



Luftreinhalung Überwachung der Luftschadstoffbelastung

Stickstoffdioxidmessungen mit Passivsammlern

Bericht 2015



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG

Service de l'environnement SEn
Amt für Umwelt AfU

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

Inhalt

1	Einführung	3	3	Kantonale Immissionskarte für das Jahr 2010	13
1.1	Der Schadstoff Stickstoffdioxid	3			
1.2	Immissionsgrenzwerte	3			
1.3	Die Messmethode	4			
2	Verlauf der Stickstoffdioxidbelastung zwischen 1997 und 2015	5	4	Übersicht über alle Messungen seit 1997	14
2.1	Agglomeration Freiburg, verkehrsbelastete Standorte	5			
2.2	Agglomeration oder Stadt, Hintergrundkonzentration	7			
2.3	Agglomeration Bulle	8			
2.4	Regionale Zentren	10			
2.5	Ländliche Situation, Hintergrundkonzentration	11			
2.6	Vergleich der Jahresmittelwerte 2014 und 2015	11			
2.7	Generelle Entwicklung der Jahresmittelwerte seit 1997	12			
2.8	Schlussfolgerung	12			
			5	Erklärungen zur Standortcharakteristik der Messorte	15
			6	Anhang: Korrektur der Passivsammlerresultate	16
			7	Verdankung	17

1 Einführung

Gemäss Artikel 27 der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) vom 16. Dezember 1985 überwacht das Amt für Umwelt im gesamten Kantonsgebiet die Luftschadstoffbelastung. Es betreibt zu diesem Zweck ein Messnetz mit einer permanenten und zwei mobilen Messstationen. Jede dieser Messstationen erlaubt die kontinuierliche Überwachung von mehreren Schadstoffen: Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Ozon sowie Feinstaub. Eine ähnlich grosse Zahl meteorologischer Parameter wird ebenfalls erfasst. Die Messung von Schwefeldioxid wurde 2013 eingestellt.

Vor allem in den Städten stellt das Stickstoffdioxid einen wichtigen Schadstoff dar. Das Amt für Umwelt betreibt daher seit 1989 noch ein zweites Messnetz mit Passivsammlern. Es erlaubt eine simultane Messung von Stickstoffdioxid an einer grossen Zahl von Standorten. Die mit diesem Netz gewonnenen Daten sind Gegenstand des vorliegenden Berichtes.

1.1 Der Schadstoff Stickstoffdioxid

Stickstoffdioxid (NO_2) ist ein giftiges Gas mit einem scharfen Geruch. Es handelt sich um einen so genannten sekundären Schadstoff: er bildet sich aus Stickstoffmonoxid (NO), welches vorwiegend aus der Verbrennung fossiler Energieträger stammt, in einer chemischen Reaktion mit einem oxidierenden Gas, vor allem Ozon (O_3).

Die Emissionen ¹ von Stickoxiden (NO und NO_2) stammen grösstenteils vom Verkehr. Der Anteil der Verkehrsemissionen hat seit Einführung des Katalysators bei den Benzinfahrzeugen abgenommen. Da bei den Dieselpersonenwagen noch keine gleichwertige Minderungstechnik durchgesetzt wurde und weil deren Anteil stark zugenommen hat, werden die Verkehrsemissionen heute von den dieselbetriebenen Fahrzeugen dominiert.

Die höchsten Konzentrationen von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid werden in Strassennähe gemessen. Die maximalen Jahresmittelwerte von Stickstoffdioxid betragen heute der Nähe stark befahrener Strassen knapp $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ²; in Agglomerationen liegt die Schadstoffkonzentration zwischen 15 und $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und in abgelegenen, ländlichen Gebieten unter $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

1.2 Immissionsgrenzwerte

Steht fest oder ist zu erwarten, dass schädliche oder lästige Einwirkungen von Luftverunreinigungen verursacht werden, so erstellt die zuständige Behörde einen [Massnahmenplan](#) zur Verminderung oder Beseitigung dieser übermässigen Einwirkungen (Artikel 31 - 34 LRV). Die Immissionsgrenzwerte sind daher kein Kriterium für die Beurteilung einer akuten Gesundheitsgefährdung, sondern stellen Zielwerte für die Luftqualität dar, die mittelfristig mit Hilfe der Massnahmenpläne erreicht werden müssen.

Übermässig sind Immissionen ³, die einen oder mehrere Immissionsgrenzwerte nach Anhang 7 der LRV überschreiten. Für Stickstoffdioxid sind die Grenzwerte folgendermassen definiert:

- > Jahresmittelwert: $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- > 24-h-Mittelwert: $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (darf höchstens einmal im Jahr überschritten werden)

¹ Luftschadstoff-Emission: Von Anlagen, Fahrzeugen oder Produkten an die Umwelt abgegebene Luftverunreinigungen.

² $\mu\text{g}/\text{m}^3$: $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bedeutet ein Millionstel Gramm (μg) eines Schadstoffs pro Kubikmeter (m^3) Luft.

³ Luftschadstoff-Immission: Luftverunreinigungen am Ort ihres Einwirkens auf Menschen, Tiere, Pflanzen, Böden und Sachgüter.

Die Erfahrung zeigt, dass der Immissionsgrenzwert von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Nähe stark belasteter Strassen oft nicht eingehalten ist. Liegt der Jahresmittelwert jedoch unterhalb des Grenzwertes, so ist der Grenzwert für Tagesmittelwerte im Allgemeinen auch nicht überschritten.

1.3 Die Messmethode

Die vom Amt für Umwelt verwendeten Passivsammler sind kleine Kunststoffröhrchen (Durchmesser: 1 cm, Länge: 7 cm), die an einem Ende fest verschlossen sind. An diesem Ende befindet sich ein Metallgitter, das mit einer Substanz (Triäthanolamin) imprägniert ist, die mit Stickstoffdioxid eine chemische Reaktion eingeht. In der Praxis werden pro Messort jeweils drei Passivsammlerröhrchen während zwei Wochen der zu messenden Luft ausgesetzt und anschliessend in einem Labor analysiert. Als Resultat dieser Analyse erhält man die durchschnittliche Stickstoffdioxidkonzentration während dem Expositionszeitraum.

Verglichen mit Messgeräten, welche die Schadstoffkonzentration kontinuierlich bestimmen können, weist die Passivsammlermethode den Vorteil auf, dass mit einem weit geringeren personellen und finanziellen Aufwand die Schadstoffbelastung an einer grossen Zahl von Standorten gleichzeitig gemessen werden kann. Allerdings können keine kurzfristigen Spitzenwerte erfasst werden. Es muss daher über die Dauer eines ganzen Jahres gemessen werden, um die Einhaltung des Immissionsgrenzwertes zu überprüfen. Insgesamt kann festgestellt werden, dass es sich um eine einfache und kostengünstige Methode handelt, welche eine durchaus akzeptable Genauigkeit aufweist (ungefähr 15 bis 20 %).

Aus Gründen der Qualitätssicherung wird die Passivsammlermethode an den Standorten der drei Messstationen mit den kontinuierlich arbeitenden Geräten verglichen, die regelmässig kalibriert werden. Von Jahr zu Jahr schwankend werden dabei Unterschiede zwischen den beiden Messmethoden festgestellt. Trotz umfassenden Untersuchungen der Differenzen konnte dafür keine eindeutige Erklärung gefunden werden. Es wurde aber ein Zusammenhang mit der Lufttemperatur sichtbar: bei tiefen Temperaturen unterschätzen die Passivsammler das Resultat, und bei hohen Temperaturen messen sie mehr als die kontinuierlich messenden Referenzgeräte. Diese Effekte gleichen sich im Jahresmittel aber nur teilweise aus. Seit 2009 werden die Passivsammlerresultate korrigiert. Die Korrektur ist abhängig von der mittleren Jahrestemperatur (gemessen an der MeteoSchweiz-Station Payerne) und gleicht die Passivsammlerresultate an jene der kontinuierlich messenden Geräte an. Die verwendeten Korrekturen sind im Anhang aufgeführt.

