



Luftreinhaltung Überwachung der Luftschadstoffbelastung

Stickstoffdioxidmessungen mit Passivsammlern

Bericht 2013



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		
1.1	Der Schadstoff Stickstoffdioxid	3		
1.2	Immissionsgrenzwerte	3		
1.3	Die Messmethode	4		
2	Verlauf der Stickstoffdioxidbelastung zwischen 1997 und 2013	5		
2.1	Agglomeration Freiburg, verkehrsbelastete Standorte	5		
2.2	Agglomeration oder Stadt, Hintergrundkonzentration	7		
2.3	Agglomeration Bulle	7		
2.4	Regionale Zentren	8		
2.5	Ländliche Situation, Hintergrundkonzentration	9		
2.6	Vergleich der Jahresmittelwerte 2012 und 2013		9	
2.7	Entwicklung der Jahresmittelwerte seit 1997		10	
2.8	Schlussfolgerung		11	
3	Kantonale Immissionskarte für das Jahr 2010		12	
4	Übersicht über alle Messungen seit 1997		13	
5	Erklärungen zur Standortcharakteristik der Messorte		15	
6	Anhang: Korrektur der Passivsammlerresultate		16	
7	Verdankung		17	

1 Einführung

In Anwendung von 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 der wichtigsten Schadstoffe 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 Emissionen¹ von Stickoxiden (NO und NO_2) stammen grösstenteils vom Verkehr und von Maschinen. Der Anteil der Verkehrsemissionen hat seit Einführung des Katalysators bei den Benzinfahrzeugen abgenommen. Da bei den Dieselpersonenwagen noch keine gleichwertige Minderungstechnik verbreitet ist 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 in Stadtzentren über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ²; in Agglomerationen liegt die Schadstoffkonzentration zwischen 20 und $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und in ländlichen Gebieten unter $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 Immissionen³, 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. Für 2011 wurden dabei grössere Unterschiede festgestellt als in den Jahren davor. Für 2012 sind die Unterschiede wieder akzeptabel, aber immer noch höher als vor 2011; im Jahr 2013 sind sie vergleichbar mit den Abweichungen von 2009 und 2010.

Trotz einer umfassenden Untersuchung der Differenzen konnte 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 in der Regel im Jahresmittel mehr oder weniger aus. Dies galt aber nicht für 2011, in dem die Passivsammler die Belastung zwischen 15 und 18 % überschätzten. Dass 2011 laut MeteoSchweiz gesamtschweizerisch das wärmste Jahr seit Messbeginn 1864 war, passt somit gut ins Bild.

Auf Grund dieser Untersuchung wurde entschieden, die Passivsammlerdaten rückwirkend ab dem Jahr 2009 zu korrigieren. 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 2013

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 überschritten mit Ausnahme des Standortes **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 können damit erklärt werden, dass die Verkehrsbelastung infolge der Arbeiten für die Poyabrücke abgenommen haben.

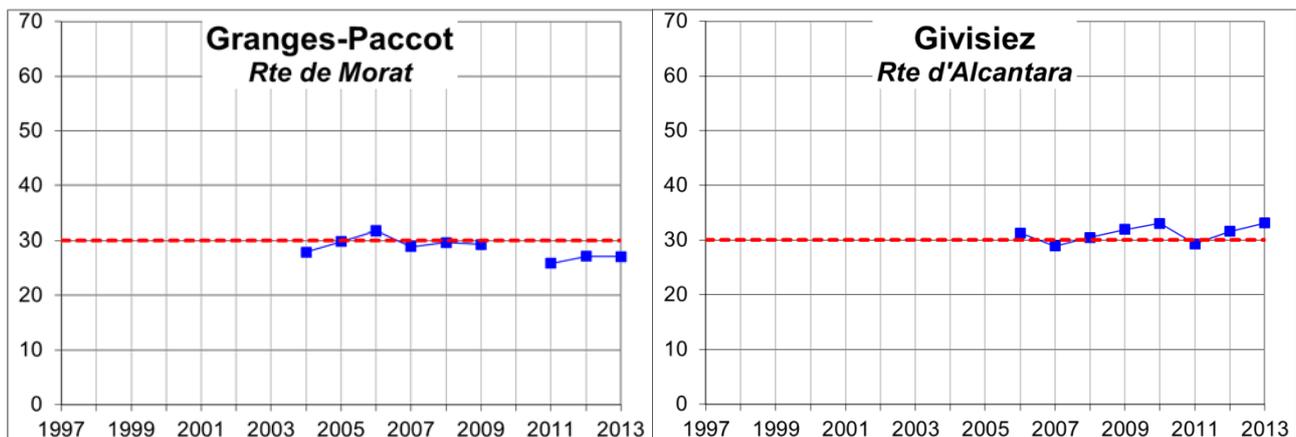
An der **Route d'Alcantara in Givisiez** (70 m nördlich des Einkaufszentrums Jumbo) liegen die Konzentrationen im Bereich des Immissionsgrenzwerts.

