

Umschlagabbildung: iStock.com/zhaojiankang

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<http://dnb.dnb.de> abrufbar.

© 2021 · expert verlag GmbH
Dischingerweg 5 · D-72070 Tübingen

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung
außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung
des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen,
Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in
elektronischen Systemen.

Alle Informationen in diesem Buch wurden mit großer Sorgfalt erstellt. Fehler
können dennoch nicht völlig ausgeschlossen werden. Weder Verlag noch Autoren oder
Herausgeber übernehmen deshalb eine Gewährleistung für die Korrektheit des Inhaltes
und haften nicht für fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Internet: www.expertverlag.de
eMail: info@expert.verlag

Printed in Germany

ISBN 978-3-8169-3491-2 (Print)
ISBN 978-3-8169-0037-5 (ePDF)
ISBN 978-3-8169-8491-7 (ePub)

Inhalt

Vorwort	7
Einleitung	11
Zusammensetzung der Luft	13
Der Straßenverkehr als Schlüssel für erhöhte Werte am Straßenrand	27
Zusammenhang der Verkehrszunahme und der Emissionsentwicklung	31
Diskussion der Luftqualitätsgrenzwerte für (NO ₂) und Feinstaub (PM ₁₀ und PM _{2,5})	33
Stickstoffoxide NO _x , Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO ₂	47
Feinstaub PM ₁₀	63
Feinstaub PM _{2,5}	77
Kohlenmonoxid CO	89
Kohlenwasserstoffe ohne Methan NMHC beziehungsweise NMVOC	99
Benzol	111
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe PAH beziehungsweise PAK	121
Benzo(a)pyren BaP	129
Ozon O ₃	141
Schwefeloxide (SO ₂)	151

Blei Pb	161
Technische Maßnahmen und Fortschritte zur Emissionsverminderung	173
Persönliche Möglichkeiten des Einzelnen	203
Zusammenfassung	209
Weiterführende Literatur	229
Danksagung	231
Register	233

Vorwort

In der Süddeutschen Zeitung vom 1. Oktober 2019 war in einem Artikel die Überschrift „Münchens Luft wird immer besser“ zu lesen, und darunter: „An der Landshuter Allee ist die Belastung aber weiter kritisch.“¹ Das bringt die aktuelle Lage auf den Punkt. Seit Jahren nimmt die Konzentration des Stickstoffdioxids – die Abgaskomponente, die derzeit im Fokus steht – stetig ab. Die Verbesserungen bei den anderen Abgaskomponenten werden nicht mit einem Wort erwähnt. Dies verweist auch auf die Problematik, dass mit dem Messort an der ungünstigsten Stelle dem Bürger suggeriert wird, die Luftqualität in München wäre schlecht. Auch weil der entsprechende Jahresgrenzwert mit $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deutlich tiefer angesetzt ist als z. B. in Kalifornien, das für seine strikten Umweltstandards bekannt ist.

Aufgrund der wachsenden Stadtbevölkerung und der damit verbundenen Zunahme an Aktivitäten und Mobilität entsteht allgemein der Eindruck, dass die Luftqualität auch in anderen Städten schlechter wird. In erster Linie werden der Straßenverkehr und insbesondere die Pkws und Lieferfahrzeuge mit Dieselmotoren dafür verantwortlich gemacht.

Die jüngsten Diskussionen über die Manipulationen am Prüfstand eines Herstellers haben das Vertrauen beim Bürger weiter erschüttert. Zusätzlich führt die Diskrepanz zwischen den Angaben bei den vorgeschriebenen Prüfstandtests und den tatsächlichen Werten beim Kunden, sowohl bei den Abgasemissionen als auch den Kraftstoffverbräuchen, zu einer weiteren Verunsicherung in der Bevölkerung. Zuletzt beschlossene Testverfahren sollen realistischere Werte zutage fördern. Das neue europäische Zulassungsverfahren, das die Kriterien bei der Typprüfung jetzt deutlich strenger festlegt und auch Straßentests mit einbezieht, ist bereits seit dem 1. September 2017 gültig. Werden die Abgasemissionen neuer Fahrzeuge unter allen Betriebsbedingungen absinken? Wird sich bald die Ersetzung älterer Fahrzeuge durch emissionsarme neue Fahrzeuge auf die gemessenen Konzentrationen an den Verkehrs-Messstationen auswirken?