2 Verlauf der Stickstoffdioxidbelastung zwischen 1997 und 2015

Die folgenden graphischen Darstellungen zeigen die Entwicklung der Jahresmittelwerte von Stickstoffdioxid (Angaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Diese Jahresmittelwerte sind mit dem Immissionsgrenzwert von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu vergleichen.

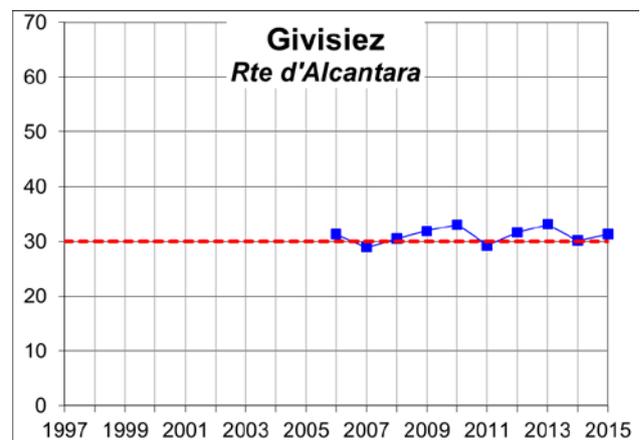
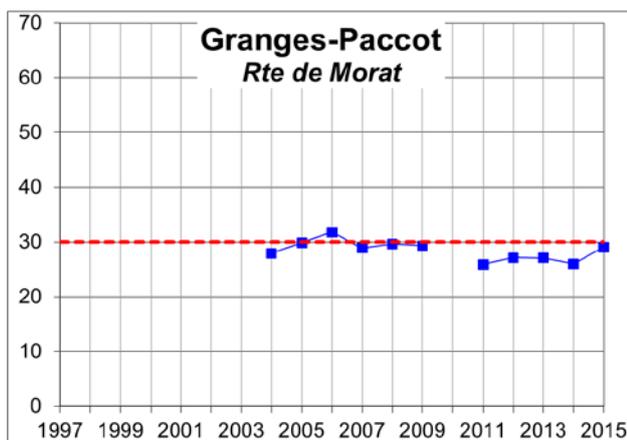
2.1 Agglomeration Freiburg, verkehrsbelastete Standorte

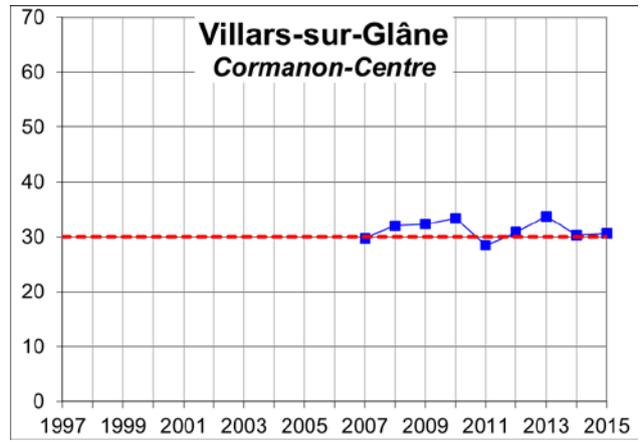
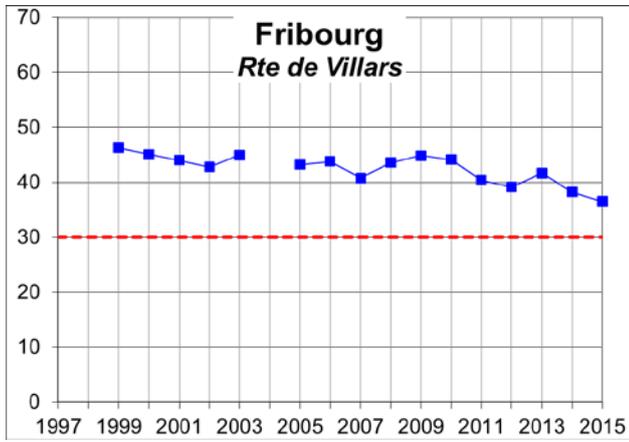
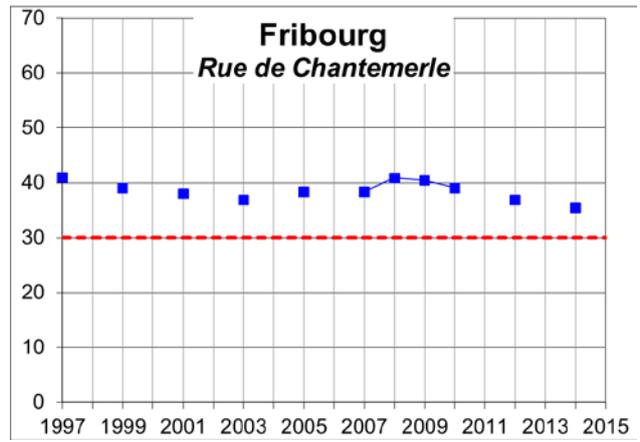
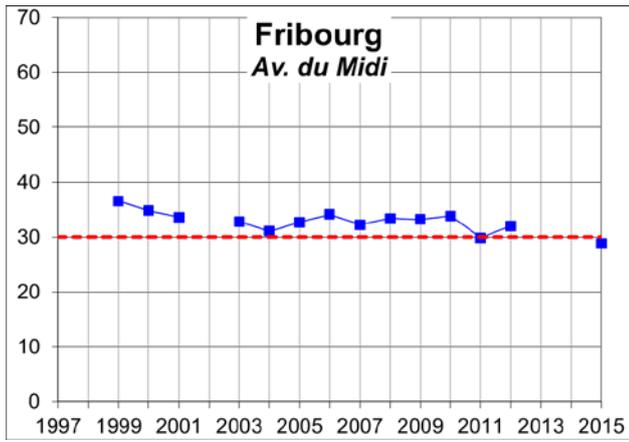
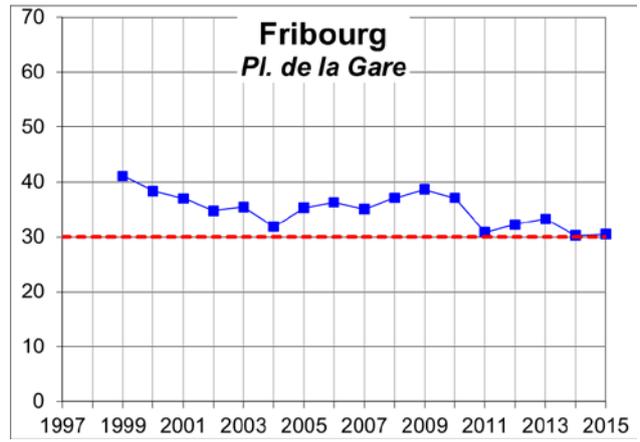
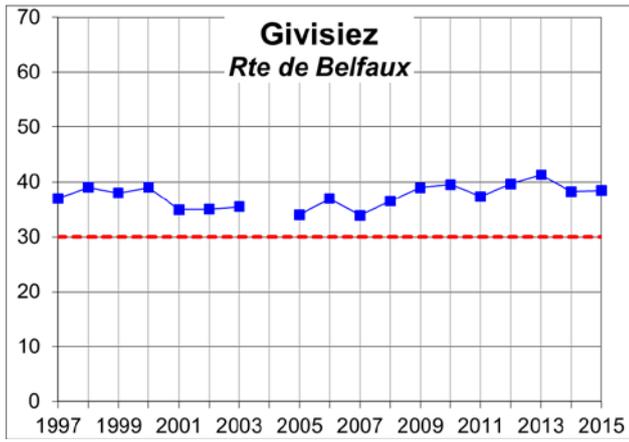
An allen verkehrsbelasteten Standorten der Agglomeration Freiburg wurde der Immissionsgrenzwert während den letzten Jahren mehr oder weniger deutlich überschritten. Eine Ausnahme bildet der Standort **Route de Morat in Granges-Paccot** (auf der Höhe des Einkaufszentrums Agy-Centre): an diesem gut durchlüfteten Standort liegt die Stickstoffdioxidkonzentration bis 2009 im Bereich des Immissionsgrenzwerts von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 2010 wurde die Strasse umgestaltet und die Messungen mussten aus diesem Grund ausgesetzt werden. Die tieferen Messresultate seit 2011 sind vermutlich auf eine Abnahme der Verkehrsbelastung als Folge der Arbeiten für die Poyabrücke zurückzuführen. Es bleibt abzuwarten, ob der für 2015 beobachtete Anstieg von vorübergehender oder bleibender Natur ist.

