



Luftreinhaltung Überwachung der Luftschadstoffbelastung



Stickstoffdioxidmessungen mit Passivsammlern

Bericht 2009

Mai 2010

STICKSTOFFDIOXIDMESSUNGEN MIT PASSIVSAMMLERN

1. Einführung
2. Verlauf der Stickstoffdioxidbelastung zwischen 2000 und 2009
3. Kantonale Immissionskarte für das Jahr 2000
4. Übersicht über alle Messungen seit 1997

Verdankung

1. EINFÜHRUNG

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

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.

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 Energie stammt, in einer chemischen Reaktion mit einem oxidierenden Gas, vor allem Ozon (O_3).

Die Emissionen¹ von Stickoxiden stammen im Kanton Freiburg grösstenteils aus dem Motorfahrzeugverkehr (56 % im Jahre 2000). Der Anteil der Verkehrsemissionen hat seit der Einführung des Katalysators abgenommen und betrug in den 80er Jahren noch rund 90 %.

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 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 muss.

Übermässig sind Immissionen³, die einen oder mehrere Immissionsgrenzwerte nach Anhang 7 der LRV überschreiten. Für Stickstoffdioxid sind sie 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 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 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 nicht eingehalten ist. Liegt der Jahresmittelwert jedoch unterhalb des Grenzwertes, so ist der Grenzwert für Tagesmittelwerte im Allgemeinen auch nicht überschritten.

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. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es sich um eine einfache und kostengünstige Methode handelt, welche eine durchaus akzeptable Genauigkeit aufweist (ungefähr 15 bis 20 %).

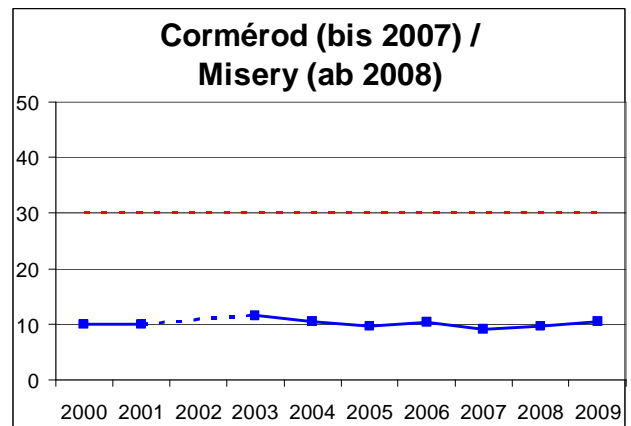
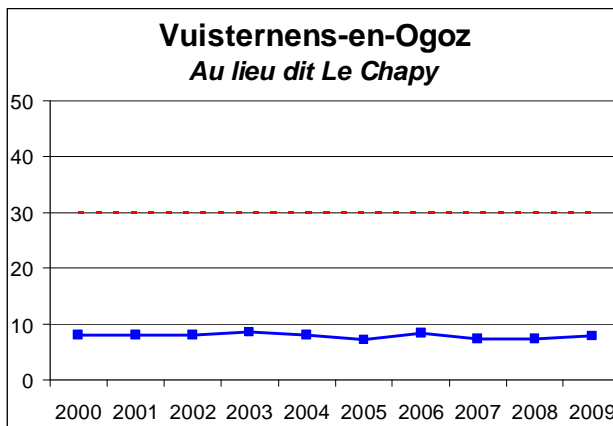
Gewisse Parameter der Messmethode haben im Verlaufe der Jahre Änderungen erfahren. Insbesondere ist ein Wechsel des Labors im Jahre 1997 zu erwähnen. Daraus ergibt sich eine gewisse Diskontinuität in der Messreihe. Der vorliegende Bericht beschränkt sich deshalb für die Übersichtstabelle am Schluss dieses Dokuments auf die Messresultate ab 1997, nach dem Vollzug des Laborwechsels.

2. VERLAUF DER STICKSTOFFDIOXIDBELASTUNG ZWISCHEN 2000 UND 2009

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.

Ländliche Situation, Hintergrundkonzentration

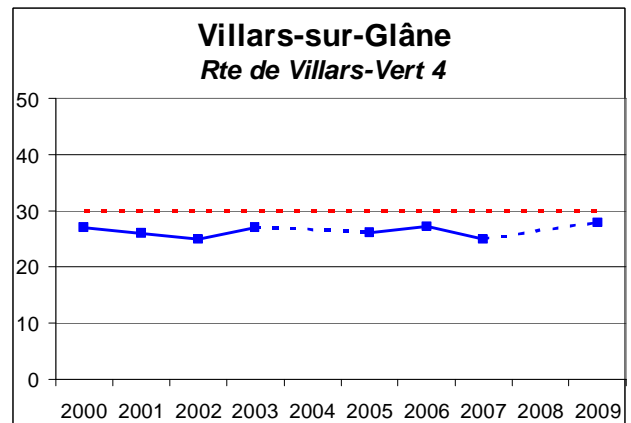
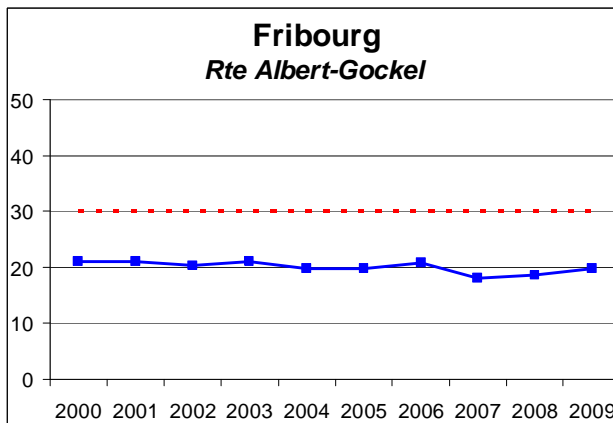
In ländlichen Gebieten, abseits von jeglichen Schadstoffquellen, ist der Immissionsgrenzwert deutlich eingehalten.