Die immer anspruchsvolleren gesetzlichen Regelungen und der Erfolg technischer Fortschritte auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene werden kaum wahrgenommen beziehungsweise deren Wirkungen unterschätzt. Offenbar hat die Autoindustrie nicht intensiv genug die massiven Anstrengungen und Verbesserungen der Öffentlichkeit vermitteln können.

¹ Süddeutsche Zeitung, Nr. 227, Regionalausgabe Landkreis Starnberg, R3.

Es werden daher in den nachfolgenden Kapiteln die Entwicklungen der Luftqualität und der Abgasemissionen des Straßenverkehrs in den letzten Jahrzehnten in Deutschland aufgezeigt. Städte mit kritischen Werten – die sogenannten „Mega-Cities“ – mit einer weiterwachsenden Bevölkerung sind das abschreckende Beispiel mit ihrer heute noch schlechten Luftqualität.

Die Rolle der meteorologischen Parameter im Zusammenhang mit der Luftqualität und das Zusammenwirken der Emissionen aller Quellen und der Gesetzgebung auf der Emissions- und Immissionsseite werden erklärt.

Abgasemissionen stationärer und mobiler Quellen werden sowohl global wie regional und lokal zusammengestellt, um deren Ausbreitung und Einfluss auf die Immissionssituation in Deutschland aufzuzeigen. Die Entwicklung wird – soweit Daten verfügbar sind – meist von 1990 bis 2018/2019 beschrieben. Örtliche wie zeitliche Sondersituationen werden angesprochen. Kritische Messorte und Episoden werden analysiert und relativiert.

Die für die Luftqualität maßgeblichen Komponenten werden beispielhaft in einigen Bundesländern und Städten Deutschlands zusammengefasst. Ihre Entwicklung wird seit 1990 verfolgt und teilweise auch prognostiziert. Die Darstellung ist abhängig von der Verfügbarkeit der Daten. In weiteren Kapiteln werden sowohl technische als auch behördliche Maßnahmen zur Verringerung von Abgasemissionen und unerwünscht hohen Konzentrationen in der Umgebungsluft zusammengestellt.

Durch die gemeinsamen Anstrengungen der Behörden und der Industrie werden bei den Abgaskomponenten Kohlenmonoxid [CO], der Summe der methanfreien Kohlenwasserstoffe [NMHC], Stickstoffoxide [NO_x] mit Stickstoffmonoxid [NO] und Stickstoffdioxid [NO₂], Benzol [C₆H₆], der Summe der aromatischen Kohlenwasserstoffe [PAH] mit der Leitkomponente Benzo(a)pyren [BaP], Feinstaub [PM₁₀] und Feinstaub [PM_{2,5}], Blei [Pb] und Schwefeldioxid [SO₂] alle Immissionsgrenzwerte eingehalten. Auch auf das sekundär entstehende Ozon [O₃] wird eingegangen. Um die aktuelle Debatte über den Klimawandel aufzunehmen, ist ein Kapitel über das klimarelevante Spurengas CO₂ angehängt.

Alte Grenzwerte für Stickstoffmonoxid NO wurden schon früh fallen gelassen, da NO für die menschliche Gesundheit keine Rolle spielt und sich relativ schnell in der Atmosphäre zu Stickstoffdioxid NO₂ umwandelt. Auch 2019 wird an starkbefahrenen Straßen in vielen Städten der ambitionierte NO₂-Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m³ noch nicht ganz erreicht. Bei Feinstaub werden nur in wenigen Städten Grenzwerte leicht überschritten. Zusätzlich zu den weiteren oben bereits angeführten Abgaskomponenten wird sowohl die Emissionsentwicklung als auch der Trend der Luftqualität über einen längeren

Zeitraum für vier ausgewählte Bundesländer angegeben. Kriterien der Auswahl waren die Datenverfügbarkeit, die Bevölkerungsdichte und die Bedeutung der Länder. Die Wirkung bei bestimmten Konzentrationen wird generell und bei in der Umwelt auftretenden Werten je Kapitel erläutert.

Zusätzlich werden Empfehlungen gegeben, wie der Einzelne durch persönliches Verhalten einen Beitrag zur Verbesserung der Luftqualität für sich und für die Allgemeinheit leisten kann.

Die Verbesserung wird durch Langzeitverläufe der Abgaskomponenten, durch Emissionsverbesserungen der Straßenverkehrsfahrzeuge und durch die Stufen der Emissionsgesetzgebung beim Straßenverkehr dokumentiert.