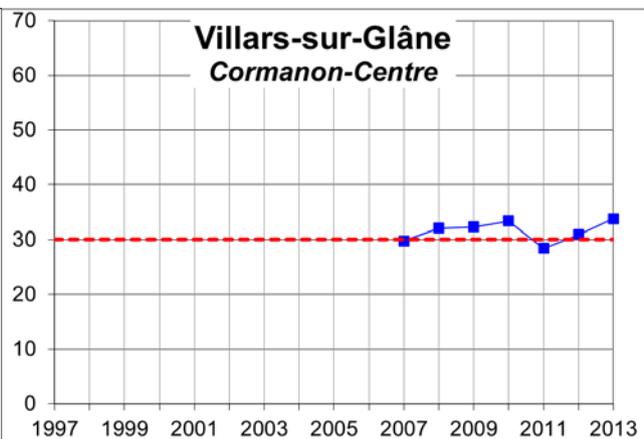
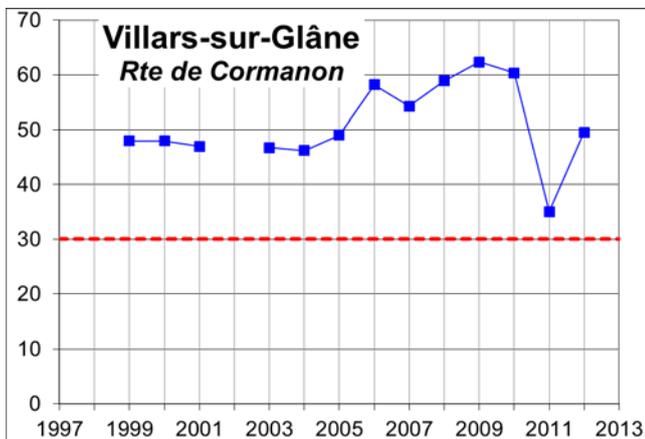
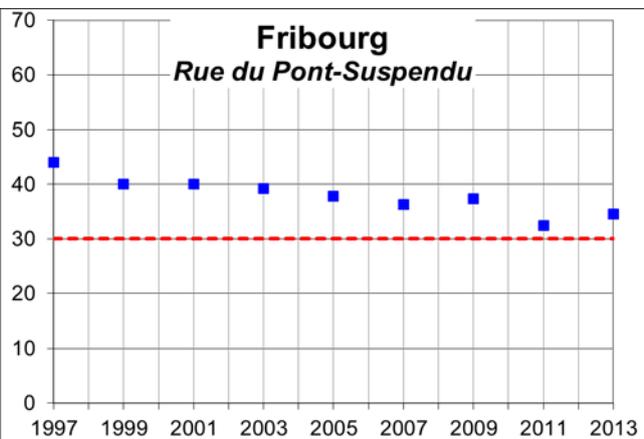
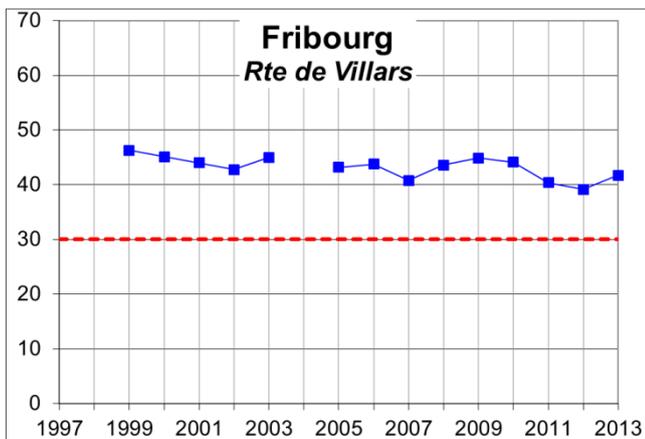
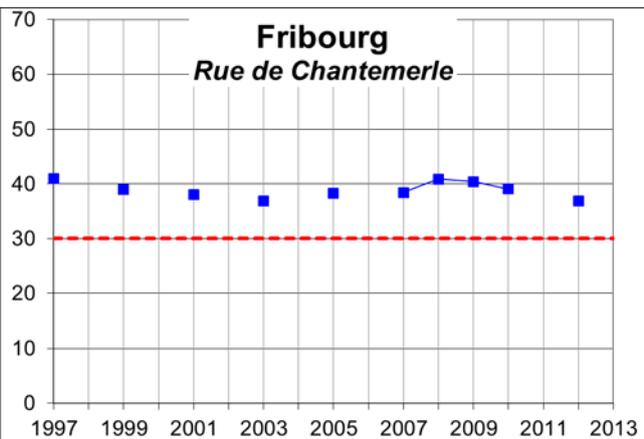
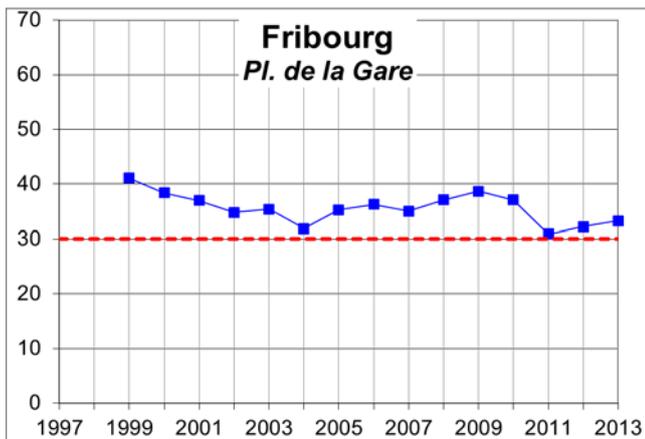
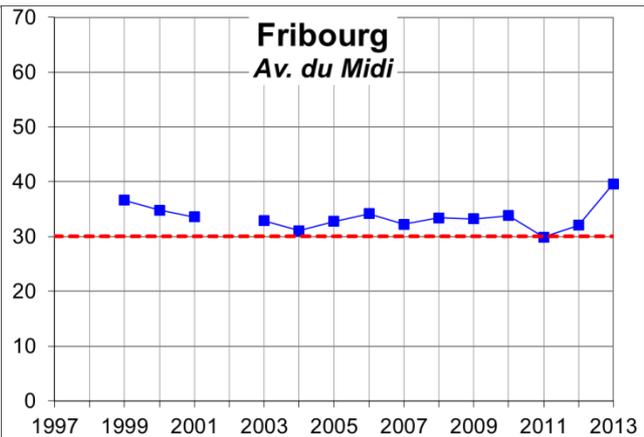
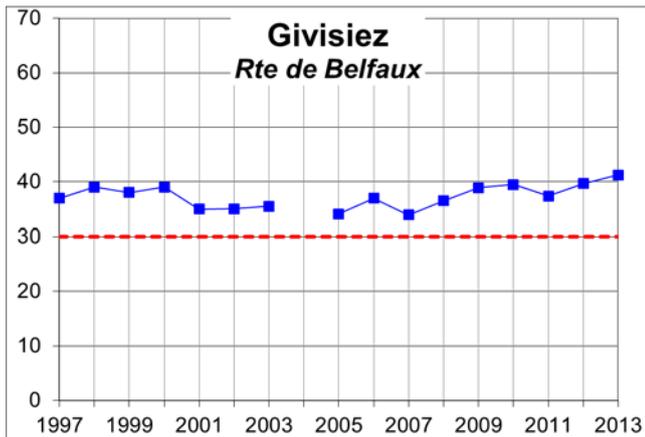
Am 12. Juli 2010 wurde an der Avenue de la Gare Einbahnverkehr eingeführt. Die durchschnittliche Konzentration der Jahre 2011 bis 2013 am Standort **Place de la Gare in Freiburg** liegt 17 % tiefer im Vergleich zu 2009.