Der Standort Cormérod wurde im Verlaufe 2008 aus technischen Gründen aufgehoben und durch einen neuen Standort im nahe gelegenen Misery ersetzt. Am Standort Misery wurden 2008 und 2009 mit rund $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel ähnlich hohe Stickstoffdioxidkonzentrationen gemessen wie in den vorhergehenden Jahren in Cormérod.

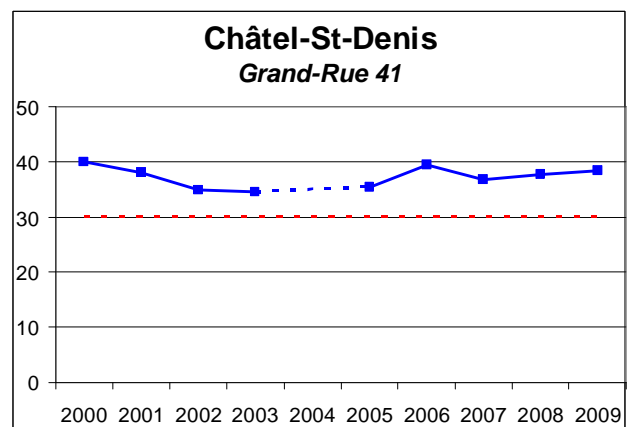
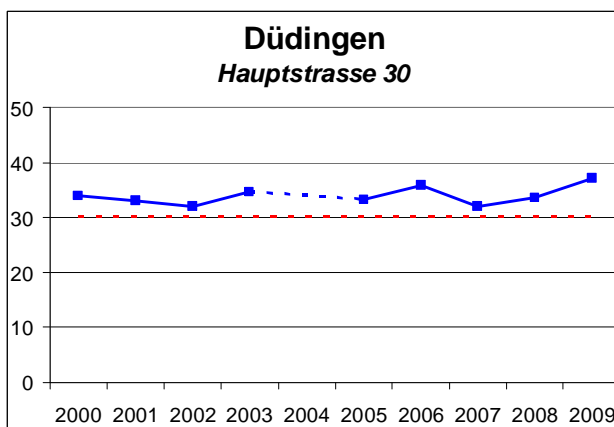
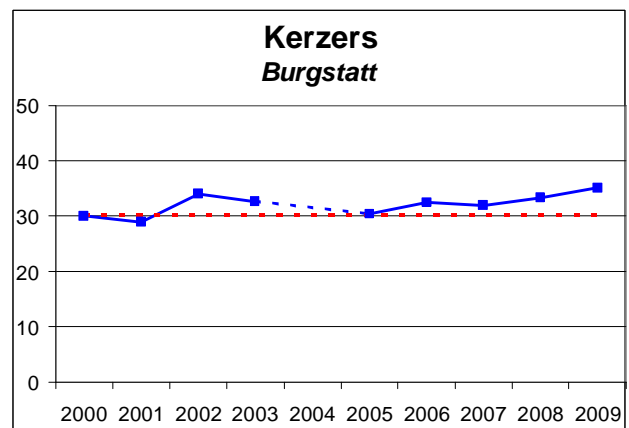
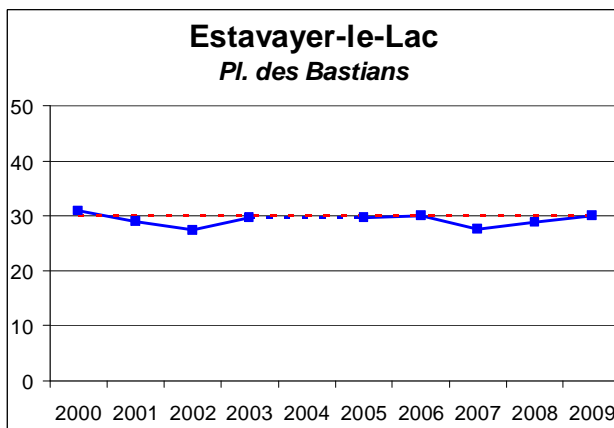
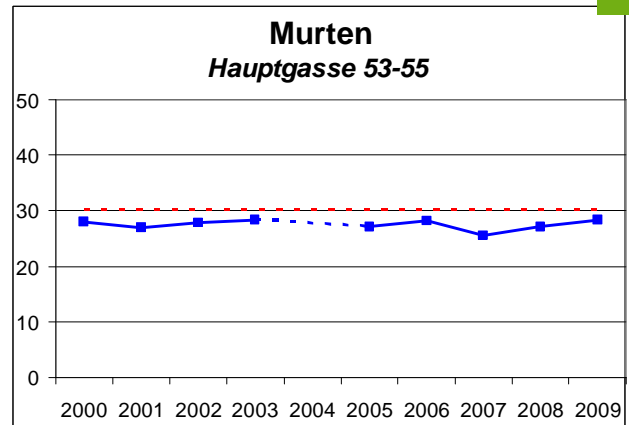
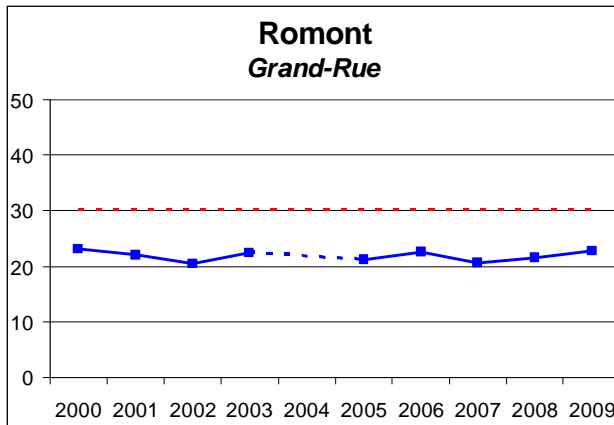
Agglomeration oder Stadt, Hintergrundkonzentration