Am 12. Juli 2010 wurde an der Avenue de la Gare Einbahnverkehr eingeführt. Die durchschnittliche Konzentration der Jahre 2011 bis 2015 am Standort **Place de la Gare in Freiburg** liegt 19 % tiefer im Vergleich zu 2009.

Anfangs 2013 wurde der Messstandort an der **Avenue du Midi** um 100 m verschoben. In der Folge wurden in unerwarteter Weise deutlich höhere Konzentrationen gemessen als die Jahre zuvor am alten Standort. Dies zeigt, dass die Stickstoffdioxidbelastung an der gleichen Strasse an zwei verschiedenen Standorten unterschiedlich hoch ausfallen kann. Die Verschiebung des Messstandortes konnte wieder rückgängig gemacht werden, die Resultate für die Jahre 2013 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und 2014 ($38 \mu\text{g}/\text{m}^3$) werden jedoch nicht weiterverwendet, da sie nicht vergleichbar sind mit der langjährigen Messreihe seit 1999 am ursprünglichen Standort.

Erwähnenswert ist der Vergleich der Resultate der beiden verkehrsbelasteten Standorte **Route de Belfaux in Givisiez** und **Route de Villars in Freiburg**. Während der erstere Standort über die letzten zehn Jahre eine steigende Tendenz aufweist, sinken die Jahresmittelwerte an der Route de Villars in Freiburg über den gleichen Zeitraum. An letzterem Standort sind die Jahresmittelwerte mittlerweile unter $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gesunken, während an der Route de Belfaux in Givisiez dieser Wert in naher Zukunft überschritten wird, sollte die zunehmende Tendenz nicht gebrochen werden.





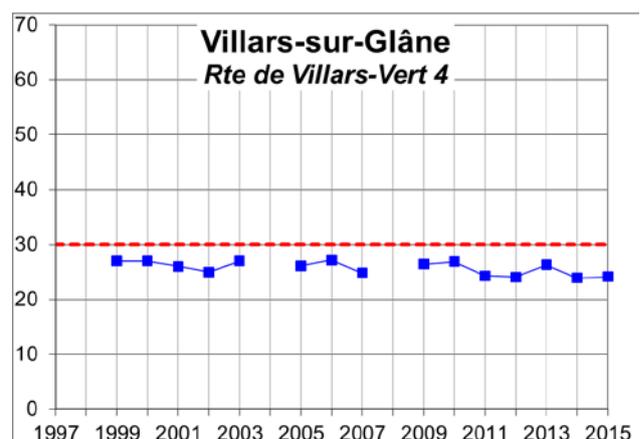
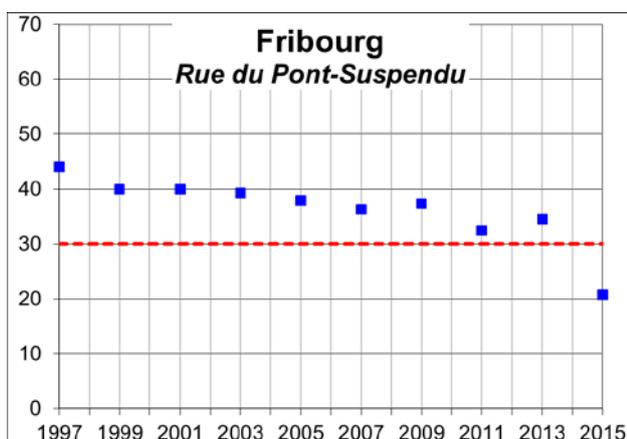
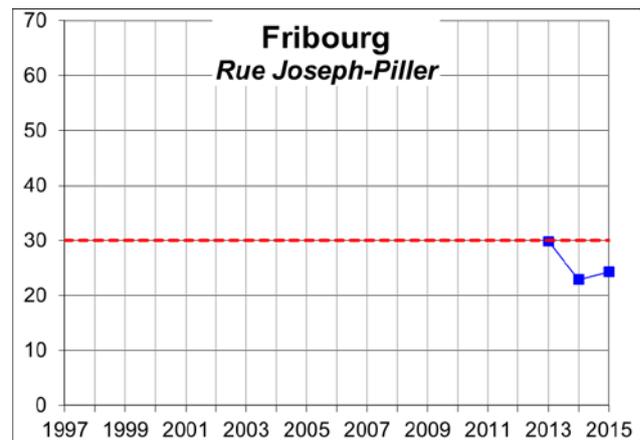
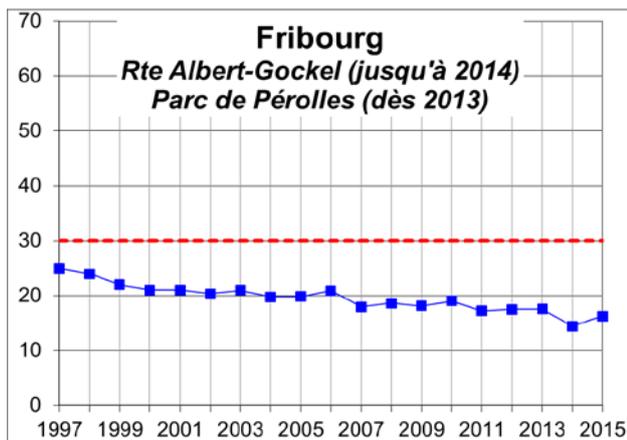
2.2 Agglomeration oder Stadt, Hintergrundkonzentration

In Ortschaften mit mehr als 5'000 Einwohner liegt die sogenannte Hintergrundkonzentration, das heisst die weder durch Strassen noch durch Industrieanlagen dominierte Immissionsituation, auf einem Niveau unterhalb des Immissionsgrenzwertes.