Obwohl durch die Einführung des Einbahnverkehrs an der Bahnhofstrasse ein gewisser Anstieg des Verkehrsaufkommens an der **Avenue du Midi** stattgefunden hat, ist dort für die Jahre 2011 und 2012 keine Erhöhung der NO_2 -Belastung zu beobachten. Erst der Jahresmittelwert für 2013 fällt höher aus als das Niveau vor der Einführung des Einbahnverkehrs an der Bahnhofstrasse. Eine Erklärung für diese Feststellung ist noch nicht möglich, es muss die weitere Entwicklung des Schadstoffverlaufs beobachtet werden. Die umfangreichen Arbeiten an der Avenue du Midi während des Sommers 2013 sind keine Erklärung der Zunahme, da die Messwerte vor allem in der Zeit vor und nach diesen Arbeiten erhöht sind.

Die Messungen an der **Route de Cormanon in Villars-sur-Glâne** wurden Ende 2012 beendet weil die Resultate nur für einen lokal sehr begrenzten Raum gelten. Parallelmessungen an derselben Strasse in nur 300 m Entfernung zeigen für die Jahre 2007 bis 2010 auf der Höhe des Einkaufszentrums **Cormanon-Centre** jeweils rund 45 % tiefere Jahresmittelwerte. Diese Resultate sind repräsentativer für die Belastung der Route de Cormanon.

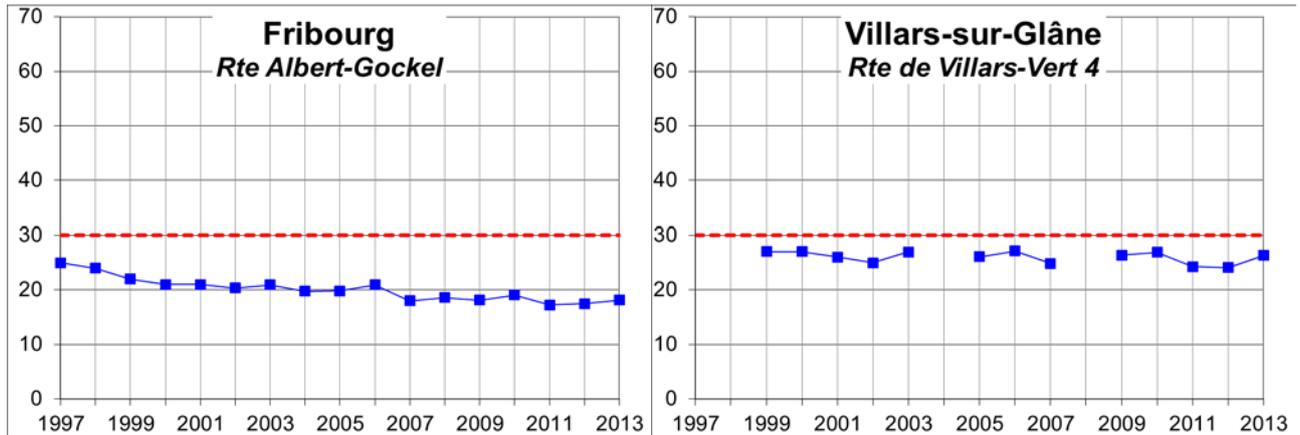
Seit 2013 wird ebenfalls an der **Rue Joseph-Piller in Freiburg** gemessen. Diese Messungen werden es erlauben, die Wirksamkeit der Begleitmassnahmen des Poyaprojekts zu überprüfen. Für 2013 liegen die Resultate im Bereich des Immissionsgrenzwerts (s. Tabelle in Kapitel 4).





2.2 Agglomeration oder Stadt, Hintergrundkonzentration

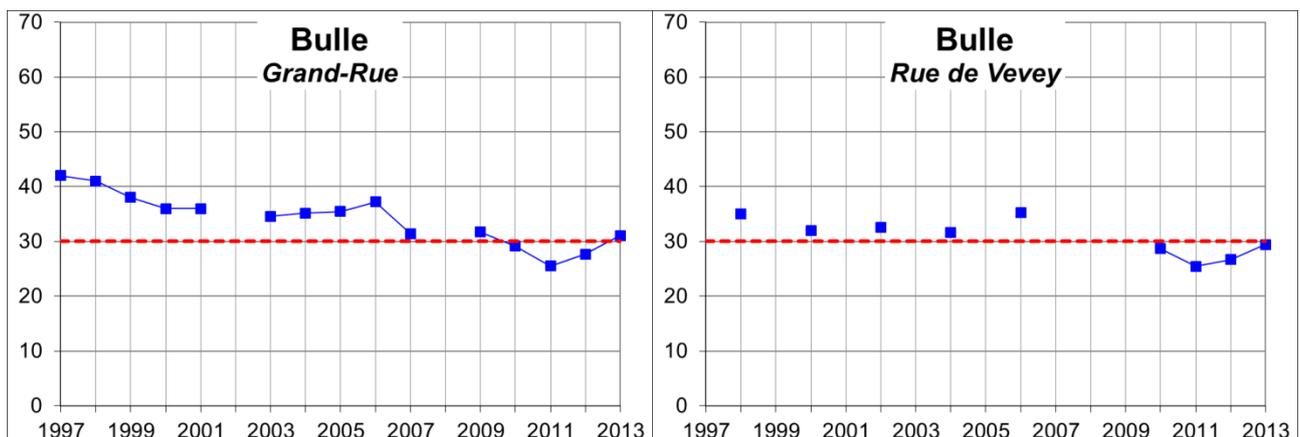
In Ortschaften mit mehr als 5'000 Einwohner liegt die sogenannte Hintergrundkonzentration, das heisst die weder durch Strassen noch durch Industrieanlagen dominierte Immissionsituation, auf einem Niveau unterhalb des Immissionsgrenzwertes.

