

Überwachung der Luftqualität im Burgquartier in Freiburg

—
Bericht über die Messungen
von 1987 bis 2015



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG

Service de l'environnement SEn
Amt für Umwelt AfU

Office de la protection
de l'environnement
Mesures de la pollution
atmosphérique

—
Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions **DAEC**
Raumplanungs-, Umwelt- und Baudirektion **RUBD**

Inhalt

1	Einleitung	3	5	Schwefeldioxid	14
1.1	Messzweck und Messprogramm	3	5.1	Charakterisierung, Quellen und Wirkungen	14
1.2	Standortbeschreibung	3	5.2	Zeitliche Entwicklung der Schadstoffbelastung	14
1.3	Verkehrsbelastung	4	5.3	Beurteilung	15
2	Stickoxide	5	6	Kohlenmonoxid	16
2.1	Charakterisierung, Quellen und Wirkungen	5	6.1	Charakterisierung, Quellen und Wirkungen	16
2.2	Zeitliche Entwicklung der Schadstoffbelastung	5	6.2	Zeitliche Entwicklung der Schadstoffbelastung	16
2.3	Beurteilung	8	6.3	Beurteilung	16
3	Feinstaub PM10	9	7	Zusammenfassung	17
3.1	Charakterisierung, Quellen und Wirkungen	9			
3.2	Zeitliche Entwicklung der Schadstoffbelastung	10			
3.3	Beurteilung	11			
4	Ozon	12			
4.1	Charakterisierung, Quellen und Wirkungen	12			
4.2	Zeitliche Entwicklung der Schadstoffbelastung	12			
4.3	Beurteilung	13			

1 Einleitung

Die Luftqualitätsmessungen im Burgquartier in Freiburg begannen 1987 und dauerten bis 2015. Es handelt sich um die längste Serie von Luftschadstoffmessungen im Kanton.

Nach der Schliessung der Zähringerbrücke für den motorisierten Individualverkehr im Oktober 2014 ging das Verkehrsaufkommen im Bereich der Kathedrale St. Nikolaus stark zurück und führte ab 2015 zu einer deutlichen Verbesserung der Luftqualität.

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der Messungen zwischen 1987 und 2015 vor.

1.1 Messzweck und Messprogramm

Mit der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) erhielten 1986 die Kantone die Aufgabe, den Stand und die Entwicklung der Luftverunreinigung auf ihrem Gebiet zu überwachen und insbesondere das Ausmass der Immissionen¹ zu ermitteln.

Das Amt für Umwelt (AfU) hat im Sommer 1986 einen ersten Messanhänger angeschafft um die Luftqualität im Kanton Freiburg überwachen zu können. Zwischen Oktober 1986 und April 1987 kam diese Messstation im Burgquartier in Freiburg hinter der ehemaligen Poststelle Bourg ein erstes Mal zum Einsatz.

Von 1989 bis 2015 wurde dieser Standort jedes zweite Jahr für die Dauer je eines Jahres beprobt. Es liegen somit Messresultate für alle ungeraden Jahre vor.

1.2 Standortbeschreibung

Der Standort (Koordinaten: 2°57'9"O/1°18'3"89) hinter der ehemaligen Poststelle Bourg konnte während dem gesamten Beobachtungszeitraum unverändert beibehalten werden. Die sich in einer engen Strassenschlucht befindliche Messstelle war bis Ende 2014 einem hohen Verkehrsaufkommen ausgesetzt.



Abbildung 1: Standort der Messstation Burg. Quelle: Online-Karten des Kantons Freiburg

¹ Luftschadstoff-Immission: Luftverunreinigungen am Ort ihres Einwirkens auf Menschen, Tiere, Pflanzen, Böden und Sachgüter. Luftschadstoff-Emission: Von Anlagen, Fahrzeugen oder Produkten an die Umwelt abgegebene Luftverunreinigungen.

1.3 Verkehrsbelastung

Die vom Amt für Mobilität der Stadt Freiburg durchgeführten Verkehrszählungen auf der Zähringerbrücke zeigen eine hohe Verkehrsbelastung in der Nähe der Messstation. Ende der 1980er Jahre betrug der durchschnittliche Tagesverkehr (DTV) gut 25'000 Fahrzeuge. Bis 2013 sank der DTV um 10 % auf rund 22'500 Fahrzeuge. Im Jahr 2015, nach der Schliessung der Zähringerbrücke für den Individualverkehr, wurden nur noch 800 Fahrzeuge pro Tag gezählt.

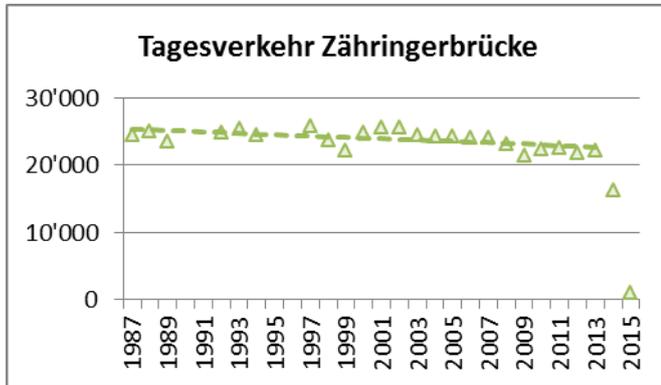


Abbildung 2: Durchschnittlicher Tagesverkehr auf der Zähringerbrücke. Quelle: Stadt Freiburg, Amt für Mobilität

2 Stickoxide

2.1 Charakterisierung, Quellen und Wirkungen

Stickoxide (NO_x) enthalten im Wesentlichen Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2). NO_x ist eine wichtige Vorläufersubstanz für die Bildung von sauren Niederschlägen, sekundärem Feinstaub und – zusammen mit den flüchtigen organischen Verbindungen – von Ozon und Sommersmog. Die hauptsächlichen Quellen von Stickoxiden sind der motorisierte Strassenverkehr und Feuerungen.

NO_2 ist ein sogenannter Sekundärschadstoff, da er vorwiegend aus NO gebildet wird. Es handelt sich um ein Reizgas für Mensch und Tier, das zu Reizungen von Augen, Atmungsorganen und der Haut führen kann. Es ist ebenfalls schädlich für die Pflanzen, wobei die Einwirkung direkt oder indirekt als Folge eines zu hohen Stickstoffeintrages (Überdüngung von empfindlichen Ökosystemen) erfolgen kann.