2013 wurde mit **Parc de Pérolles (Domino-Gärten) in Freiburg** ein neuer Messort eingeführt. Er löst den Standort **Route Albert-Gockel** ab, der Ende 2014 aufgegeben wurde und stimmt sehr gut mit dem alten Messort überein. Für die Jahre 2013 und 2014 wurde in der untenstehenden Graphik der Mittelwert über beide Standorte aufgezeichnet.

Seit 2013 wird ebenfalls an der **Rue Joseph-Piller in Freiburg** gemessen. Diese Messungen werden es erlauben, die Wirksamkeit der Begleitmassnahmen des Poyaprojekts zu überprüfen. Lag für 2013 das Jahresmittel im Bereich des Immissionsgrenzwertes, so sind die Mittelwerte 2014 und 2015 deutlich unter den Grenzwert gesunken. Es ist zu erwähnen, dass zwischen Oktober 2013 und Juni 2014 umfangreiche Bauarbeiten in unmittelbarer Nähe des Messortes ausgeführt wurden. Im Juli 2014 wurde die Rue Joseph-Piller zur Begegnungszone (Geschwindigkeitsbegrenzung auf 20 km/h). Zudem hat die Eröffnung der Poyabrücke im Oktober 2014 zu einer Verringerung des Verkehrs beigetragen.

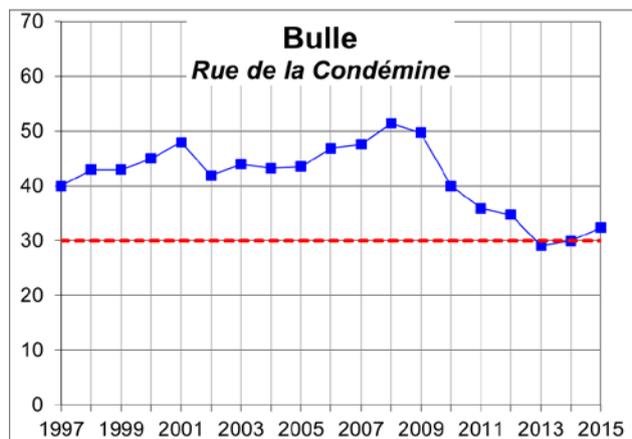
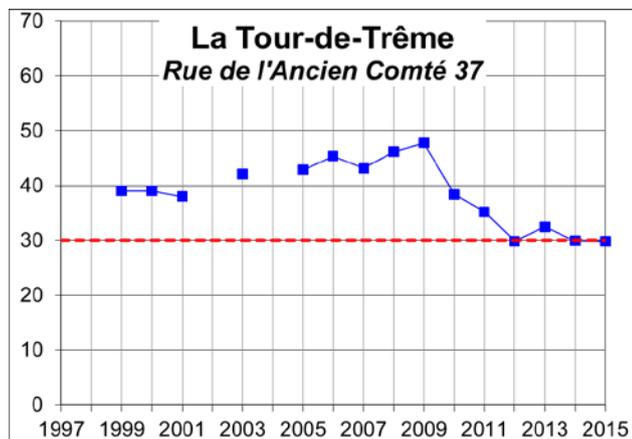
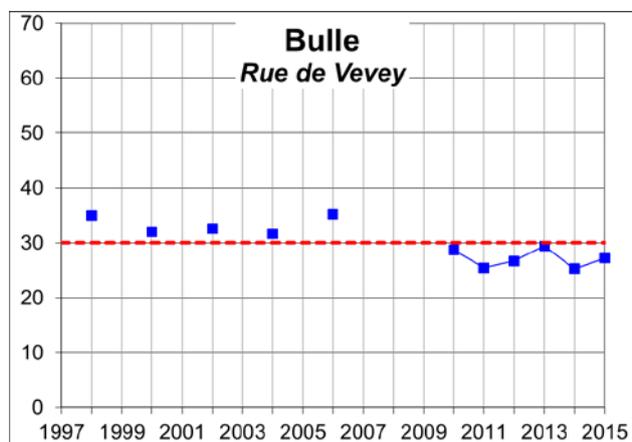
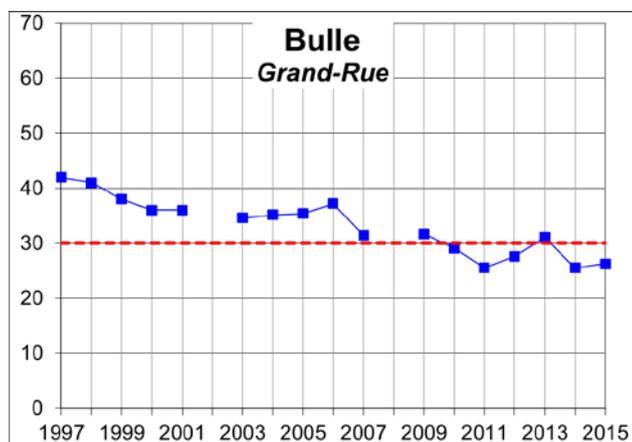
Neu ist der Standort **Rue du Pont Suspendu in Freiburg** der Standortkategorie mit Hintergrundkonzentrationen zuzuordnen. Seit der Schliessung der Zähringerbrücke im Oktober 2014 ist das Verkehrsaufkommen in diesem Teil des Burg-Quartiers stark zurückgegangen, was sich ebenfalls in der Stickstoffdioxidbelastung bemerkbar macht. Gegenüber dem Jahresmittel 2013 von $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist die Konzentration für das Jahr 2015 auf $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gesunken, was einer Abnahme von 40 % entspricht.

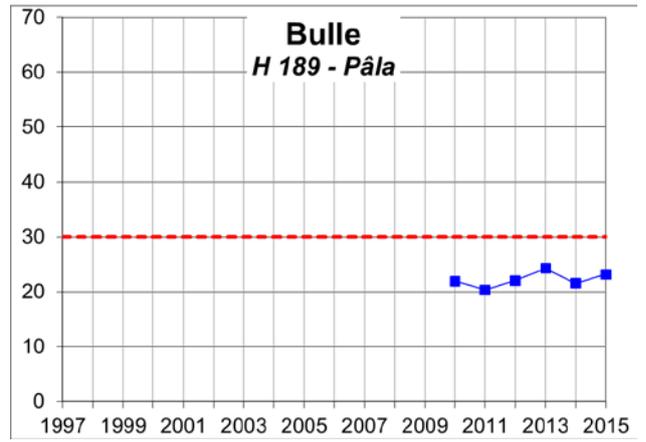
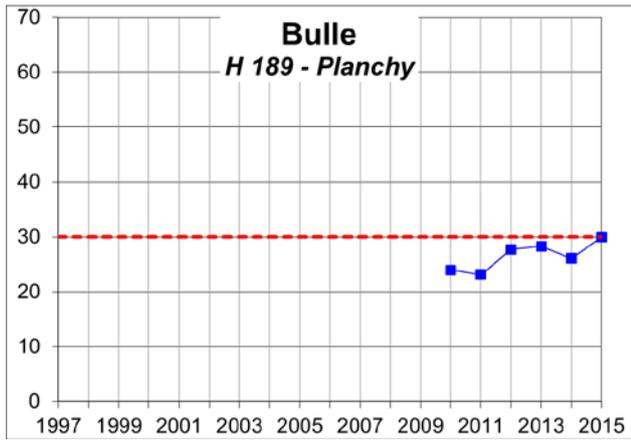


2.3 Agglomeration Bulle

Seit 2007 ist Bulle geprägt durch eine bedeutende Umgestaltung des öffentlichen Raumes in der Innenstadt. Bei einem wesentlichen Teil dieser Arbeiten handelt es sich um Begleitmassnahmen im Zusammenhang mit der H189 (Umfahrungsstrasse der Agglomeration Bulle), die am 13. Dezember 2009 für den Verkehr frei gegeben wurde. Diese Umgestaltungsarbeiten wurden auch 2015 weitergeführt (Rue de Gruyères und Rue de la Condémine) und können wie in den letzten Jahren auch in Zukunft die Messresultate beeinflussen. So könnte die wieder leicht zunehmende Tendenz an der **Rue de la Condémine** auf Umlagerungseffekte des Verkehrs wegen diesen Arbeiten zurückzuführen sein. Es bleibt zu hoffen, dass sich diese Tendenz mit dem Ende der Umgestaltungsarbeiten wieder umkehren wird.