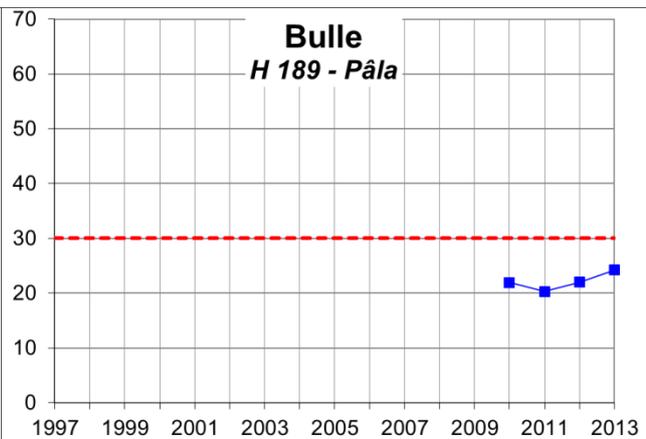
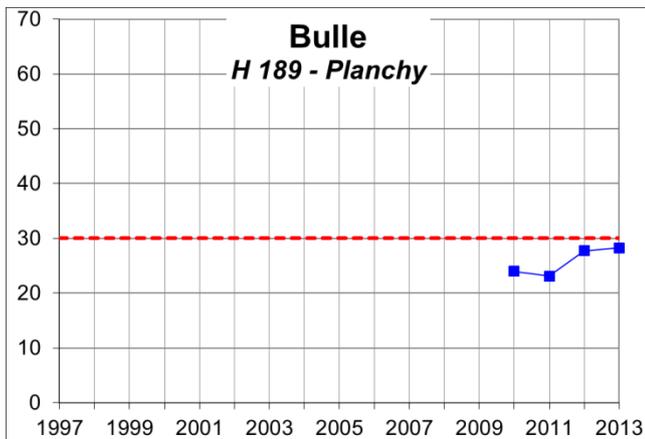
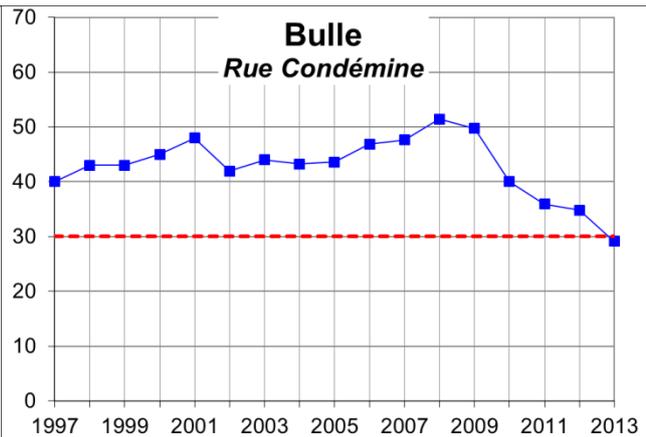
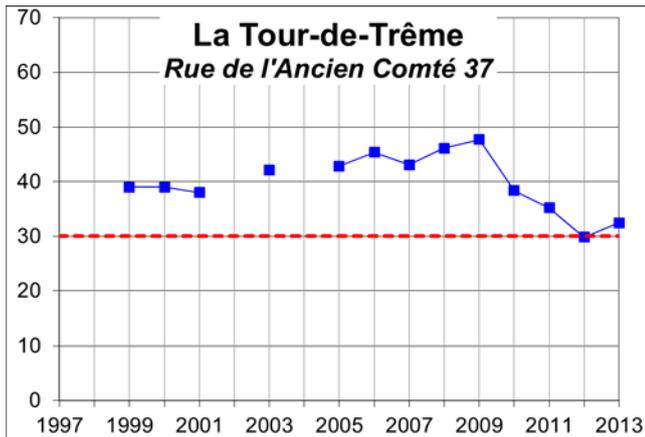


2.3 Agglomeration Bulle

In den Jahren 2007 bis 2009 war Bulle geprägt durch eine bedeutende Umgestaltung des öffentlichen Raumes in der Innenstadt. Aus diesem Grund mussten die Messungen an der Grand-Rue für das Jahr 2008 ausgesetzt werden. Die in diesem Zeitraum beobachtete Zunahme der Stickstoffdioxidkonzentration an der Rue Condémine erklärt sich durch eine Umlagerung des Verkehrs von der Innenstadt (zeitgleiche Abnahme an der Grand-Rue) in die Peripherie. Da La Tour-de-Trême hingegen 2007 bis 2009 im Prinzip nicht von Verkehrsumlagerungen betroffen war, muss die dortige deutliche Konzentrationszunahme mit einem generellen Anstieg des Verkehrs erklärt werden.