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



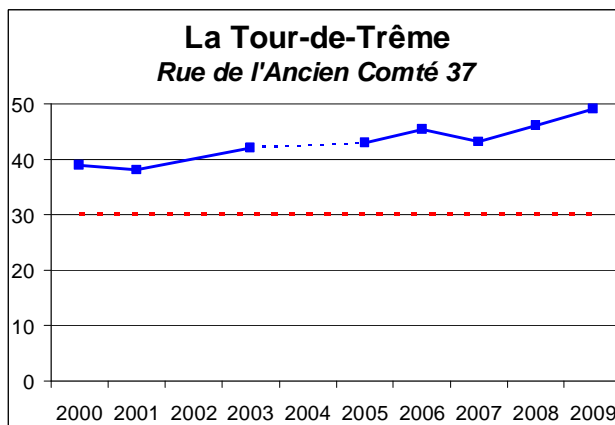
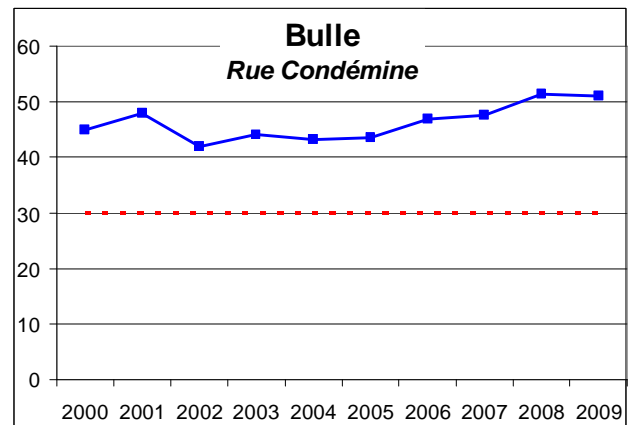
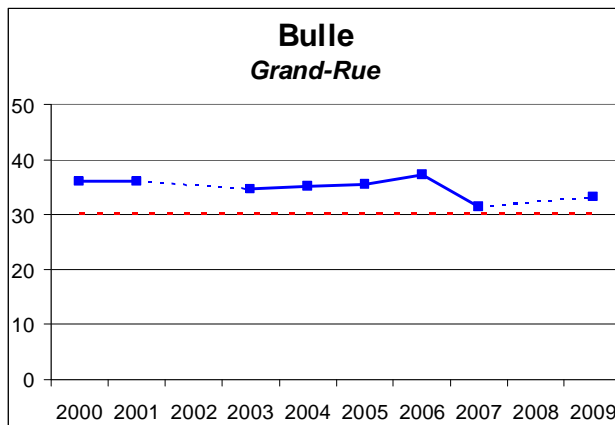
Regionale Zentren

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. Die Stickstoffdioxidbelastung befindet sich somit häufig nahe dem Immissionsgrenzwert von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Agglomeration Bulle

Wie bereits 2007 und 2008 war in Bulle auch das Jahr 2009 geprägt durch die bedeutende Umgestaltung des öffentlichen Raumes in der Innenstadt. Aus diesem Grund mussten die Messungen an der Grand-Rue für das Jahr 2008 ausgesetzt werden. Diese Umgestaltungsarbeiten scheinen zu Veränderungen der Verkehrsflüsse geführt zu haben. Eine Umlagerung des Verkehrs von der Innenstadt auf die peripherer gelegene Rue Condémine ist die plausibelste Erklärung für die Abnahme der Konzentration an der Grand-Rue und für die Zunahme an de Rue Condémine. Da La Tour-de-Trême hingegen nicht von Verkehrsumlagerungen betroffen sein sollte, muss die dortige deutliche Konzentrationszunahme mit einem generellen Anstieg des Verkehrs erklärt werden.