Die Luftreinhalte-Verordnung (LRV) legt für NO_2 folgende Immissionsgrenzwerte (IGW) fest:

- > $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$: Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
- > $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$: 95 % der 1/2-h-Mittelwerte eines Jahres kleiner oder gleich $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- > $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$: 24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden

Die Erfahrung zeigt, dass der IGW von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Nähe stark befahrener Strassen oft nicht eingehalten ist. Liegt der Jahresmittelwert jedoch unterhalb des IGW, so ist der IGW für den 95 %-Wert sowie für den 24-h-Mittelwert im Allgemeinen auch nicht überschritten.

Die Stickoxid-Emissionen sind in der Schweiz dank den seit den 80iger Jahren getroffenen Luftreinhaltemassnahmen, wie zum Beispiel der Einführung des Katalysators bei Personenwagen und der Verschärfung der Abgasgrenzwerte für Feuerungen, deutlich gesunken.

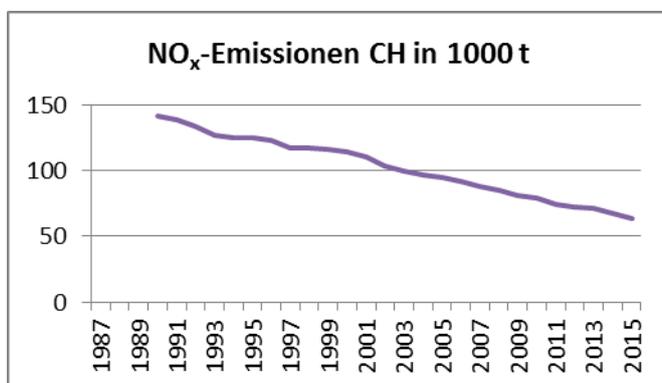


Abbildung 3: NO_x -Emissionen in der Schweiz in 1000 Tonnen. Quelle: BAFU²

2.2 Zeitliche Entwicklung der Schadstoffbelastung

Zur besseren Beurteilung der zeitlichen Entwicklung wird die Luftbelastung des Burgquartiers im Folgenden mit derjenigen im Pérollesquartier verglichen (siehe Abbildung 4). Der diesbezügliche Messstandort befindet sich am Rand des Pérolles-Parks, auch bekannt als Domino-Gärten.

Die Messergebnisse der Station Pérolles sind typisch für die städtische Hintergrundbelastung in der Agglomeration Freiburg, da sich der Standort in einem genügend grossen Abstand von stark befahrenen Strassen und anderen

² Bundesamt für Umwelt: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/zustand.html>, Indikatoren, Stickoxid-Emissionen

hohen Schadstoffemittenten befindet. Die Variationen von Jahr zu Jahr widerspiegeln dabei den Einfluss der jährlich wechselnden meteorologischen Bedingungen und der Trend über mehrere Jahre ist ein Indikator für die sich ändernden Schadstoffemissionen.

In Abbildung 4 wird die zeitliche Entwicklung der Jahresmittelwerte von NO₂ und NO_x dargestellt. Für 1987 wird der Jahresmittelwert für NO₂ im Burgquartier auf 54 µg/m³ geschätzt, basierend auf den ersten Messungen, die während 179 Tagen zwischen September 1986 und April 1987 durchgeführt wurden. Für NO_x liegt für 1987 kein Jahresmittel vor. Die Konzentrationen beider Schadstoffe sind während der Beobachtungsperiode von 1987 bis 2015 deutlich gesunken:

- > Die Konzentrationen von NO₂ gingen hauptsächlich in den 90iger Jahren zurück. Danach tritt eine Abflachung des Verlaufs ein und die Werte liegen bis 2013 stets über 30 µg/m³. Aufgrund des Verkehrsrückgangs nach der Schliessung der Zähringerbrücke sanken die Werte im Jahr 2015 deutlich unter den Immissionsgrenzwert (IGW) und haben fast das Niveau der Messstation Pérolles erreicht.
- > Für die Konzentrationen von NO_x ist ein deutlicher Rückgang bis etwa 2005 zu beobachten.

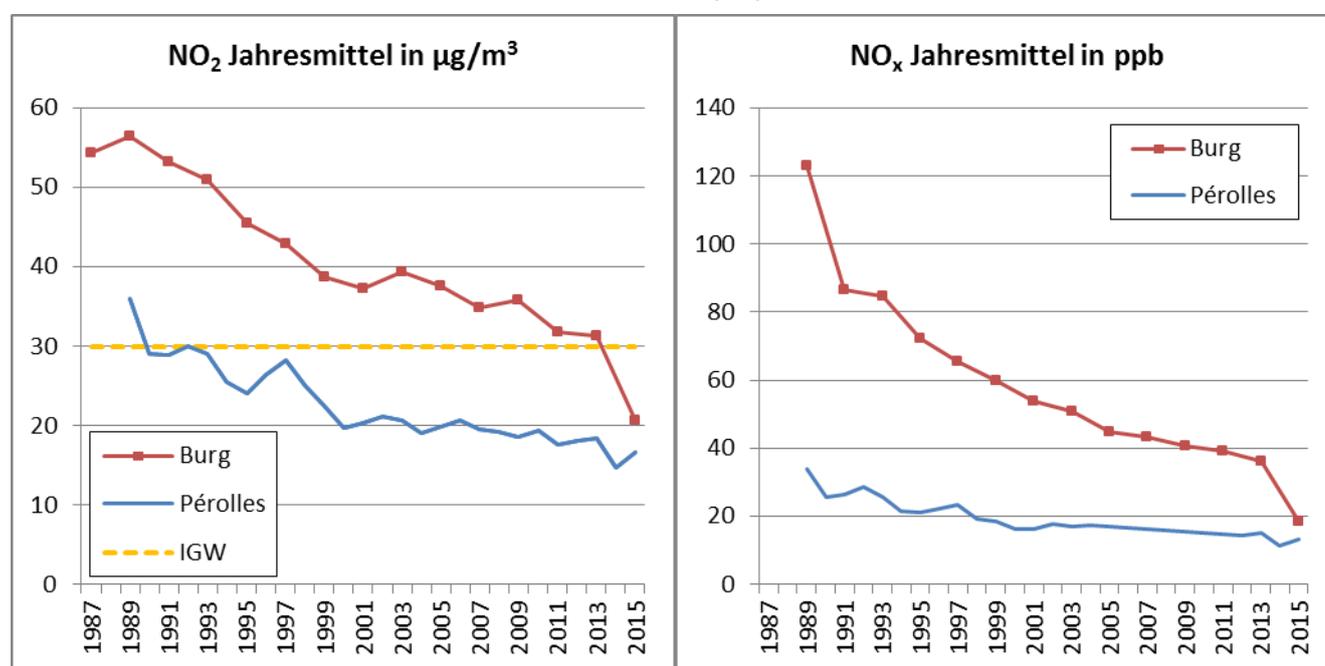


Abbildung 4: Zeitliche Entwicklung der Jahresmittel von NO₂ (Einheit: µg/m³) und NO_x (Einheit: ppb)

Obwohl der motorisierte Verkehr die Hauptquelle der NO₂-Belastung darstellt, haben sich dieser Schadstoff und der Verkehr nicht im selben Masse verändert (siehe Abbildung 5). Von 1987 bis 2013 ging der Verkehr nur um etwa 10% zurück, während die NO₂-Belastung um fast 45% abnahm. Der technische Fortschritt bei den Fahrzeugen, insbesondere die Einführung des Katalysators bei den Benzinmotoren, haben sich positiv ausgewirkt. Hätten sich in diesem Zeitraum die zurückgelegten Kilometer des motorisierten Verkehrs in der Agglomeration nicht erhöht, wäre die NO₂-Belastung noch deutlicher zurückgegangen.