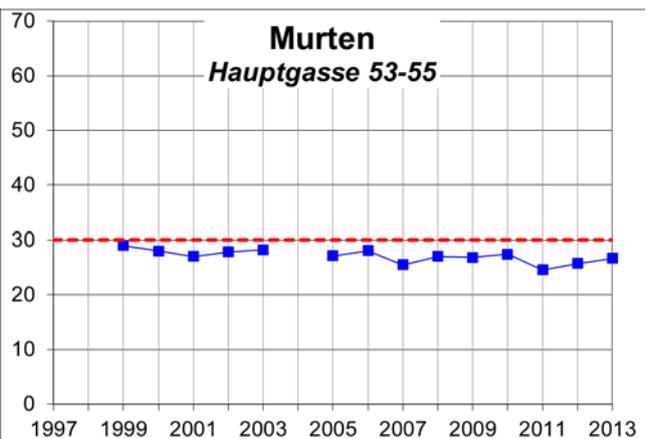
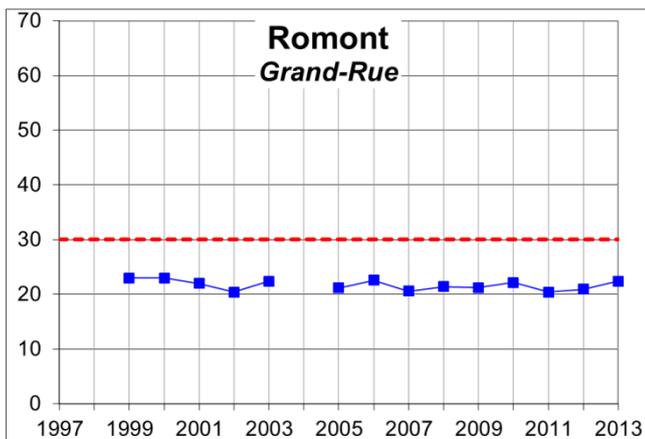
Am 13. Dezember 2009 wurde die Umfahrungsstrasse der Agglomeration Bulle, die H189, für den Verkehr freigegeben. Der Entlastungseffekt durch die Eröffnung der H189 ist ab 2010 deutlich zu erkennen. Die durchschnittlichen Konzentrationen der Jahre 2012 und 2013 an der Rue de l'Ancien Comté und an der Rue de Condémine betragen nur noch rund zwei Drittel des Wertes von 2009. Somit liegen nun die Konzentrationen aller sechs Messorte der Agglomeration Bulle im Bereich des Immissionsgrenzwertes von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder darunter.