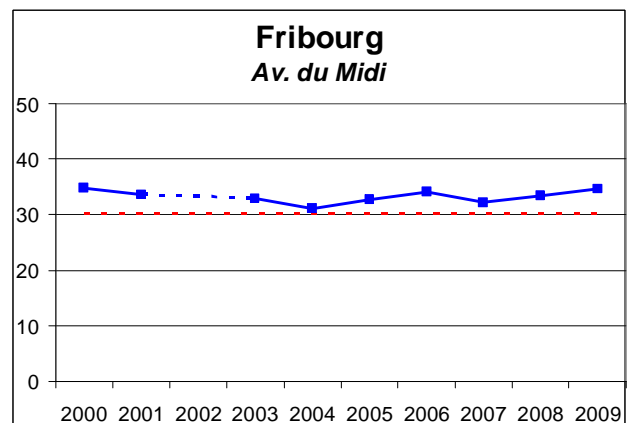
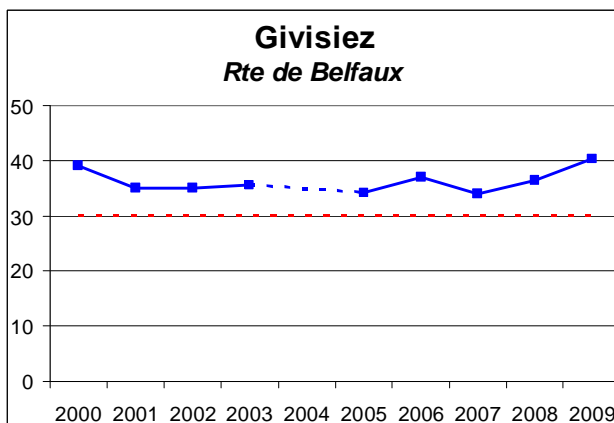
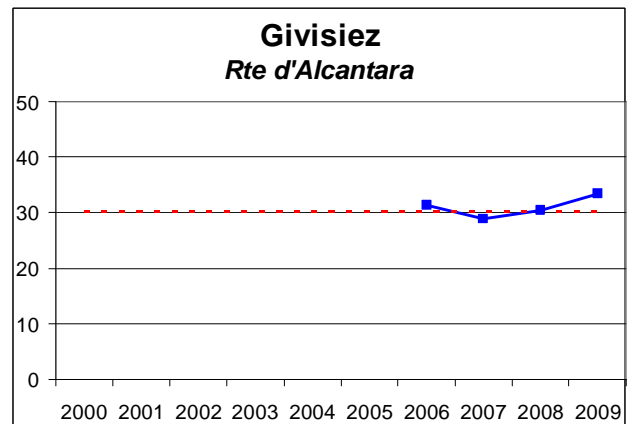
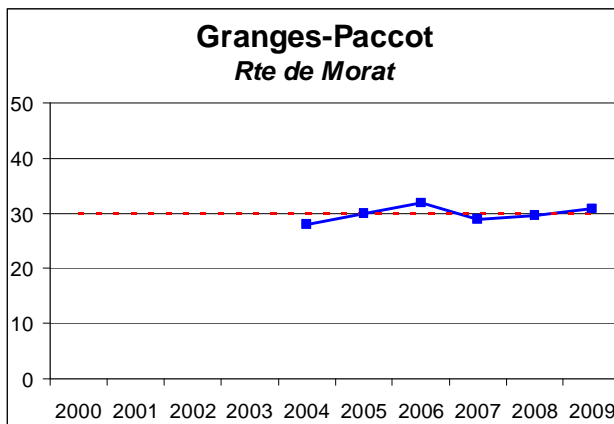