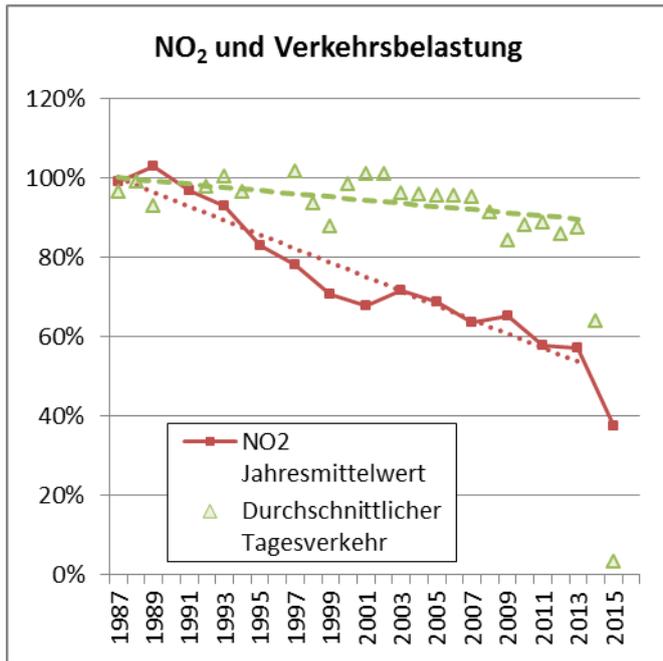


Abbildung 5: Prozentuale Entwicklung von Stickstoffdioxid im Vergleich zum Verkehr (100 % entsprechen der Situation von 1987)

In Abbildung 4 ist auch ersichtlich, dass sich die NO_x - und die NO_2 -Konzentration im Verlaufe der Zeit nicht im selben Ausmass verringert haben. Das Niveau von NO_x ist seit dem Beginn der 1990er Jahre bis 2013 um über 60 % gesunken, währendem die NO_2 -Konzentrationen im gleichen Zeitraum nur um etwa 40 % zurückgegangen sind.

Dies ist deutlicher in der Abbildung 6 zu erkennen. In der linken Grafik werden die relativen Anteile³ von NO_2 und NO in Prozent am $\text{Total NO}_x = \text{NO}_2 + \text{NO}$ dargestellt. Während zu Beginn der Messreihe der Anteil NO_2 an NO_x rund 30 % ausmachte, betrug er 2013 fast 50 % und 2015 gar rund 60 %. NO_2 wird im Gemisch NO_x somit immer dominanter. Dabei ist der Anteil NO_2 im NO_x im Verlaufe der Zeit bei der Messstation Burg viel deutlicher gestiegen als an der Station Pérolles (Grafik rechts).

Einer der Gründe für die Änderung der Schadstoffzusammensetzung liegt in der Entwicklung des Motorfahrzeugparks. Im Jahr 1990 betrug der Anteil dieselbetriebener Personenwagen im Kanton Freiburg 2.4 % und 2015 waren es mit 25.4 % über zehn Mal mehr⁴. Gegenüber benzinbetriebenen Personenwagen stossen die dieselbetriebenen mehr NO_x aus und der Anteil von NO_2 im NO_x ist höher.

Die Messstation Burg befand sich unmittelbar neben der Fahrbahn und die Anteile von NO und NO_2 am NO_x entsprechen somit annähernd der Zusammensetzung der ausgestossenen Fahrzeug-Abgase. Dies ist bei der nicht an einer Verkehrsachse liegenden Messstation Pérolles anders: dort haben die von den Fahrzeugen ausgestossenen NO -Moleküle Zeit, sich (teilweise) in NO_2 umzuwandeln, weshalb das Verhältnis NO_2 zu NO_x beim Standort Pérolles deutlich höher ausfällt als beim Standort Burg. Für 2015 hat sich dieses Verhältnis im Burgquartier jenem der Station Pérolles angenähert. Dies ist ein Indiz dafür, dass die Schadstoffbelastung im Burgquartier nicht mehr vom lokalen Motorfahrzeug-Verkehr dominiert wird, sondern – ähnlich wie die Hintergrundstation Pérolles – von weiter entfernten Quellen beeinflusst wird.

³ Bei der Bestimmung von Anteilen werden die Schadstoffkonzentrationen in der Einheit ppb und nicht in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ verwendet. NO : 1 ppb = $1.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$; NO_2 : 1 ppb = $1.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$

⁴ Bundesamt für Statistik, STAT-TAB, Strassenfahrzeugbestand: Personenwagen ab 1990