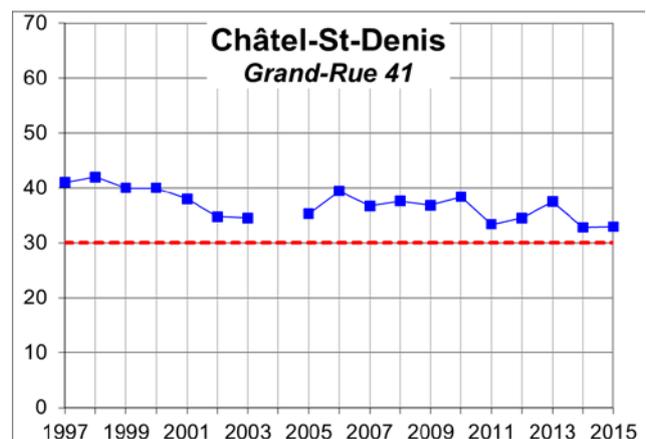
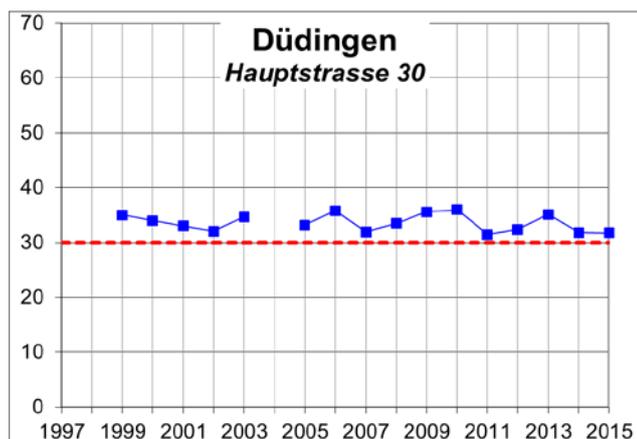
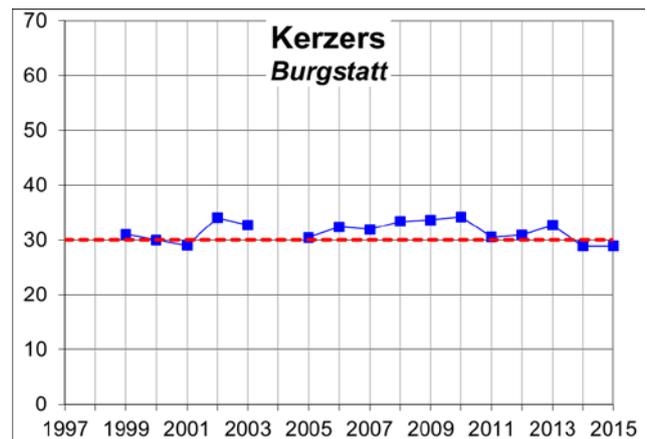
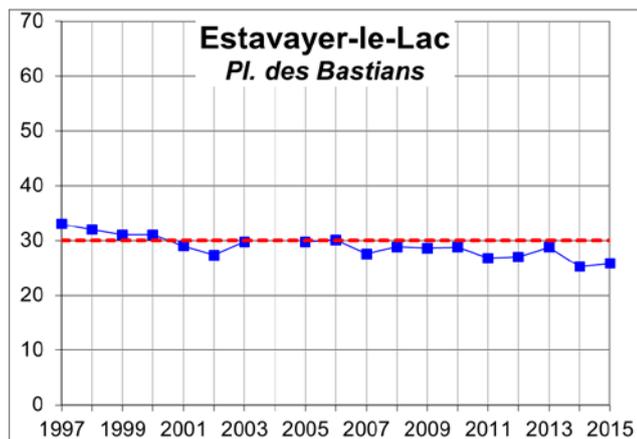
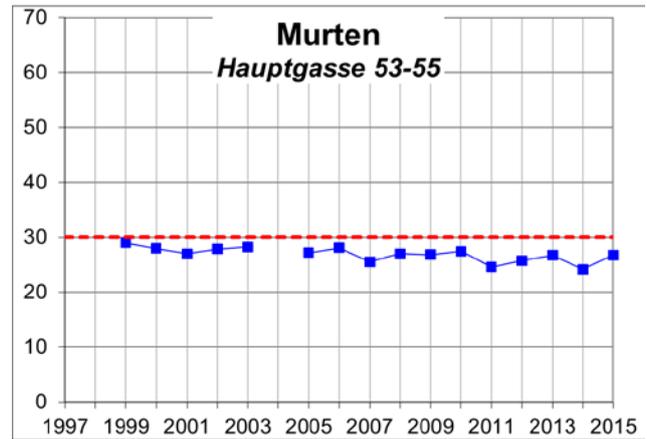
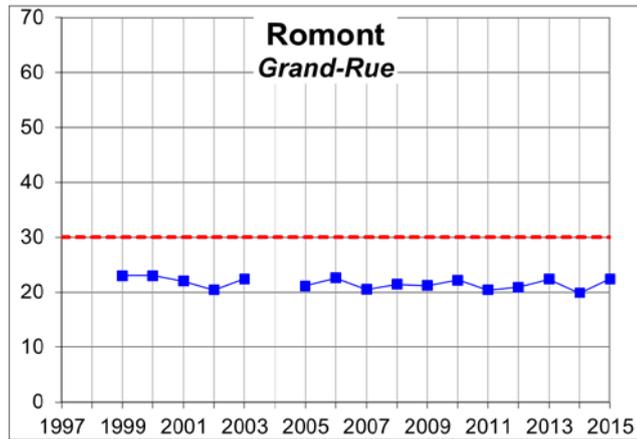
Deutlicher zu erkennen ist der Entlastungseffekt ab 2010 durch die Eröffnung der H189: seit 2013 liegen die Konzentrationen aller sechs Messorte der Agglomeration Bulle im Bereich des Immissionsgrenzwertes von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder darunter. Bei der Messstelle **H189 - Planchy** ist andererseits seit Beginn der Messungen im Jahr 2010 eine Zunahme der Stickstoffdioxidkonzentrationen zu verzeichnen. Gründe dafür sind vermutlich die Erweiterung der Industriezone Planchy und eine Erhöhung des Verkehrsaufkommens.