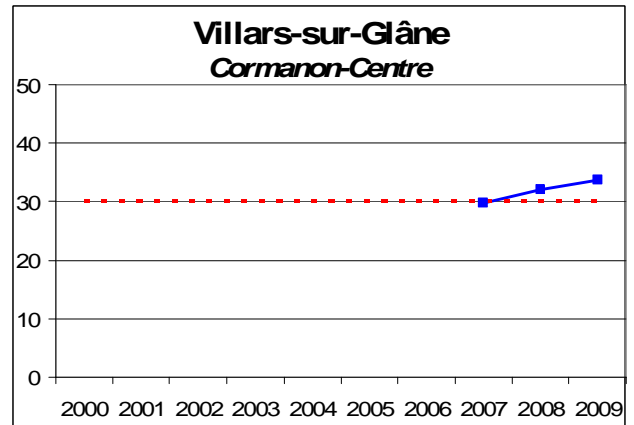
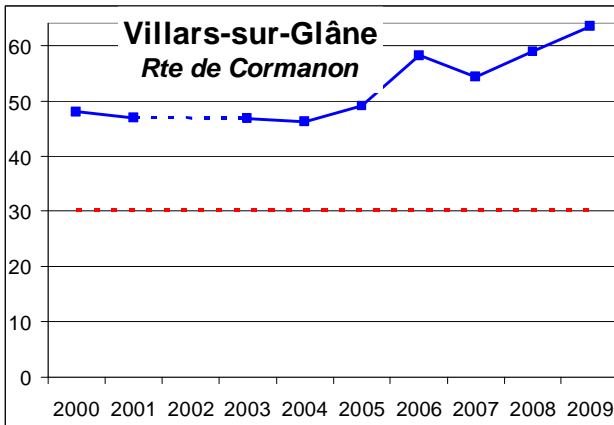
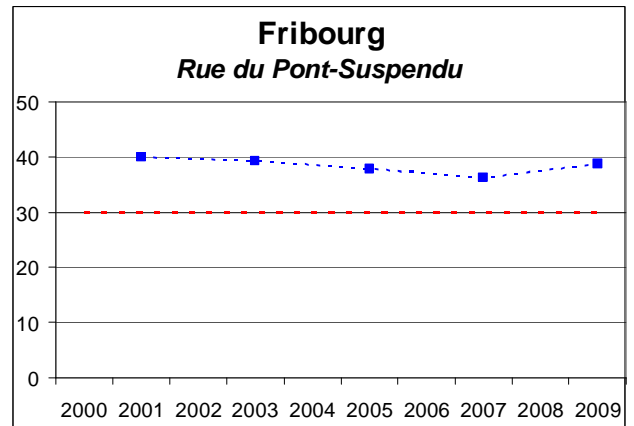
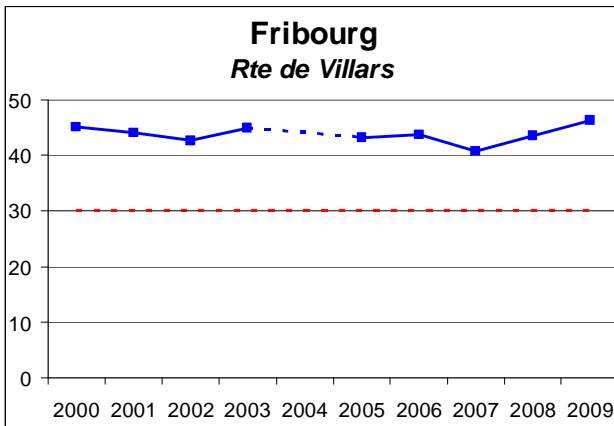
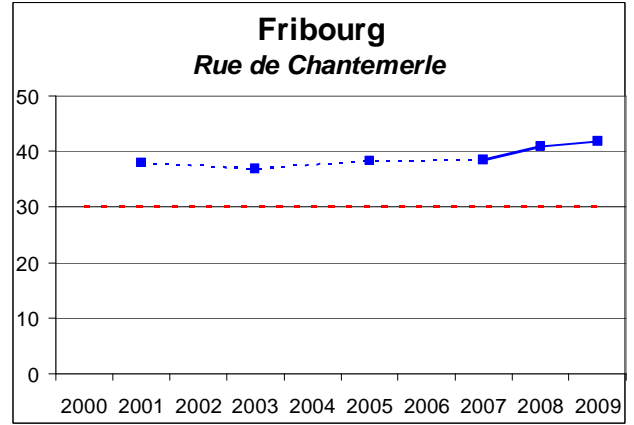
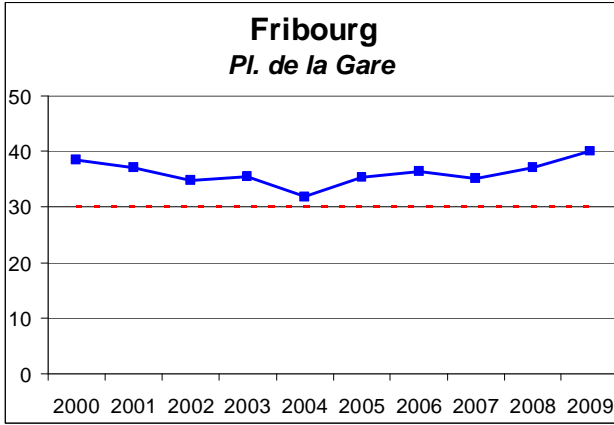
Agglomeration Freiburg, verkehrsbelastet

Die beiden gut durchlüfteten Standorte Route de Morat in Granges-Paccot (auf der Höhe des Einkaufszentrums Agy-Centre) und Route d'Alcantara in Givisiez (70 m nördlich des Einkaufszentrums Jumbo) weisen NO₂-Konzentrationen im Bereich des Immissionsgrenzwerts von 30 µg/m³ auf. Demgegenüber wurde der Immissionsgrenzwert an allen anderen verkehrsbelasteten Standorten der Agglomeration Freiburg während den letzten zehn Jahren stets überschritten.

Zu den Standorten Rue de Chantemerle und Rue du Pont-Suspendu ist zu bemerken, dass es sich hierbei um Messungen parallel zu jenen der beiden mobilen Messstationen des Amts für Umwelt handelt. Da diese Messstationen in der Regel alternierend zwischen zwei Standorten eingesetzt werden, liegen Resultate meist nur im Zweijahresrhythmus vor.