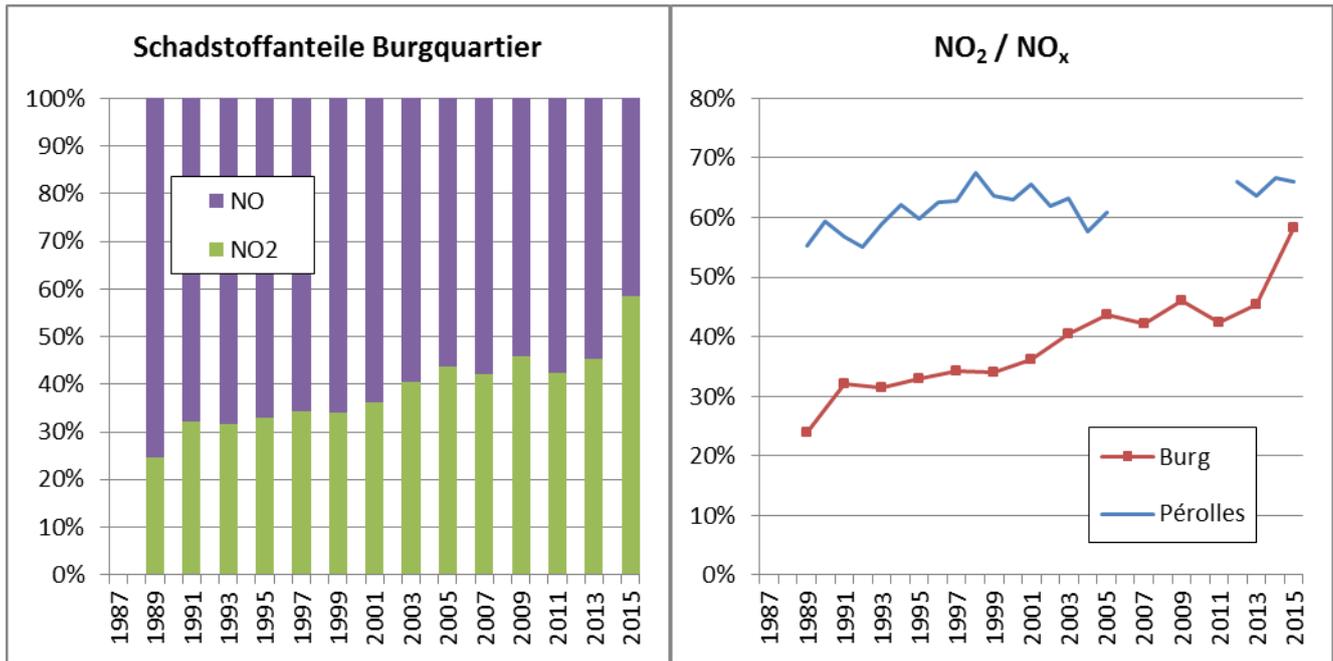


Abbildung 6: Links: Anteil der Schadstoffe NO₂ und NO am Total NO_x = NO₂+NO der Messstation Burg. Rechts: Verhältnis NO₂ zu NO_x im Vergleich der Messstationen Burg und Pérolles

2.3 Beurteilung

1987 betrug der Jahresmittelwert von Stickstoffdioxid rund 55 µg/m³ und somit fast das Doppelte des Immissionsgrenzwertes von 30 µg/m³. Zwar sanken die Stickstoffdioxidkonzentrationen im Verlaufe der Zeit, allerdings überschritt der Jahresmittelwert im Jahr 2013 mit 31 µg/m³ immer noch den Grenzwert.

Im Oktober 2014 wurde die Poyabrücke eröffnet und gleichzeitig die Zähringerbrücke für den motorisierten Privatverkehr geschlossen. Erst die dadurch bewirkte Befreiung des Burgquartiers vom Transitverkehr brachte eine deutliche Entlastung. Das Jahresmittel für 2015 war mit 21 µg/m³ zum ersten Mal seit Messbeginn unter den Immissionsgrenzwert gesunken und lag damit fast auf dem Niveau der städtischen Hintergrundbelastung (Messstation Pérolles).

Stickstoffdioxid stellt den einzigen Schadstoff dar, der im Burgquartier auch weiter ermittelt wird. NO₂ kann nämlich auch mit einer weit einfacheren Methode gemessen werden, mit sogenannten Passivsammlern, mit welchen sich der Jahresmittelwert⁵ bestimmen lässt.

⁵ Die Resultate werden auf der Internetseite des Amtes für Umwelt veröffentlicht: <http://www.fr.ch/sen/de/pub/luft/stickstoffdioxid/messnetz.htm>

3 Feinstaub PM10

3.1 Charakterisierung, Quellen und Wirkungen

Unter der Bezeichnung PM10 versteht man Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner gleich 10 Mikrometer. Staub ist ein physikalisch-chemisch komplexes Gemisch. Es besteht sowohl aus primär emittierten wie aus sekundär gebildeten Komponenten natürlichen und anthropogenen Ursprungs (z.B. Russ, geologisches Material, Abriebpartikel, biologisches Material) und ist in seiner Zusammensetzung sehr vielfältig (Schwermetalle, Sulfat, Nitrat, Ammonium, organischer Kohlenstoff, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Dioxine/Furane).

PM10 entsteht bei Produktionsprozessen, bei der Verbrennung sowie bei mechanischen Prozessen (Abrieb, Aufwirbelung) und bildet sich chemisch auch aus Vorläufersubstanzen wie Schwefeldioxid, Stickoxide, Ammoniak usw. (sekundäres PM10).

Die vielfältigen Entstehungsprozesse weisen darauf hin, dass die Quellen von PM10 ebenso vielfältig sind: motorisierter Strassenverkehr, Schienenverkehr, Land- und Forstwirtschaft, Industrie und Gewerbe (inkl. Baustellen), Holzfeuerungen usw. Dazu kommen noch natürliche Quellen wie zum Beispiel Blütenpollen und vom Boden aufgewirbelter Staub.

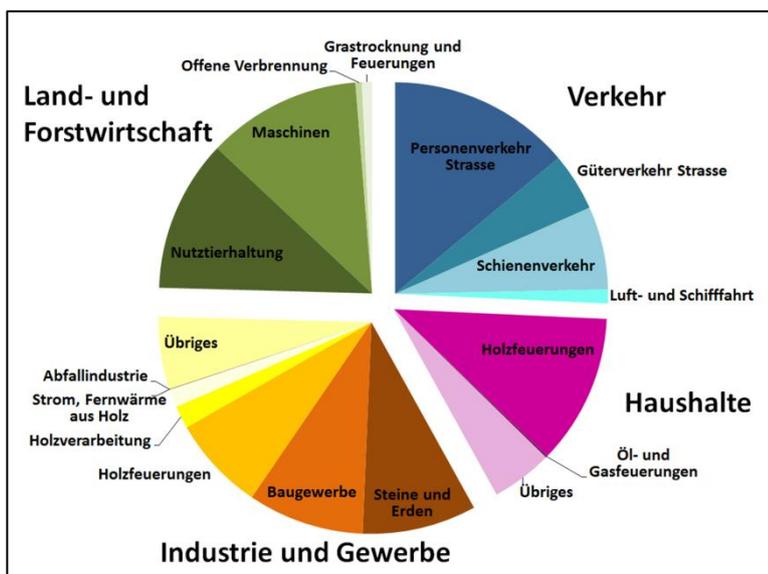


Abbildung 7: Anteile der verschiedenen Quellen an den primären PM10-Emissionen in der Schweiz im Jahr 2010. Quelle: BAFU⁶

Wegen ihrer geringen Grösse können PM10-Partikel tief in die Lunge, dann in die Blut- und Lymphgefässe gelangen und sind aus diesem Grund gesundheitsschädigend, da sie Erkrankungen der Atemwege und des Herz-Kreislauf-Systems verursachen. Die Folge davon ist eine Zunahme des Krebsrisikos und der Mortalität.