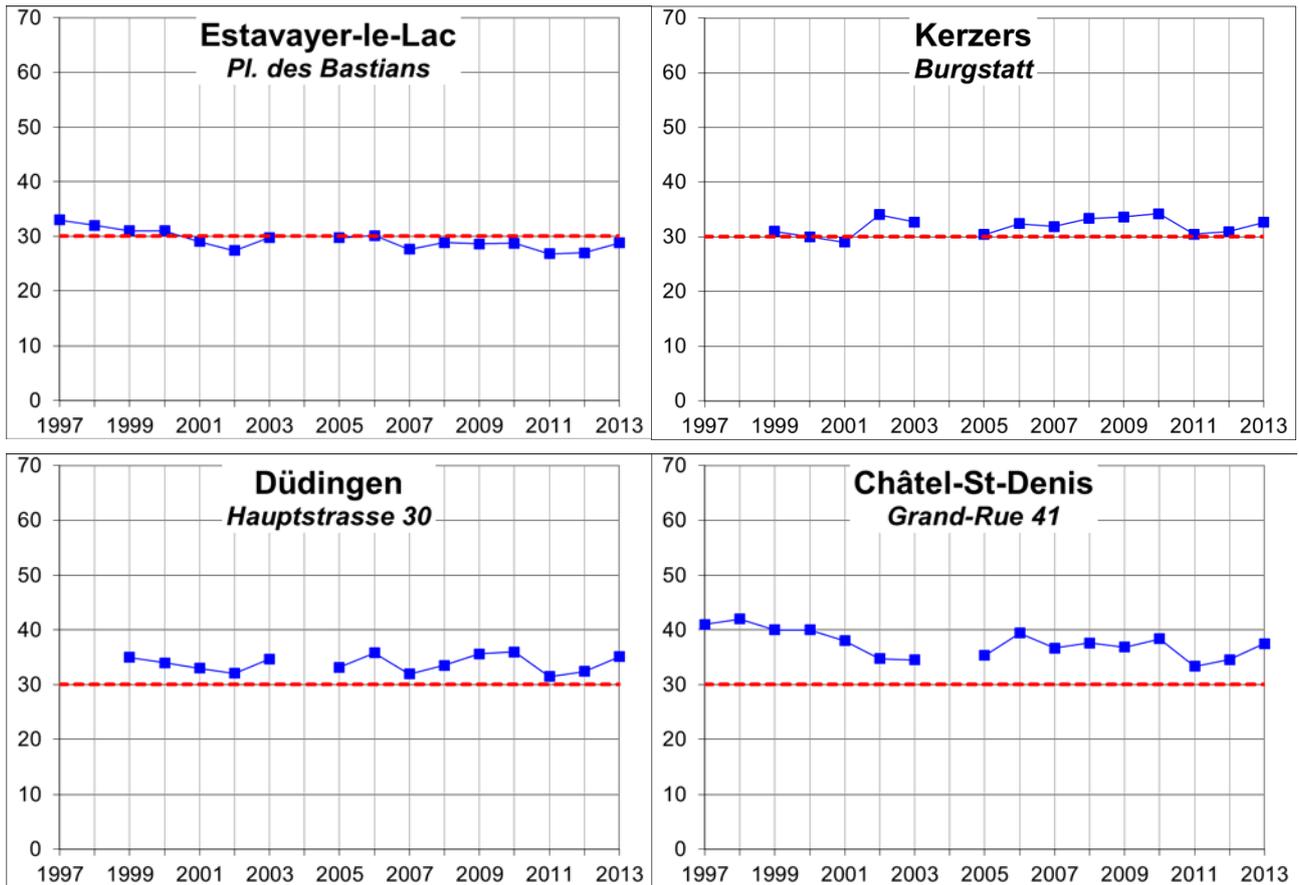




2.4 Regionale Zentren

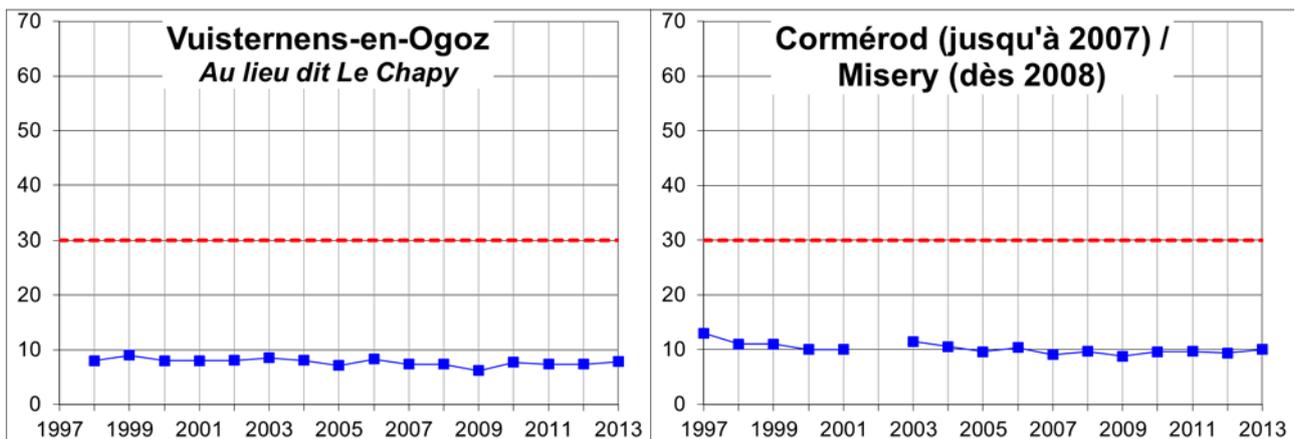
An Messorten mit einer Verkehrsbelastung von 5'000 bis 20'000 Fahrzeugen pro Tag sind in den meisten Fällen Konzentrationen zwischen 20 und 40 µg/m³ anzutreffen. Ob der Immissionsgrenzwert von 30 µg/m³ eingehalten oder überschritten wird, ist abhängig von der Anzahl Fahrzeuge, von der Verkehrssituation (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 1997-2013 haben sich die Messwerte nur unwesentlich verändert.

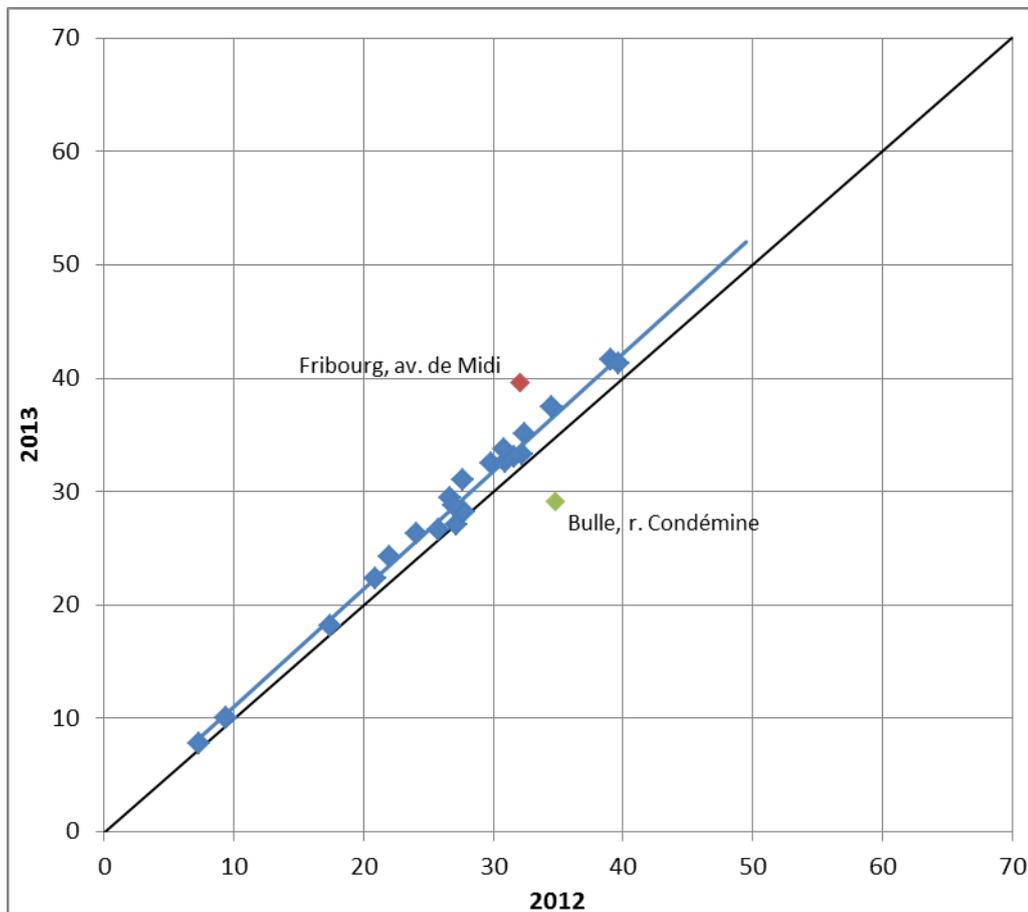


2.6 Vergleich der Jahresmittelwerte 2012 und 2013

In der untenstehenden Graphik stellt jeder Punkt einen Messort dar. Befindet sich ein Punkt über beziehungsweise unter der Diagonale (schwarz), so bedeutet dies, dass der Wert für 2013 höher beziehungsweise tiefer war als jener für 2012. Befindet er sich auf der Diagonale, so wurde für beide Jahre der gleiche Wert festgestellt.