Die deutlichste Veränderung während der letzten Jahre wird weiterhin am Standort Route de Cormanon in Villars-sur-Glâne beobachtet. Die sprunghafte Konzentrationszunahme 2006 kann mit der provisorischen Sperrung der Route de Condoz sowie mit dem Verkehr während des Baus des Quartiers Cormanon-Ost erklärt werden. Diese Zunahme war aber nicht nur vorübergehend, sondern die Verkehrsmenge und der Verkehrsfluss scheinen sich bleibend verändert zu haben. Die erhöhten Werte an der Route de Cormanon sind aber sehr wahrscheinlich ein lokal begrenztes Phänomen, wie Parallelmessungen an derselben Strasse in nur 300 m Entfernung zeigen. So wurden 2007, 2008 und 2009 auf der Höhe des Einkaufszentrums Cormanon-Centre jeweils rund 46 % tiefere Jahresmittelwerte gemessen.

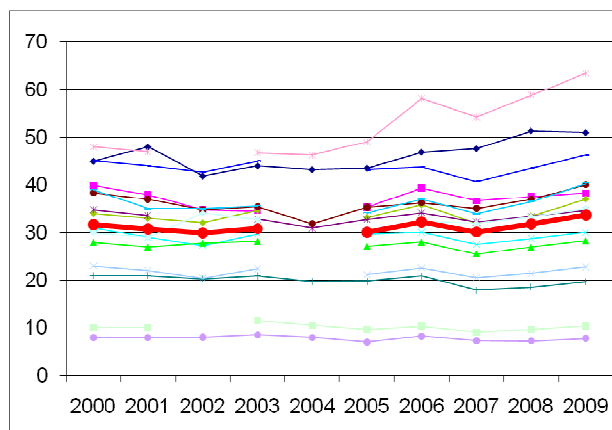




Das Jahr 2009

Der Standort Rue de Condémine in Bulle ist der einzige Standort, dessen Jahresmittelwert 2009 nicht höher ist als jener von 2008 (siehe auch Kommentar zur Agglomeration Bulle). Ansonsten haben die Konzentrationen von Stickstoffdioxid im Jahr 2009 im Vergleich zu 2008 überall und meist deutlich zugenommen. Für fast alle Standorte wurde das Jahr 2009 das Jahr mit der höchsten Belastung der letzten zehn Jahre. Somit bleibt an vielen Messorten der Immissionsgrenzwert von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nach wie vor überschritten.

Die nebenstehende Graphik zeigt die Jahresmittelwerte von Stickstoffdioxid (Angaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) jener 15 Messorte, für die zwischen 2000 und 2009 mindestens neun Jahresmittelwerte vorliegen (feine Linien). Die fett hervorgehobene Kurve zeigt die mittlere Entwicklung dieser 15 Messorte.



Im Jahresverlauf werden die höchsten Konzentrationen während der Wintermonate gemessen, im Sommer fallen die Stickstoffdioxid-Konzentrationen tiefer aus. Die Wintermonate sind charakterisiert durch wiederholte Phasen mit Inversionslagen. Während solchen Wetterlagen reichern sich die ausgestossenen Schadstoffe in Bodennähe an, da der Austausch mit der höher gelegenen, saubereren Luft verhindert ist. Mitte Januar 2009 wurde eine stark ausgeprägte, länger andauernde Inversionslage beobachtet, die zu sehr hohen Schadstoffkonzentrationen führte.