Der Niederschlag von PM10-Partikeln belastet Böden und Pflanzen und gefährdet über die Nahrungskette auch die menschliche Gesundheit durch die im Staub enthaltenen Schwermetalle, Dioxine und Furane.

⁶ Bundesamt für Umwelt: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/fachinformationen/luftqualitaet-in-der-schweiz/feinstaub.html>, Dokumente, feinstaub_fragenundantworten.pdf

Die Luftreinhalte-Verordnung (LRV) legt für PM10 folgende Immissionsgrenzwerte (IGW) fest:

- > 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
- > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: 24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden

Der IGW für das Jahresmittel wird seit 2015 in der Regel schweizweit eingehalten. Trotzdem kann der Tagesmittelwert vielerorts und an weit mehr als einem einzigen Tag pro Jahr den IGW von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreiten. Die Höhe eines PM10-Tagesmittels hängt nämlich stark von den Witterungsbedingungen ab. Winterliche Inversionslagen verhindern die vertikale Luftzirkulation und führen zu einer Akkumulierung der Luftschadstoffe in Bodennähe⁷.

3.2 Zeitliche Entwicklung der Schadstoffbelastung

Vor der Einführung eines IGW in der LRV im Jahr 1997 wurde PM10 in der Schweiz kaum gemessen. Für das Burgquartier liegen seit 1999 Messresultate vor, für die Messstation Pérolles erst ab 2010. Aus diesem Grund werden die Resultate für das Burgquartier mit der Messstation Payerne⁸ verglichen. Die Station Payerne ist typisch für ländliche Standorte des westlichen Mittellandes und somit repräsentativ für diejenigen Gebiete im Kanton, die unter 1000 m und abseits der Verkehrsströme liegen.

Die linke Grafik von Abbildung 8 zeigt die zeitliche Entwicklung der Jahresmittelwerte von PM10. Auch wenn sich die Situation seit 1999 im Burgquartier verbessert hat, lag das Jahresmittel für 2013, dem letzten Messjahr vor der Schliessung der Zähringerbrücke, mit 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ immer noch über dem IGW. Danach fiel der PM10-Mittelwert 2015 auf 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und damit unter den IGW.

Noch mehr als die Grafik der Jahresmittel links zeigt die Grafik rechts mit der Anzahl Überschreitungen des Tagesgrenzwerts ausgeprägte Schwankungen von Jahr zu Jahr. Der Grund dafür ist, dass die PM10-Konzentrationen stark von den – vor allem winterlichen – Witterungssituationen abhängen. Insbesondere das Jahr 2003 war geprägt von häufigen und andauernden Inversionslagen auf der Alpennordseite, die zu einer PM10-Belastung mit Werten deutlich über 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ führten. So wurde am 20. Februar 2003 mit 134 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ das höchste je in der Station Burg gemessene Tagemittel registriert.

⁷ <http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/wetter/wetterbegriffe/nebel-hochnebel/inversionen-und-schadstoffbelastung.html>

⁸ Messstation des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL) der Eidgenossenschaft.

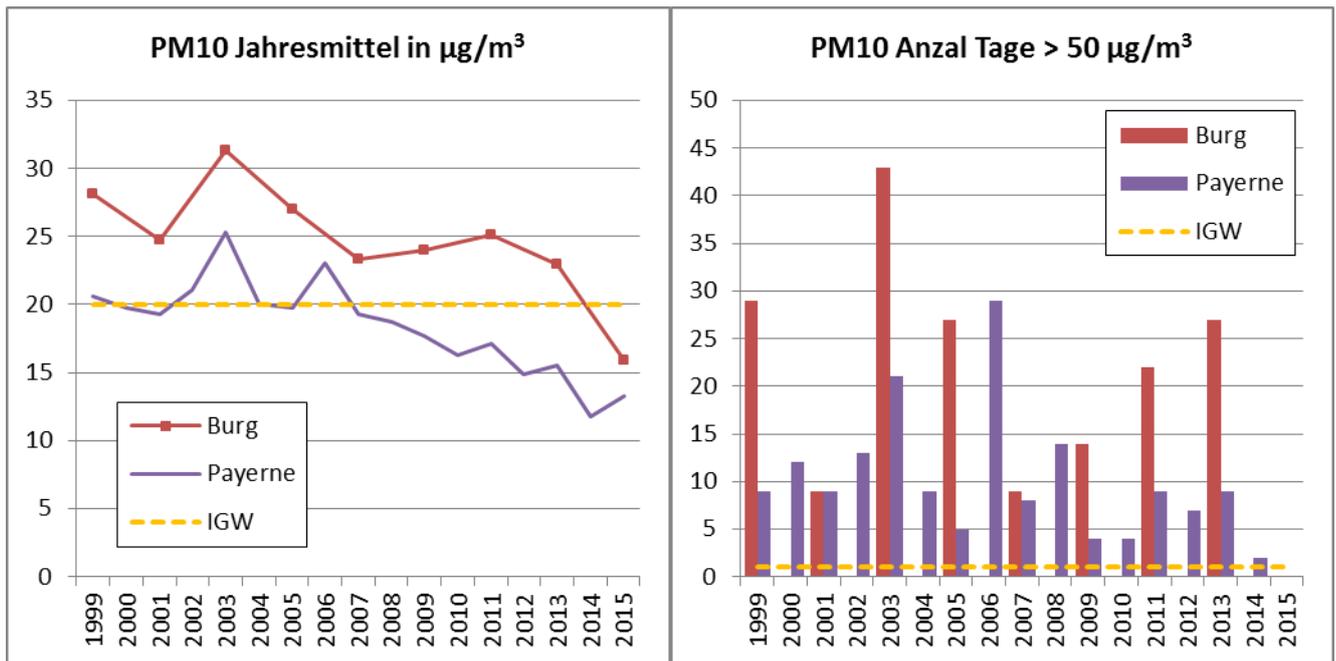


Abbildung 8: Zeitliche Entwicklung vom PM10. Grafik links: Angabe in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Grafik rechts: Anzahl Überschreitungen des Grenzwertes für Tagesmittelwerte

3.3 Beurteilung

PM10 wird in der Schweiz erst seit Ende der 1990er Jahre flächendeckend gemessen; bei der Station Burg beginnt die Messreihe im Jahr 1999.

In den ersten vier Messjahren lagen die Jahresmittel für PM10 zwischen 25 und 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, zwischen 2007 und 2013 zwischen 23 und 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und somit immer noch über dem Immissionsgrenzwert von 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Erst nach der Schliessung der Zähringerbrücke sank das Jahresmittel 2015 eindeutig unter den Grenzwert.