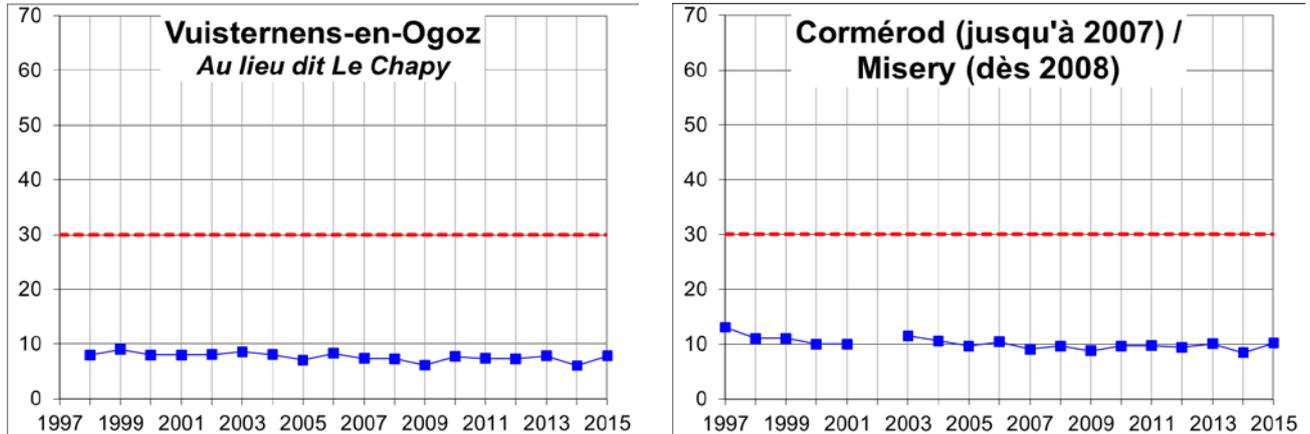
2.4 Regionale Zentren

An Messorten mit einer Verkehrsbelastung von 5'000 bis 20'000 Fahrzeugen pro Tag sind in den meisten Fällen Konzentrationen zwischen 20 und 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ anzutreffen. Ob der Immissionsgrenzwert von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ eingehalten oder überschritten wird, ist abhängig von der Anzahl Fahrzeuge, von der Verkehrssituation (Kreuzung, Steigung, „stop and go“ etc.) und vor allem von der Güte der Durchlüftung und variiert damit deutlich zwischen den einzelnen Messstandorten.



2.5 Ländliche Situation, Hintergrundkonzentration

In ländlichen Gebieten, abseits von jeglichen Schadstoffquellen, ist der Immissionsgrenzwert deutlich eingehalten. Im Verlaufe des betrachteten Zeitraumes 1997-2015 haben sich die Messwerte nur unwesentlich verändert.

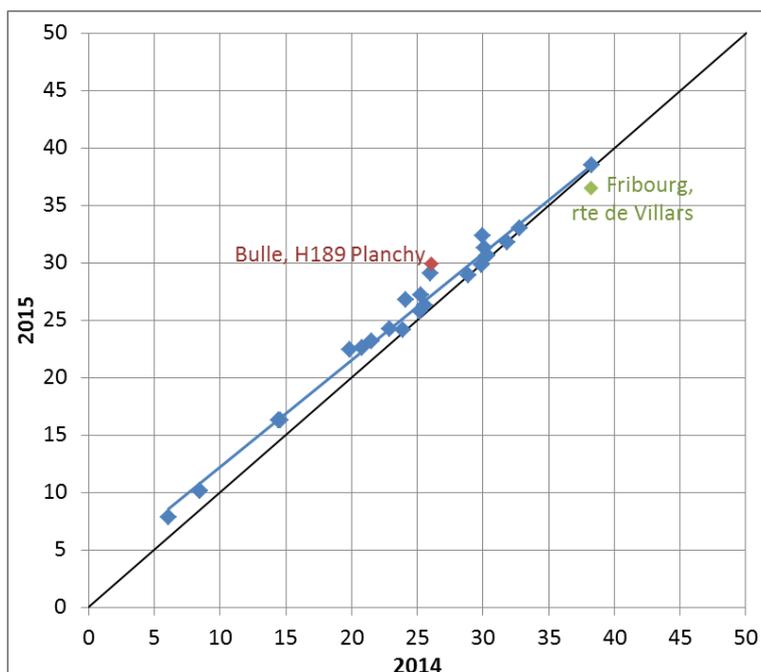


2.6 Vergleich der Jahresmittelwerte 2014 und 2015

In der nachfolgenden Graphik stellt jeder Punkt einen Messort dar. Befindet sich ein Punkt über beziehungsweise unter der Diagonale (schwarz), so bedeutet dies, dass der Wert für 2015 höher beziehungsweise tiefer war als jener für 2014. Befindet er sich auf der Diagonale, so wurde für beide Jahre der gleiche Wert festgestellt.

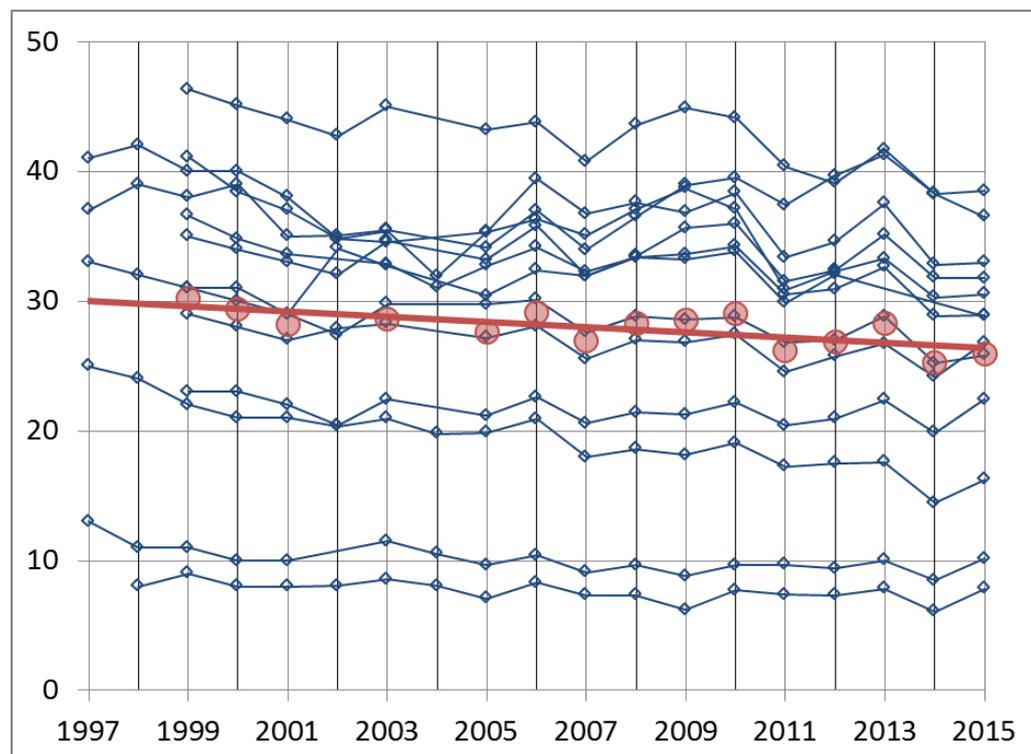
Zwei Messorte sind besonders hervorgehoben. An der **H189 bei Planchy in Bulle** wurde mit 15 % eine überdurchschnittlich hohe Zunahme des Jahresmittelwertes festgestellt (s. Kap. 2.3). Im Gegensatz dazu ist der Messort **Route de Villars in Freiburg** der einzige Ort mit einer (geringen) Abnahme des Jahresmittelwertes von 38 auf 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Alle anderen Messorte liegen oberhalb der Diagonale und mehr oder weniger nahe der blauen Linie. Letztere gibt die durchschnittliche Tendenz an: die Jahresmittelwerte 2015 sind im Durchschnitt um 7 % höher ausgefallen als jene für 2014. Es ist allerdings zu erwähnen, dass 2014 das Jahr mit den bisher niedrigsten Messwerten war.