Herrsching im Januar 2021

Norbert Metz

Einleitung

Der Umweltschutz hat in den letzten Jahren einen immer höheren Stellenwert bekommen. Der Bürger hat den Wunsch, sorglos in einer heilen Umgebung zu leben. Wer möchte keine hohe Wasserqualität beim Trinkwasser und in den Badeseen, wer keine saubere Umgebungsluft atmen? Daneben möchte niemand auf die Annehmlichkeiten verzichten, die die Umwelt belasten: ein warmes Heim, ausgewogene und gehaltvolle Mahlzeiten, Flugreisen und Autofahrten zu selbstbestimmten Zeiten und vieles mehr. Zu beiden Aspekten kursieren viele Klischees und Halbwahrheiten. Dieses Buch soll ein Vermittler sein, der die oft vereinfachten Zusammenhänge in der Berichterstattung der Medien einerseits aufdeckt und die umfangreichen Fakten der Wissenschaft andererseits allgemeinverständlich erklärt. Zu Beginn muss deshalb erst einmal beschrieben werden, aus was unsere Luft eigentlich besteht.

Zusammensetzung der Luft

Unsere Luft ist neben Wasser die wichtigste Lebensgrundlage, da wir 10 000 bis 20 000 Liter Luft täglich einatmen. Deshalb zählt saubere Luft zu den wertvollsten Elementen. Das folgende Bild 1 zeigt ihre einzelnen Komponenten. Die Hauptanteile werden in Prozent angegeben, Spurengase in ppm (parts per million) bzw. ppb (parts per billion).

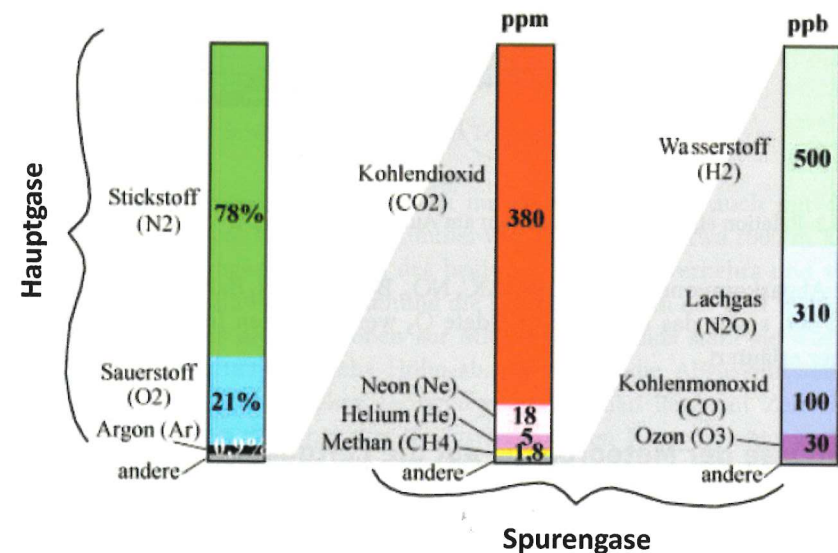


Bild 1: Zusammensetzung der Atmosphäre¹

Neben den im Bild 1 genannten Gasen enthält die Luft noch Wasser in wechselnder Konzentration und in allen drei Aggregatzuständen (fest, flüssig, gasförmig), Staubpartikel, ein Gemisch aus festen oder/und flüssigen Schwebeteilchen und in der Atmosphäre erzeugte reaktionsfreudige Moleküle, die zu veränderten Volumenanteilen der oben angeführten Komponenten führen.

¹ <https://bildungsserver.hamburg.de/atmosphaere-und-treibhauseffekt/2068640/atmosphaere-aufbau-artikel/> (Stand: 17.07.2020).

Diese Zusammensetzung wird vom Straßenverkehr im ppm-Bereich beeinflusst. In Bild 2 werden die Anteile der einzelnen Abgaskomponenten angegeben, die direkt aus dem Auspuffende kommen.