Betrachtet man die Anzahl der Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für das Tagesmittel, so ist in der Beobachtungsperiode 1999 bis 2013 kein klarer Trend sichtbar. Trotz sinkenden Jahresmittelwerten überschreiten die Tagesmittel je nach Witterung während eines Jahres mehr oder weniger häufig den Grenzwert. Nach der Befreiung des Burgquartiers vom Transitverkehr wurden 2015 für PM10 keine Tagesmittelwerte mehr über 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen.

4 Ozon

4.1 Charakterisierung, Quellen und Wirkungen

Ozon (O_3) entsteht aus den sogenannten Vorläuferschadstoffen, den Stickoxiden (NO_x) und den flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Zur O_3 -Bildung ist intensive Sonnenstrahlung notwendig. Erhöhte Lufttemperaturen begünstigen zudem den Reaktionsablauf. Hohe O_3 -Konzentrationen treten somit typischerweise während sommerlicher Schönwetterperioden und zudem eher in ländlichen Gegenden als in Stadtzentren auf. Ozon ist der dominierende Bestandteil des Sommersmogs.

Die Emissionen der Vorläuferschadstoffe stammen in erster Linie vom motorisierten Verkehr sowie von Industrie und Gewerbe.

In der Nähe von stark befahrenen Strassen wie im Burgquartier und in den Stadtzentren, wo hohe Konzentrationen von Stickstoffmonoxid (NO) vorkommen, werden niedrigere O_3 -Konzentrationen gemessen als in der weiteren Umgebung. Die Erklärung liegt in der Doppelrolle der NO_x :

- > Im Bereich der Emissionsquelle baut NO das O_3 ab.
- > Dabei wird Stickstoffdioxid (NO_2) gebildet, das dann verfrachtet wird und in der weiteren Umgebung Ausgangsstoff für die O_3 -Bildung ist. Mit zunehmender Distanz zu stark befahrenen Strassen nimmt die Konzentration von NO ab und kann somit weniger O_3 abbauen, weshalb dort höhere O_3 -Konzentrationen vorkommen.

In zu hohen Konzentrationen reizt O_3 die Augen und Schleimhäute, dringt tief in die Lungen ein und kann dort Zellreizungen hervorrufen und zu Entzündungen der Atemwege und Atemwegserkrankungen führen. Weitere Effekte sind eine messbare vorübergehende Einschränkung der Lungenfunktion und eine Beeinträchtigung der körperlichen Leistungsfähigkeit. Erhöhte O_3 -Konzentrationen können zu einer Zunahme der Spitalaufenthalte und der Mortalität führen.

Unter den heute vorkommenden Schadstoffen ist O_3 derjenige, der die Pflanzen am stärksten schädigt und damit auch zu Ernteverlusten beiträgt. O_3 greift auf Grund seiner stark oxidierenden Eigenschaften auch Sachgüter an. Ausserdem ist O_3 ein Treibhausgas, das zum Klimawandel beiträgt.

Die Luftreinhalte-Verordnung (LRV) legt für O_3 folgende Immissionsgrenzwerte (IGW) fest:

- > $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$: 98 % der 1/2-h-Mittelwerte eines Monats kleiner oder gleich $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- > $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$: 1-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden

Generell werden in der Schweiz sowohl der IGW für den 98 %- Wert während mehrerer Sommermonate als auch der IGW für den 1-h-Mittelwert einige dutzend- bis hundertmal pro Jahr überschritten.

4.2 Zeitliche Entwicklung der Schadstoffbelastung

Da bis Ende der 1990er Jahre an der Messstation Burg hohe NO-Konzentrationen vorhanden waren, wurden an diesem Standort kein O_3 gemessen. Die O_3 -Konzentrationen sind bekanntlich in der Nähe von stark befahrenen Straßen und in städtischen Zentren, die hohen Konzentrationen von NO ausgesetzt sind, niedriger. Systematische Messungen von O_3 wurden daher erst ab 2001 aufgenommen.

Abbildung 9 zeigt links die zeitliche Entwicklung der maximalen monatlichen 98%-Werte pro Jahr, d. h. des Monats mit den höchsten Spitzenwerten. Auffallend ist das Jahr 2003, das auf Grund eines Rekordsommers europaweit zu einer ausserordentlich hohen O_3 -Belastung führte.

Die Grafik rechts von Abbildung 9 zeigt die Anzahl 1-h-Mittelwerte pro Jahr über dem IGW von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Rekordsommer 2003 sticht hierbei noch deutlicher hervor als in der Grafik links. Ausserdem fallen die Werte im Jahr 2015 auf, dem zweitheissesten Sommer seit Beginn der Messungen in der Schweiz. Die hohen Temperaturen erklären

die hohe Anzahl der Überschreitungen des IGW für beide Messstationen. Es ist charakteristisch für O₃, dass über den gesamten Messzeitraum bei der Messstation Burg – neben einer stark befahrenen Strasse – die Anzahl Überschreitungen wesentlich tiefer lag als bei der Messstation Pérolles.