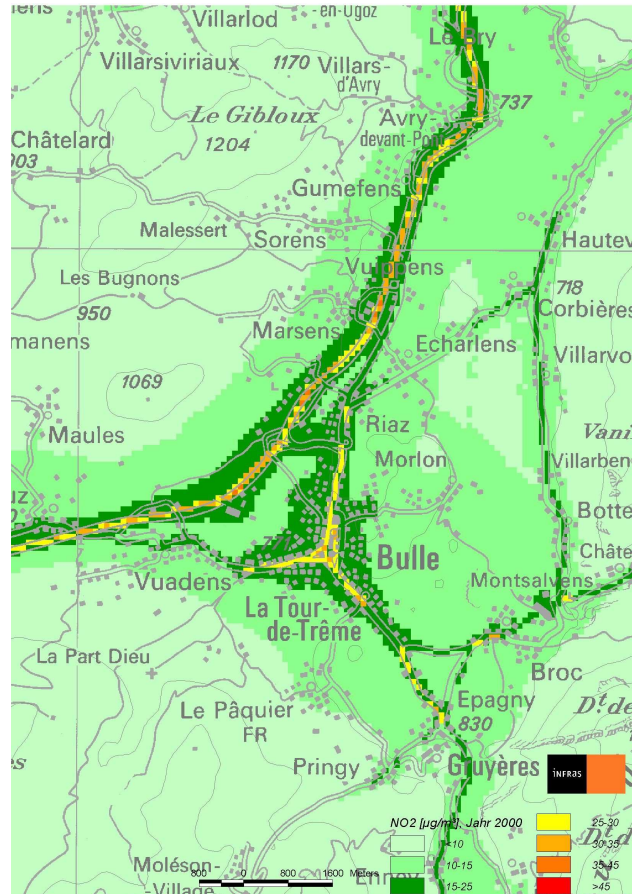
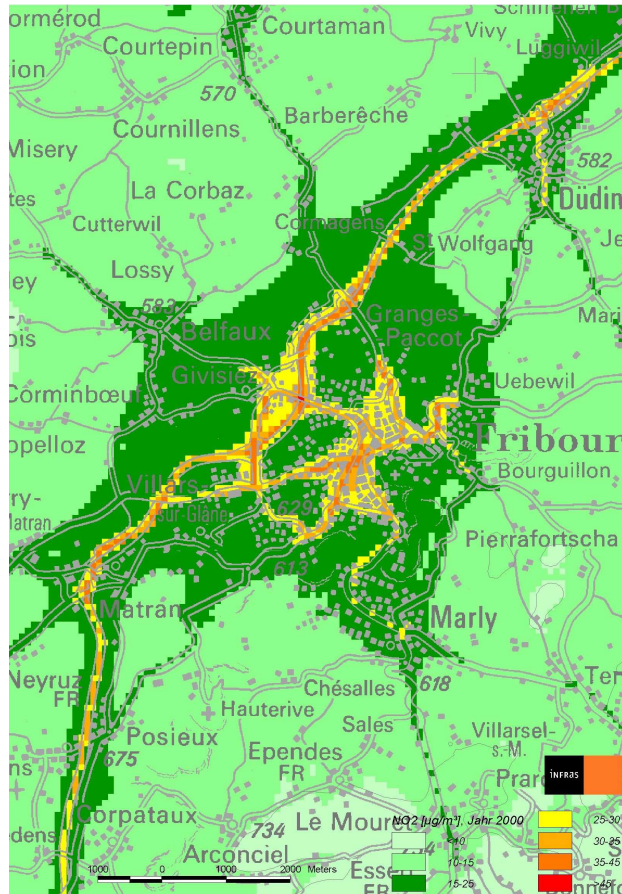
Zusammenfassung

Für weite Gebiete des Kantons Freiburg, die nicht unter dem direkten Einfluss von Strassen oder Industrieanlagen stehen, wird der Immissionsgrenzwert eingehalten. Im Gegensatz dazu überschreiten die Immissionen in den regionalen Zentren und der Agglomeration Freiburg, die unter hohen Verkehrsmengen und ungünstigen Ausbreitungsbedingungen leiden, den Grenzwert zum Teil deutlich.

3. KANTONALE IMMISSIONSKARTE FÜR DAS JAHR 2000

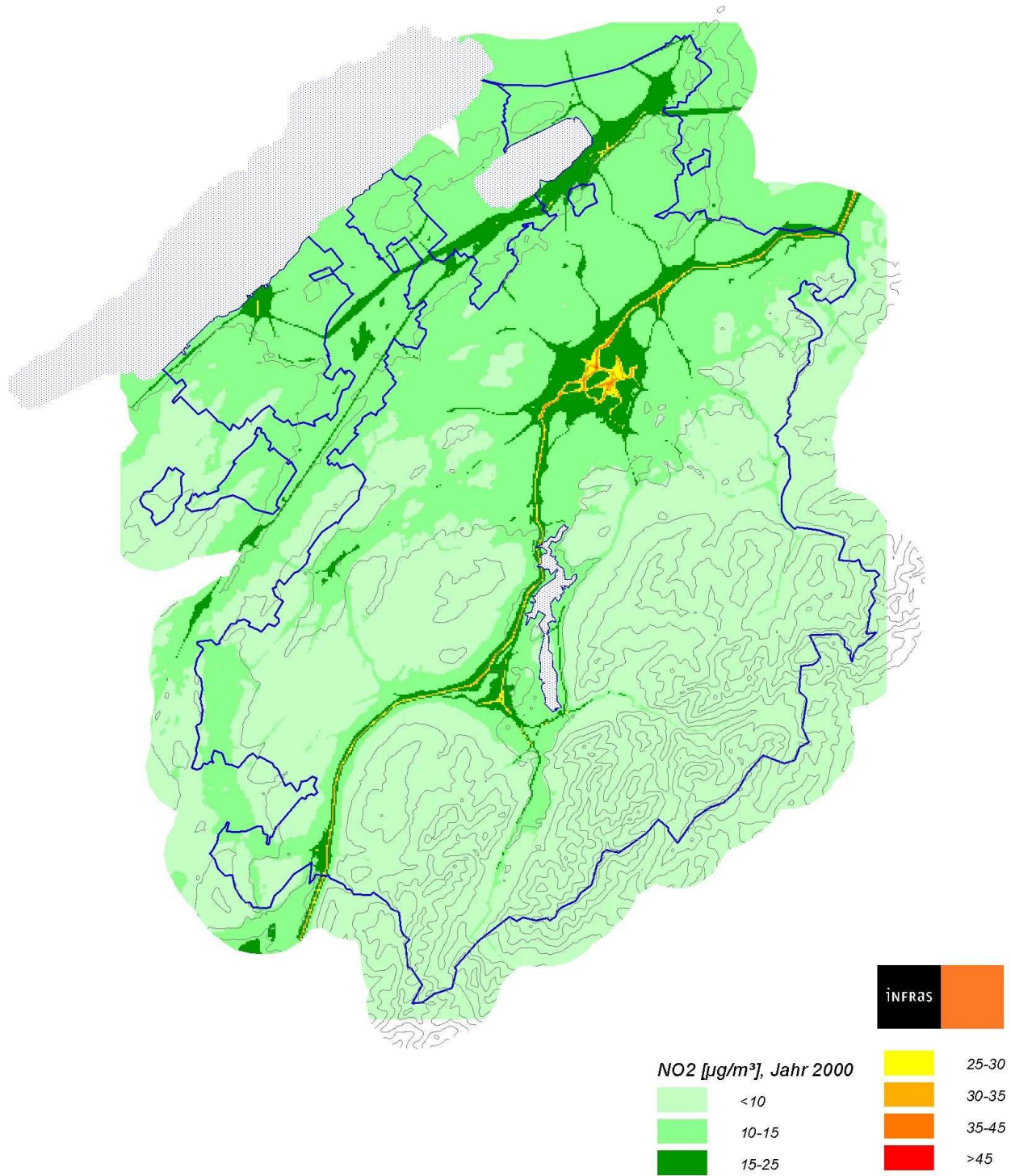
Auf der Basis der Stickstoffdioxid-Messungen konnte mittels eines Modells, das den verschiedenen chemisch-physikalischen Mechanismen in der Atmosphäre Rechnung trägt, eine kantonale Karte der NO₂-Immissionen für das Jahr 2000 erstellt werden.

