schweiz (Empa) – ist die sofortige lokale Abnahme der Stickoxidkonzentration an strassennahen Standorten nach Beginn des Lockdowns.

Schlussbemerkung

Abschliessend sei hervorgehoben, dass die Schweiz auch in der COVID-19-Krise von der erfolgreichen Luftreinhaltepolitik der letzten 35 Jahre profitieren konnte. Die temporäre Abnahme des Ausstosses von Luftschadstoffen durch den Lockdown zeigt das weitere Verbesserungspotenzial auf. Für eine nachhaltige Verbesserung der Luftqualität und somit der Gesundheit der Bevölkerung ist die dauerhafte Reduktion der Luftschadstoffe unabdingbar. Der Ausstoss von Feinstaub, Stickoxiden, flüchtigen organischen Verbindungen und Ammoniak muss weiter reduziert werden, indem in der Schweiz, aber auch international, bei Motorfahrzeugen, landwirtschaftlichen und industriellen Anlagen sowie Heizungen und anderen Emissionsquellen konsequent der beste Stand der Technik gefördert und zur Anwendung gebracht wird. Der Vollzug der Massnahmen muss auch nach der Corona-Pandemie konsequent eingefordert und die Verbesserung der Luftqualität durch standardisierte Messungen belegt werden. International soll sich die Schweiz dafür einsetzen, dass die wissenschaftlich abgestützten und von der Weltgesundheitsorganisation WHO vorgeschlagenen Luftreinhalteziele zum Schutz der Gesundheit global eingehalten werden.