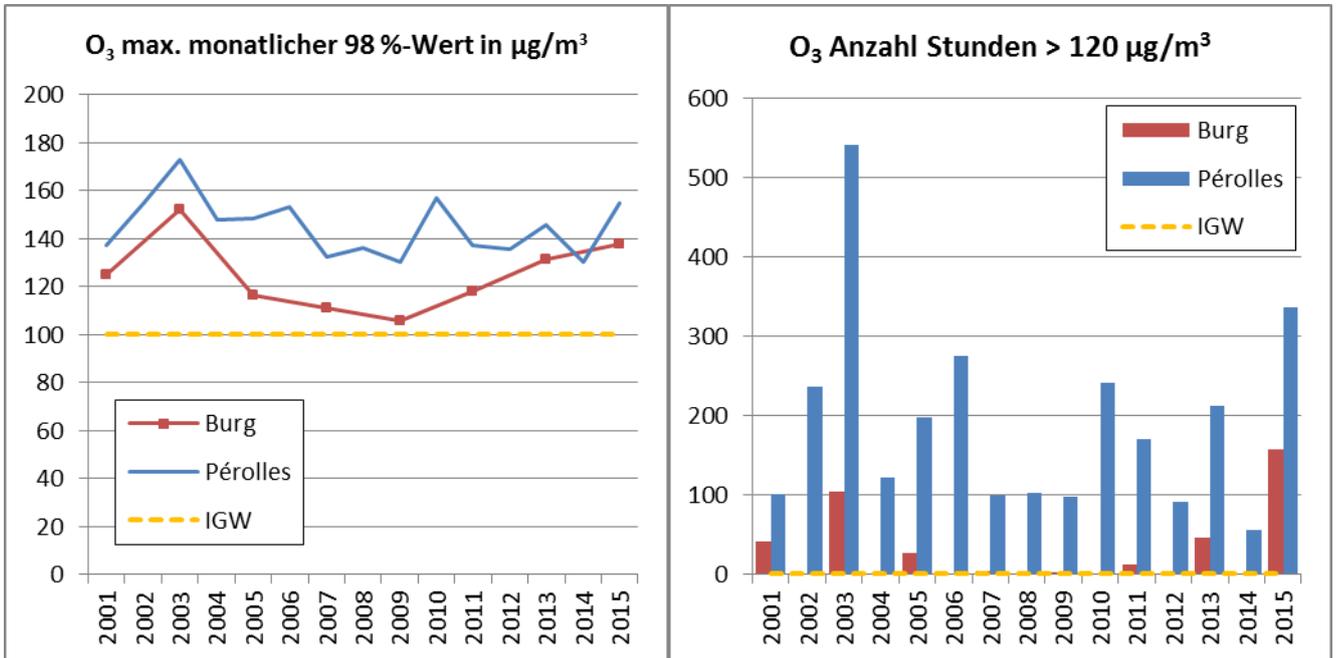


Abbildung 9: Zeitliche Entwicklung vom O₃. Grafik links: Angabe des höchsten monatlichen 98 %-Wert in µg/m³, Grafik rechts: Anzahl Überschreitungen des IGW für 1-h-Mittelwerte

4.3 Beurteilung

An verkehrsexponierten Standorten, zu denen auch die Messstelle Burg bis im Jahr 2014 zählte, ist die Ozonbelastung geringer als bei Standorten abseits von bedeutenden Verkehrsströmen oder für ländliche Standorte.

Trotz des Abbaus von Ozon durch die Abgase der Motorfahrzeuge wurden die Immissionsgrenzwerte im Burgquartier überschritten, allerdings in einem deutlich geringeren Mass als dies für die Messstation Pérolles beobachtet wurde.

5 Schwefeldioxid

5.1 Charakterisierung, Quellen und Wirkungen

Schwefeldioxid (SO₂) ist ein farbloses, in höheren Konzentrationen stechend riechendes Gas. Die wichtigste Quelle ist das Verbrennen von schwefelhaltigen Brennstoffen in Industrie- und Hausfeuerungen.

SO₂ kann die Augen, Atmungsorgane und Haut reizen sowie Pflanzen, empfindliche Ökosysteme und Bauwerke schädigen. SO₂ ist eine wichtige Vorläufersubstanz für die Bildung saurer Niederschläge und von sekundärem Feinstaub.

Die Luftreinhalte-Verordnung (LRV) legt für SO₂ folgende Immissionsgrenzwerte (IGW) fest:

- > 30 µg/m³ : Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
- > 100 µg/m³ : 95 % der 1/2-h-Mittelwerte eines Jahres kleiner oder gleich 100 µg/m³
- > 100 µg/m³ : 24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden

5.2 Zeitliche Entwicklung der Schadstoffbelastung

Bei den mit 1987 bezeichneten Resultaten handelt es sich um die ersten Messungen im Burgquartier, die effektiv von September 1986 bis April 1987 durchgeführt wurden. In diesem Zeitraum sind die Resultate für 195 Tage vorhanden, woraus ein Jahresmittelwert von 19 µg/m³ abgeschätzt wurde.

Bemerkenswert ist die Woche vom 11. bis 17. Januar 1987, während der täglich eine Überschreitung des Tagesgrenzwertes von 100 µg/m³ festgestellt wurde und das maximale Tagesmittel 172 µg/m³ erreichte. Die Ursache für diese besondere Situation steht im Zusammenhang mit den ausserordentlich tiefen Temperaturen: im Wochenmittel herrschten damals -11 °C. Die meteorologische Lage behinderte den vertikalen Luftaustausch, so dass sich die vermehrt durch die Heizungen ausgestossenen Schadstoffe in Bodennähe angereichert haben. Zu berücksichtigen ist ausserdem, dass das in den 1980er-Jahren eingesetzte Heizöl einen wesentlich höheren Schwefelgehalt aufwies als heute üblich. Zum lokalen Schadstoffausstoss kam wegen der Bisenlage noch ein Import von Schadstoffen aus der damaligen Tschechoslowakei und Ostdeutschland dazu. In der Nacht vom 17. zum 18. Januar 1987 wurde das gesamte Mittelland von einer eindrücklich grauen Schneedecke überzogen. Dies war eine der wenigen Situationen, in denen sich die Luftverschmutzung nicht nur über gesundheitliche Probleme manifestierte, sondern direkt für jedermann sichtbar war. Glücklicherweise hat sich eine solche Episode seither nicht wiederholt.

Abbildung 10 zeigt die Entwicklung der SO₂-Jahresmittelwerte sowie des höchsten Tagesmittels pro Jahr.

Dank der Reduktion des Schwefelgehaltes im Heizöl hat sich die Schwefeldioxidbelastung seit anfangs der 1990er-Jahre stark reduziert. Nach 1997 wurden die SO₂-Messungen im Burgquartier nicht mehr weitergeführt, da das Jahresmittel deutlich unter den Immissionsgrenzwert sank und der Tagesgrenzwert seit 1987 nie mehr überschritten wurde.