Zwei Messorte sind besonders hervorgehoben: an der Avenue du Midi in Freiburg ist der Jahresmittelwert 2013 deutlich höher ausgefallen als jener für 2012 (+24 %) und an der Rue Condémine in Bulle ist es gerade umgekehrt (-

16 %) (siehe auch Kapitel 2.1 und 2.3). Alle anderen Messorte liegen etwas oberhalb der Diagonale und mehr oder weniger nahe der blauen Linie. Letztere gibt die durchschnittliche Tendenz an: die Jahresmittelwerte 2013 sind 7 % höher ausgefallen als jene für 2012.



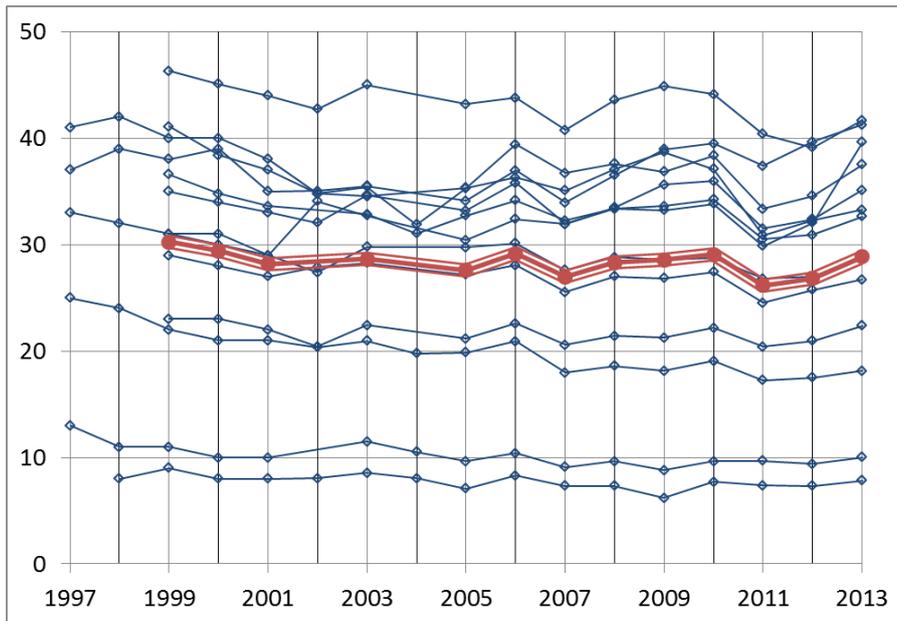
2.7 Entwicklung der Jahresmittelwerte seit 1997

In der Graphik auf der folgenden Seite zeigen die blauen Kurven jene 13 Messorte, für die Resultate ab Ende der 1990er Jahre vorliegen. Wegen ihrer atypischen Entwicklung wurden die Resultate der Agglomeration Bulle und der Route de Cormanon in Villars-sur-Glâne in dieser Graphik nicht aufgenommen (siehe Kapitel 2.1 und 2.3). Für die Jahre mit Daten aus allen 13 Messstellen zeigt die rote Kurve das Mittel der Jahreswerte dar.

Die zeitliche Entwicklung ab 1997 zeigt bis 2007 eine leichte Tendenz zur Abnahme der Stickstoffdioxidkonzentrationen. Das Jahr 2006 bildete dabei eine Ausnahme mit seinen besonders ausgeprägten und wiederholt auftretenden Inversionslagen⁴ von Januar bis März, welche schweizweit zu erhöhten Schadstoffbelastungen führten.

Ab 2007 steigen die Stickstoffdioxidkonzentrationen bis 2010 wieder leicht an um dann für 2011 und 2012 umso deutlicher wieder zu fallen. Diese Änderungen sind wohl zu einem grossen Teil eher wetterbedingt (2011 und 2012 waren meteorologisch gesehen speziell warme und sonnenreiche Jahre). Während sich die Jahresmittelwerte von 2011 und 2012 kaum unterscheiden, ist für 2013 für alle 13 Messorte eine Zunahme zu beobachten.

⁴ Üblicherweise nimmt die Lufttemperatur mit zunehmender Höhe über Meer ab, in bestimmten Fällen kann man aber eine sogenannte Temperaturinversion beobachten. Während solchen Wetterlagen trifft man in der Höhe, im Vergleich zur bodennahen Luft, auf eine wärmere Luftschicht. Durch diese Temperaturumkehr wird der vertikale Austausch der Luft stark vermindert. Die in Bodennähe ausgestossenen Schadstoffe bleiben gefangen unter dieser Inversionsschicht, die somit wie ein Deckel wirkt. Solche Inversionslagen haben verschiedene meteorologische Gründe und treten unterschiedlich häufig und ausgeprägt während den Wintermonaten auf. Sie sind ein Grund, dass im Jahresverlauf die höchsten Konzentrationen von Luftschadstoffen während der Wintermonate gemessen werden.



2.8 Schlussfolgerung

Die Stickstoffdioxidkonzentrationen haben sich gegenüber dem Vorjahr an fast allen Messstandorten erhöht, im Durchschnitt um rund 7 %.