2.7 Generelle Entwicklung der Jahresmittelwerte seit 1997

Die blauen Kurven der nachfolgenden Graphik zeigen jene 13 Messorte, für die Resultate ab Ende der 1990er Jahre vorliegen. Wegen ihrer atypischen Entwicklung wurden die Resultate der Agglomeration Bulle in dieser Graphik nicht aufgenommen (s. Kapitel 2.3). Für die Jahre mit vollständigen Daten aus allen 13 Messstellen zeigen die roten Punkte das Mittel der Jahreswerte. Die rote Linie stellt die Tendenz dar, die zwar nicht sehr stark ausgeprägt, aber eindeutig negativ ist. Im Durchschnitt über die 13 Messstellen nehmen die Stickstoffdioxidkonzentrationen alle fünf Jahre um rund $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ab.



2.8 Schlussfolgerung

Die Stickstoffdioxidkonzentrationen sind 2015 gegenüber dem Vorjahr mit einer einzigen Ausnahme an allen Messstandorten höher ausgefallen. Die Zunahme beträgt im Durchschnitt rund 7 %. Diese Zunahme ist aber nicht repräsentativ für die langjährige Entwicklung die eine abnehmende Tendenz der Stickstoffdioxidkonzentrationen aufweist.

In der Stadt Freiburg ist die Belastung im Bereich des Burgquartiers infolge der Verkehrsumlagerung durch die Poya-Brücke deutlich gesunken.

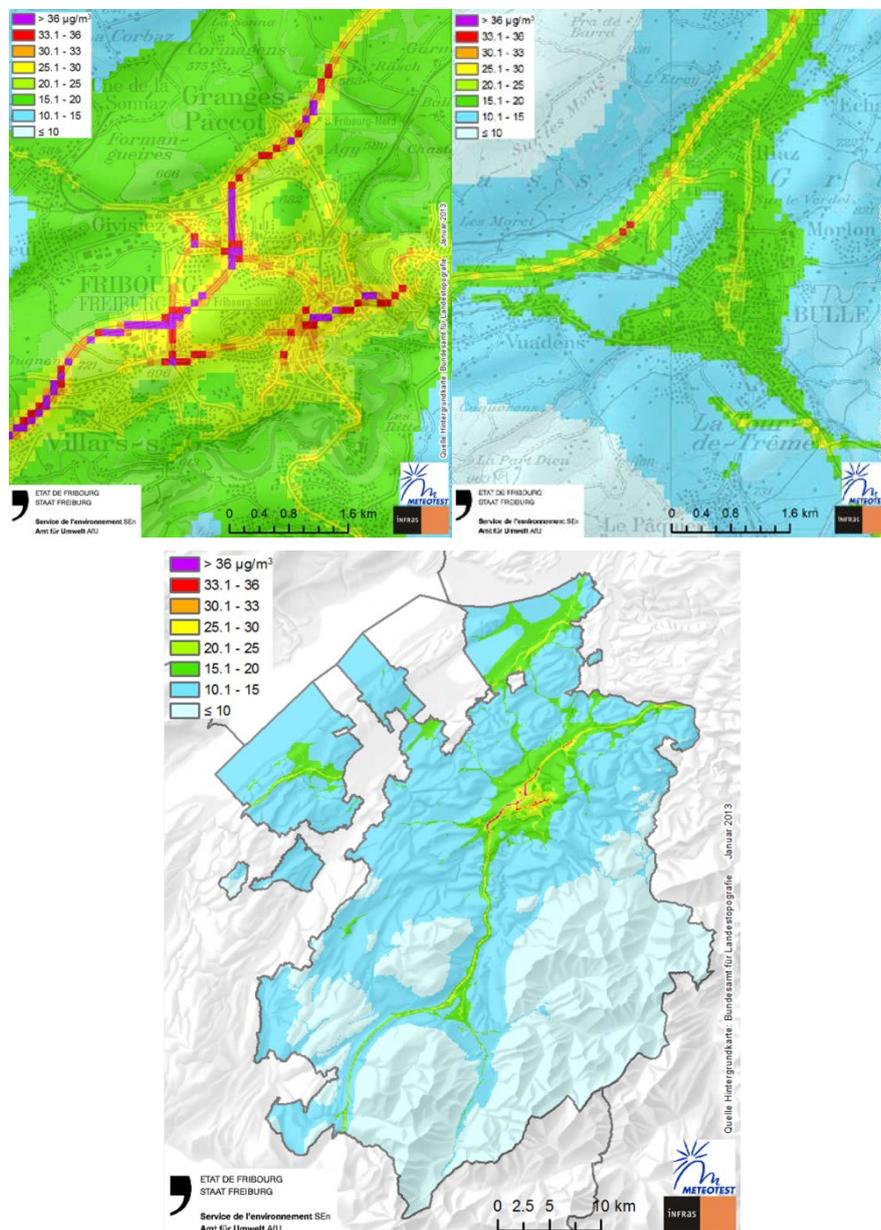
In anderen Gebieten der Agglomeration Freiburg und in gewissen regionalen Zentren, die von hohen Verkehrsmengen und ungünstigen Ausbreitungsbedingungen betroffen sind, wird der Immissionsgrenzwert für Stickstoffdioxid häufig und teilweise deutlich überschritten. Im Gegensatz dazu wird für weite Gebiete des Kantons Freiburg, die nicht unter dem direkten Einfluss von Strassen stehen, der Grenzwert eingehalten.

Durch die Eröffnung der Umfahrungsstrasse H189 und die bisher umgesetzten Begleitmassnahmen ist für die Agglomeration Bulle eine deutliche Verbesserung zu beobachten. Die Stickstoffdioxidkonzentrationen bleiben aber teilweise nahe dem Grenzwert.

3 Kantonale Immissionskarte für das Jahr 2010

Auf der Basis der Stickstoffdioxid-Messungen konnte mittels eines Modells, das den verschiedenen chemisch-physikalischen Mechanismen in der Atmosphäre Rechnung trägt, eine kantonale Karte der NO₂-Immissionen für das Jahr 2010 erstellt werden.

Bei der Interpretation dieser Immissionskarte ist Vorsicht walten zu lassen. Das Modell berechnet die mittlere NO₂-Konzentration über eine Hektare. Innerhalb dieser Hektare können die realen Werte stark variieren und sowohl tiefer als auch höher sein, was das Modell nicht abbilden kann. Dass die Resultate der Passivsammler-Messungen zum Teil höher ausfallen als die Modell-Werte ist somit erklärbar. Die Passivsammler befinden sich meist an Orten mit hohem Verkehrsaufkommen, dichter Bebauung und in wenigen Metern Abstand vom Strassenrand. Sie repräsentieren somit die unmittelbare lokale Situation, die in der Regel nicht dem räumlichen Mittelwert einer Hektare entspricht.