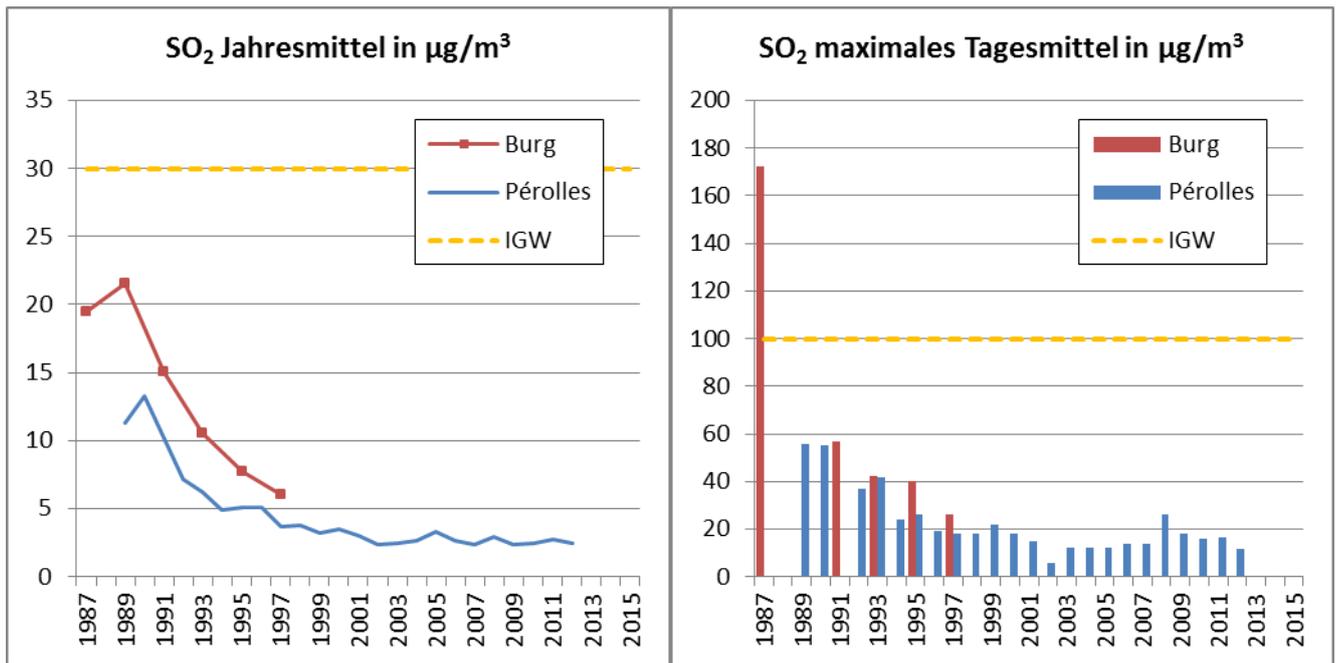


Abbildung 10: Zeitliche Entwicklung von SO₂. Angaben in µg/m³

5.3 Beurteilung

Ausser während der einmaligen Smog-Episode im Januar 1987 wurden keine Überschreitungen des Grenzwerts für das Tagesmittel festgestellt. Sämtliche Jahresmittelwerte hielten den Grenzwert von 30 µg/m³ ein.

Die Luftverschmutzung durch Schwefeldioxid konnte durch effiziente Massnahmen an der Quelle, vor allem durch die Reduktion des Schwefelgehalts im Heizöl, deutlich reduziert werden.

6 Kohlenmonoxid

6.1 Charakterisierung, Quellen und Wirkungen

Kohlenmonoxid (CO) ist ein langlebiges, farb-, geruch- und geschmackloses Spurengas. Seine Hauptquellen sind der motorisierte Strassenverkehr (unvollständige Verbrennung von Treibstoff) und die Holzfeuerungen. CO ist giftig für die Menschen und warmblütigen Tiere und trägt zur Bildung von Ozon bei.

Die Luftreinhalte-Verordnung (LRV) legt für CO folgende Immissionsgrenzwerte (IGW) fest:

> 8 mg/m³ : 24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden

6.2 Zeitliche Entwicklung der Schadstoffbelastung

Abbildung 11 zeigt, dass das jährliche höchste Tagesmittel im Burgquartier den Immissionsgrenzwert nie überschritt. Die Messung von CO wurde nach 1999 eingestellt.

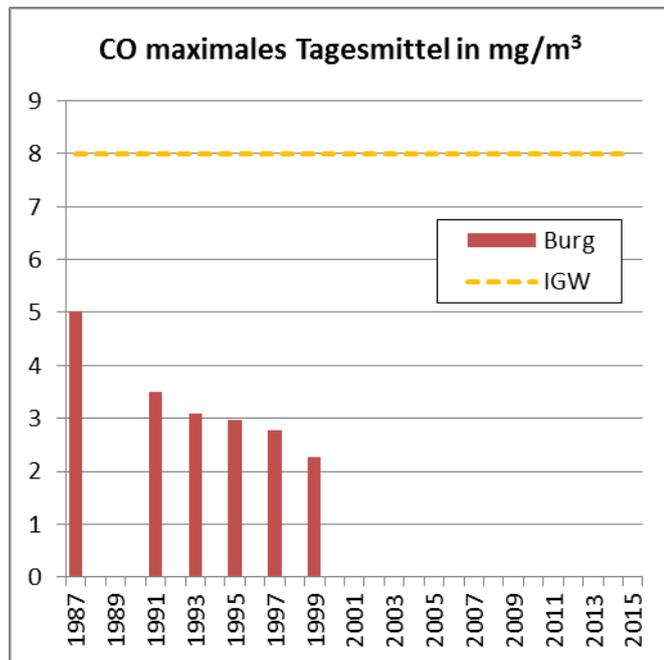


Abbildung 11 : Jährlicher, maximaler Tagesmittelwert von CO, Angaben in mg/m³

6.3 Beurteilung

Die Kohlenmonoxidbelastung stellte im Burgquartier kein gesundheitliches Problem dar. Der Immissionsgrenzwert wurde stets klar eingehalten.

7 Zusammenfassung

Mit seinen engen Strassenschluchten und dem hohen Verkehrsaufkommen bis 2014 war das Gebiet um die Kathedrale im Burgquartier der Stadt Freiburg bis zur Schliessung der Zähringerbrücke für den Privatverkehr einer hohen Luftschadstoff-Belastung ausgesetzt. Von 1987 bis 2013 wurden die Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung für die Schadstoffe Stickstoffdioxid, Feinstaub PM10 und Ozon überschritten. Einzig für Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid wurden nach 1987 keine Grenzwertüberschreitungen mehr festgestellt.

Gleichzeitig mit der Eröffnung der Poyabrücke im Oktober 2014 wurde die Zähringerbrücke für den motorisierten Privatverkehr geschlossen. Damit ist das Verkehrsaufkommen rund um die Messstation Burg stark zurückgegangen. Die Belastung durch die Schadstoffe Stickstoffdioxid und Feinstaub PM10 sind ab 2015 deutlich unter die Grenzwerte gesunken. Die Ozonkonzentrationen entsprechen den Werten in den Agglomerationen und sind tiefer als in ländlichen Gegenden.

Die Verbesserung der Luftqualität wird positive Effekte auf die Gesundheit der Bewohner und Benutzer des Burgquartiers haben und die Beeinträchtigung der historischen Gebäude reduzieren.

Aufgrund der jüngsten Ergebnisse besteht keine Notwendigkeit mehr, die Luftqualität im Burgquartier mit einer Messstation zu überwachen. Damit wird die 28-jährige und im Kanton Freiburg längste Reihe von Luftschadstoff-Messungen beendet.

Die Überwachung der Stickstoffdioxidbelastung wird jedoch beibehalten und seit 2016 mittels Passivsammler ausgeführt. Diese einfachere Methode ermöglicht eine kostengünstige Ermittlung des Jahresmittelwerts.

Umschlagsbild

Die Messstation im Jahr 1986, AfU

Auskünfte

Amt für Umwelt AfU
Sektion Luft, Lärm und NIS

Impasse de la Colline 4, 1762 Givisiez

T +26 305 37 60, F +26 305 10 02

sen@fr.ch, www.fr.ch/afu

April 2018