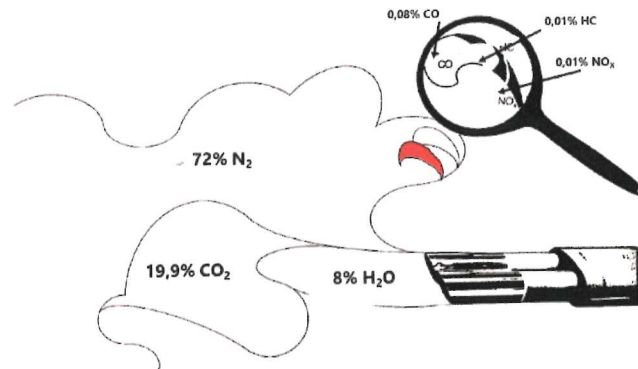


Bild 2: Relation einzelner Komponenten am Auspuffende²

Die Abgaskomponenten CO, NMVOC, NO_x, Benzol, PAH, BaP, PM₁₀, PM_{2,5}, Blei und SO₂ sowie das sekundär gebildete O₃ werden in den folgenden Kapiteln näher erläutert.

Einflüsse der Meteorologie auf die Luftqualität

Meteorologische Faktoren spielen eine wichtige und weitgehend unterschätzte Rolle, obwohl sie die komplexen Vorgänge auf dem Weg von der Emission einer Komponente bis hin zur lokalen beziehungsweise regionalen Luftqualität maßgeblich beeinflussen.

Im Folgenden werden die wesentlichen Einflussfaktoren zusammengefasst. Über der Erdoberfläche werden verschiedene Schichten unterschieden. Die ersten 10 km bezeichnet man als Troposphäre, begrenzt durch die Tropopause, darüber beginnt die Stratosphäre. In der untersten Schicht der Troposphäre bestimmt die planetare Grenzschicht (Inversionshöhe³) die Konzentration der Abgaskomponenten. In dieser unteren Schicht der Atmosphäre unterliegen

² Metz, N., Vorlesungsskript „Auto und Umwelt“, Sommersemester 2020, Hochschule Coburg.

³ Von Inversion spricht man, wenn sich der normalerweise mit der Höhe abnehmende Temperaturverlauf umkehrt.

die Luftströmungen dem Einfluss der Bodenreibung. In der Troposphäre herrschen teilweise höhere horizontale Windgeschwindigkeiten, die die Luftmassen in zwei Wochen rund um den Globus transportieren können.

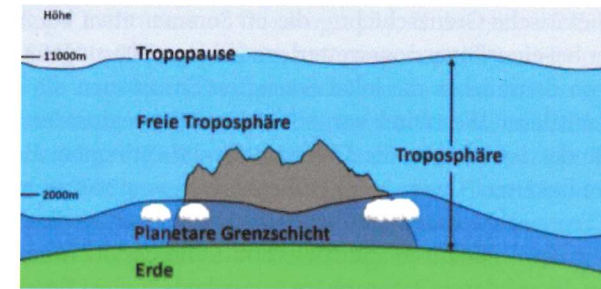


Bild 3: Definition der Schichten in der unteren Troposphäre⁴

Die planetare Grenzschicht ändert sich im Tagesverlauf und auch mit den Jahreszeiten. Morgens steigt sie im Sommer von ca. 500 m auf etwa 2000 m. Das führt dazu, dass Abgasemissionen des beginnenden Berufsverkehrs und von Heizungen zur Warmwassergewinnung die Konzentration in der Luft weniger stark verringern als die Emissionen zur Mittagszeit. Abends sinkt sie wieder allmählich auf die ursprüngliche Höhe ab. Dann sind die Abgasemissionen des Berufs- und Lieferverkehrs geringer und auf einen längeren Zeitraum verteilt, daher fallen die Konzentrationen der meisten Komponenten in den Abendstunden verglichen mit den Vormittagsstunden auch geringer aus.

Windgeschwindigkeit und Windrichtung

Bodennah können Abgasemissionen vom Entstehungsort abhängig von der Windgeschwindigkeit weitertransportiert werden und an Stellen landen, die nicht zusätzlich belastet werden sollten, zum Beispiel in Häuserschluchten, in denen ohnehin ungünstigere Verhältnisse vorherrschen. In der Troposphäre trägt der Wind zum weiträumigen Transport belasteter Luftmassen bei, die innerhalb von zwei Wochen einmal die Erde umrunden können. Die bei uns vorherrschende Windrichtung ist West, damit erhalten wir Abgasemissionen auch von westlich gelegenen benachbarten Staaten. Bei auch auftretenden Ostwinden spielen die Abgasemissionen der östlichen Nachbarstaaten eine Rolle.

⁴ <https://analytik.news/Fachartikel/Volltext/ethz2.pdf> [Stand: 17.07.2020].