4 Übersicht über alle Messungen seit 1997

Ortschaft	Strasse, Ortsbezeichnung	x- Koordinate	y- Koordinate	Höhe ü. M. [m]	Standortcharakteristik			Jahresmittelwert von NO ₂ [µg/m ³]																		
					Standort	Verkehr	Bebauung	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Bulle	Grand-Rue	570'790	163'105	769	2	B	c	42	41	38	36	36		35	35	35	37	31		32	29	26	28	31	26	26
Bulle	Pl. du Tilleul	570'810	163'020	770	2	B	b	27	27	28	27	27	24	24		24										
Bulle	Rue de la Condémine	570'986	163'242	755	2	B	c	40	43	43	45	48	42	44	43	44	47	48	51	50	40	36	35	29	30	32
Bulle	Rue de Vevey	570'690	162'915	770	2	B	c		35		32		33		32		35				29	25	27	29	25	27
La Tour-de-Trême	Rue de l'Ancien Comté 37	571'395	162'055	744	2	C	c			39	39	38		42		43	45	43	46	48	38	35	30	32	30	30
Bulle	H 189 Planchy	569'704	164'019	775	2	B	b														24	23	28	28	26	30
Bulle	H 189 Pâla	569'923	162'882	785	2	B	b														22	20	22	24	22	23
Châtel-St-Denis	Grand-Rue 41	558'805	153'090	815	2	B	d	41	42	40	40	38	35	35		35	39	37	38	37	38	33	35	37	33	33
Düdingen	Hauptstrasse 30	581'024	188'622	585	2	B	c			35	34	33	32	35		33	36	32	33	36	36	31	32	35	32	32
Estavayer-le-Lac	Pl. des Bastians	554'840	188'780	448	2	B	c	33	32	31	31	29	27	30		30	30	28	29	29	29	27	27	29	25	26
Fribourg	Av. du Midi	577'855	183'350	631	1	B	c			37	35	34		33	31	33	34	32	33	33	34	30	32			29
Fribourg	Av. L. Weck-Reynold	578'049	183'976	640	1	B	c		40		38		36		38		42		45							
Fribourg	Pl. de la Gare	578'104	183'607	625	1	B	c			41	38	37	35	35	32	35	36	35	37	39	37	31	32	33	30	31
Fribourg	Rte Albert-Gockel	578'317	182'594	640	5	B	c	25	24	22	21	21	20	21	20	20	21	18	19	18	19	17	17	18	14	
Fribourg	Rte de Villars	577'372	183'312	659	1	C	c			46	45	44	43	45		43	44	41	44	45	44	40	39	42	38	37
Fribourg	Rue de Chantemerle	577'125	184'540	645	2	C	b	41		39		38		37		38		38	41	40	39		37		35	
Fribourg	Rue du Pont-Suspendu	579'060	183'889	580	1	C	d	44		40		40		39		38		36		37		32		35		21
Fribourg	Rue Joseph-Piller	578'376	184'006	630	1	B	c																	30	23	24
Fribourg	Parc de Pérolles	578'181	182'940	620	5	B	b																	17	15	16
Givisiez	Rte d'Alcantara	576'306	184'275	655	2	C	b									31	29	30	32	33	29	32	33	30	31	
Givisiez	Rte de Belfaux	576'430	184'916	621	2	B	b	37	39	38	39	35	35	36		34	37	34	37	39	40	37	40	41	38	38
Granges-Paccot	Rte de Morat	578'195	185'480	600	2	B	b								28	30	32	29	30	29		26	27	27	26	29
Granges-Paccot	Rte des Grives	578'080	185'529	600	6	A	b			22	21	21	20	22		21										
Kerzers	Burgstatt	581'503	202'684	450	2	B	c			31	30	29	34	33		30	32	32	33	34	34	30	31	33	29	29
Cormérod	Au lieu dit Corterin	573'287	190'186	590	7	A	a	13	11	11	10	10		11	11	10	10	9								
Misery	Le Haut du Mont	571'914	189'481	607	7	A	a												10	9	10	10	9	10	8	10
Murten	Hauptgasse 53-55	575'597	197'599	453	2	B	d			29	28	27	28	28		27	28	26	27	27	27	25	26	27	24	27
Murten	Ober Prehl	576'330	196'505	483	3	B	a				20	21	21	23	22	22										
Murten	Oberes Neugut	576'105	196'526	470	7	A	b			16	15	15	16	17	16	16	17									
Romont	Grand-Rue	560'157	171'798	755	2	B	c			23	23	22	20	22		21	23	21	21	21	22	20	21	22	20	22
Villars-sur-Glâne	Cormanon-Centre	577'760	182'487	685	2	B	b											30	32	32	33	28	31	34	30	31
Villars-sur-Glâne	Rte de Cormanon	577'002	182'421	677	2	B	c			48	48	47		47	46	49	58	54	59	62	60	35	50			
Villars-sur-Glâne	Rte de Villars-Vert 4	576'373	183'137	700	6	A	b			27	27	26	25	27		26	27	25		26	27	24	24	26	24	24
Vuisternens-en-Ogoz	Au lieu dit Le Chapy	569'708	173'324	850	7	A	a		8	9	8	8	8	9	8	7	8	7	7	6	8	7	7	8	6	8

5 Erklärungen zur Standortcharakteristik der Messorte

Gemäss den „Empfehlungen zur Immissionsmessung von Luftfremdstoffen“ vom 1. Januar 2004 vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (heutiges Bundesamt für Umwelt).

Standorttypen

	Standortcharakterisierung	Grössenordnung der Einwohnerzahl
1	Stadt – strassennah	> 25'000
2	Agglomeration – strassennah	5'000 – 25'000
3	ländlich – strassennah	0 – 5'000
4	Industriezone	
5	Stadt – Hintergrund	> 25'000
6	Agglomeration – Hintergrund	5'000 – 25'000
7	ländlich, unterhalb 1000 m.ü.M. # – Hintergrund	0 – 5'000
8	ländlich, oberhalb 1000 m.ü.M. # – Hintergrund	0 – 5'000
9	Hochgebirge	

Inversionshöhe

Dabei bedeutet

strassennah: Strassen als Hauptemissionsquelle

Industriezone: Industrieanlagen als Hauptemissionsquelle

Hintergrund: weder durch Strassen noch durch Industrieanlagen dominierte Immissionssituation

Verkehrsbelastung und Bebauung

Die Verkehrsbelastung und die Bebauung beim Messstandort werden zusätzlich in folgende Klassen eingeteilt:

	Verkehrsbelastung	DTV (durchschnittlicher täglicher Verkehr)
A	gering	< 5'000
B	mittel	5'000 – 20'000
C	hoch	20'001 – 50'000
D	sehr hoch	> 50'000

	Bebauung
a	Keine
b	Offen
c	Einseitig offen
d	Geschlossen

6 Anhang: Korrektur der Passivsammlerresultate

Korrekturfunktion: $C' = M * C + B$

C': korrigierte NO₂-Konzentration in µg/m³ (Jahresmittelwert)

C: unkorrigierte NO₂-Konzentration in µg/m³

M und B: Korrekturparameter

Jahr	M	B [µg/m³]
2009	1.008	-1.8
2010	0.979	-0.7
2011	0.861	0.0
2012	0.914	-0.3
2013	0.968	-0.9
2014	0.914	-1.3
2015	0.904	0.3

7 Verdankung

Wir möchten die Publikation des vorliegenden Messberichtes nutzen, um all denjenigen, die uns bei der Überwachung der Luftqualität des Kantons Freiburg unterstützen, unseren Dank auszusprechen. Wir danken im Besonderen den Gemeindebehörden für ihre aktive Unterstützung und ihr Verständnis, aber auch den vielen Personen, die mit ihrer Mitarbeit im Feld beim eigentlichen Messvorgang einen unentbehrlichen Beitrag zur Realisierung der Luftschadstoffüberwachung leisten.

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/sen

www.fr.ch/sen/de/pub/luft/stickstoffdioxid.htm