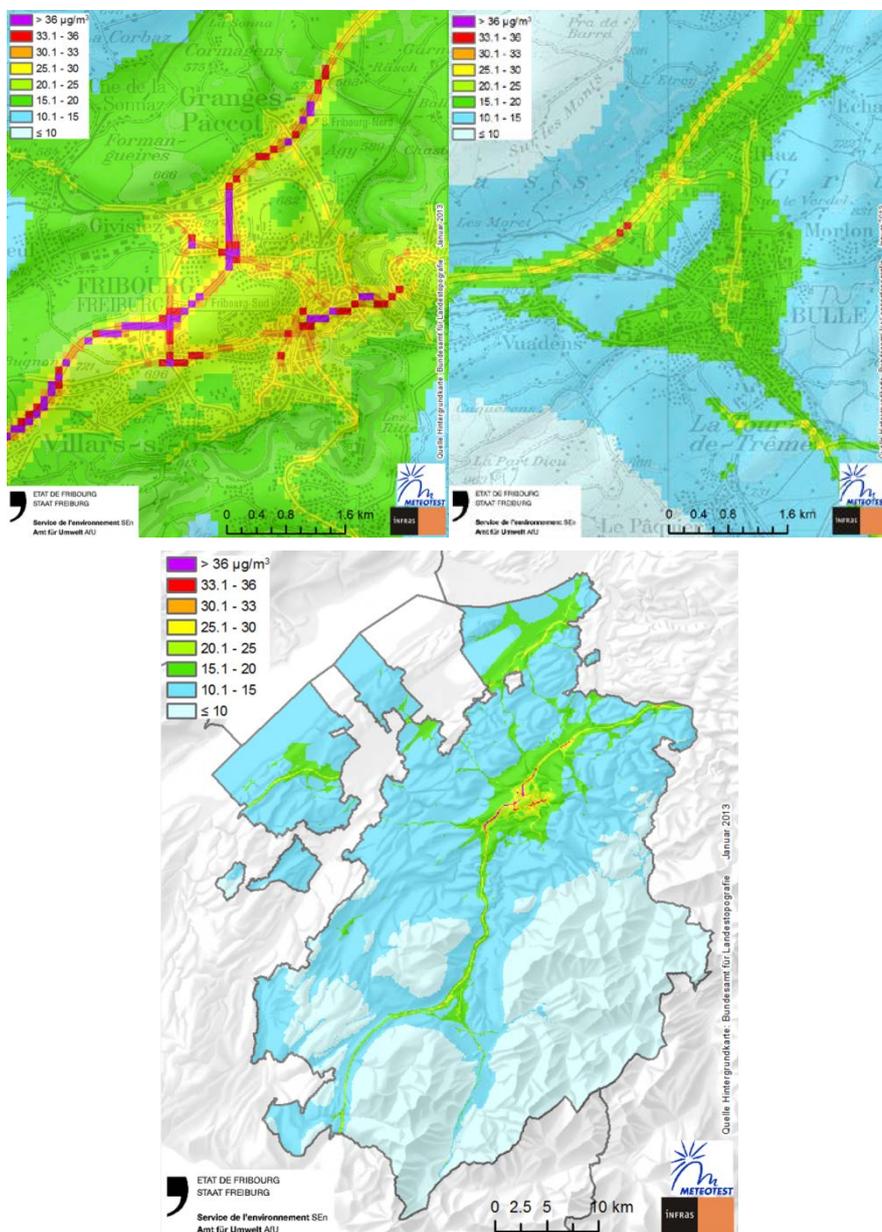
In der Agglomeration Freiburg und den regionalen Zentren, die von hohen Verkehrsmengen und ungünstigen Ausbreitungsbedingungen betroffen sind, wird der Immissionsgrenzwert für Stickstoffdioxid häufig und teilweise deutlich überschritten. Im Gegensatz dazu wird für weite Gebiete des Kantons Freiburg, die nicht unter dem direkten Einfluss von Strassen oder Industrieanlagen 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 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 ⁵			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	
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	
Bulle	Pl. du Tilleul	570'810	163'020	770	2	B	b	27	27	28	27	27	24	24		24									
Bulle	Rue 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	
Bulle	Rue de Vevey	570'690	162'915	770	2	B	c		35		32		33		32		35				29	25	27	29	
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	
Bulle	H 189 Planchy	569'704	164'019	775	2	B	b														24	23	28	28	
Bulle	H 189 Pâla	569'923	162'882	785	2	B	b														22	20	22	24	
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	
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	
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	
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	40	
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	
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	
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	
Fribourg	Rue de Chante-merle	577'125	184'540	645	2	C	b	41		39		38		37		38		38	41	40	39		37		
Fribourg	Rue du Pont-Suspendu	579'060	183'889	580	1	C	d	44		40		40		39		38		36		37		32		35	
Fribourg	Joseph-Piller	578'376	184'006	630	1	B	c																	30	

⁵ Erklärungen zur Standortcharakteristik sind am Ende dieses Kapitels zu finden.

Ortschaft	Strasse, Ortsbezeichnung	x-Koordinate	y-Koordinate	Höhe ü. M. [m]	Standortcharakteristik ⁶			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	
Fribourg	Parc Domino	578'181	182'940	620	5	B	b																	17	
Givisiez	Rte d'Alcantara	576'306	184'275	655	2	C	b										31	29	30	32	33	29	32	33	
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	
Granges-Paccot	Rte de Morat	578'195	185'480	600	2	B	b								28	30	32	29	30	29		26	27	27	
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	
Misery	Le Haut du Mont	571'914	189'481	607	7	A	a	13	11	11	10	10		11	11	10	10	9	10	9	10	10	9	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
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
Villars-sur-Glâne	Cormanon-Centre	577'760	182'487	685	2	B	b											30	32	32	33	28	31	34	
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
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 Erklärungen zur Standortcharakteristik sind am Ende dieses Kapitels zu finden.

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

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.

Projektleitung

Amt für Umwelt AfU
Sektion Luftreinhaltung

SEn AfU | 2013 | BS

Auskünfte

Amt für Umwelt AfU
Sektion Luftreinhaltung

Route de la Fonderie 2, 1701 Freiburg

T +26 305 37 60, F +26 305 10 02
sen@fr.ch, www.fr.ch/sen

<http://www.fr.ch/sen/de/pub/luft/stickstoffdioxid.htm>

Mai 2014