Bei der Interpretation dieser Immissionskarte ist Vorsicht walten zu lassen. Man muss sich bewusst sein, dass die Auflösung des verwendeten Modells sich auf eine Hektare beschränkt; eine hohe lokale Belastung (z. B. in einer Strassenschlucht) kann somit nicht modelliert werden.



NO₂ [µg/m³], Jahr 2000





4. ÜBERSICHT ÜBER ALLE MESSUNGEN SEIT 1997

Ortschaft	Strasse, Ortsbezeichnung	x-Koordinate	y-Koordinate	Höhe ü. M. [m]	Standortcharakteristik ⁴			Jahresmittelwert von NO ₂ [µg/m ³]													
					Standort	Verkehr	Bebauung	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
Bulle	Grand-Rue	570'790	163'105	769	2	B	c	42	41	38	36	36		35	35	35	37	31		33	
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	51	
Bulle	Rue de Vevey	570'690	162'915	770	2	B	c		35		32		33		32		35				
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	49	
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	38	
Düdingen	Hauptstrasse 30	581'024	188'622	585	2	B	c			35	34	33	32	35		33	36	32	33	37	
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	30	
Fribourg	Av. du Midi	577'855	183'350	631	1	B	c			37	35	34		33	31	33	34	32	33	35	
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	40	
Fribourg	Rte Albert-Gockel	578'317	182'594	640	5	B	c	25	24	22	21	21	20	21	20	20	21	18	19	20	

⁴ Erklärungen zur Standortcharakteristik sind am Ende dieses Kapitels zu finden.

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
Fribourg	Rte de Villars	577'372	183'312	659	1	C	c			46	45	44	43	45		43	44	41	44	46
Fribourg	Rue de Chantermerle	577'125	184'540	645	2	C	b	41		39		38		37		38		38	41	42
Fribourg	Rue du Pont-Suspendu	579'060	183'889	580	1	C	d	44		40		40		39		38		36		39
Givisiez	Rte d'Alcantara	576'306	184'275	655	2	C	b									31	29	30	33	
Givisiez	Rte de Belfaux	576'430	184'916	621	2	B	b	37	39	38	39	35	35	36		34	37	34	37	40
Granges-Paccot	Rte de Morat	578'195	185'480	600	2	B	b								28	30	32	29	30	31
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	35
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	10
Murten	Hauptgasse 53-55	575'597	197'599	453	2	B	d			29	28	27	28	28		27	28	26	27	28
Murten	Ober Prehl	576'330	196'505	483	3	B	a				20	21	21	23	22	22				

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
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	23
Villars-sur-Glâne	Cormanon-Centre	577'760	182'487	685	2	B	b											30	32	34
Villars-sur-Glâne	Rte de Cormanon	577'002	182'421	677	2	B	c			48	48	47		47	46	49	58	54	59	64
Villars-sur-Glâne	Rte de Villars-Vert 4	576'373	183'137	700	6	A	b			27	27	26	25	27		26	27	25		28
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	8

⁶ Erklärungen zur Standortcharakteristik sind am Ende dieses Kapitels zu finden.

Erklärungen zur Standortcharakteristik der Messorte

Gemäss den Empfehlungen zur Immissionsmessung von Luftfremdstoffen vom 1. Januar 2004 vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.

Standorttypen

Nr.	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, überhalb 1000 m.ü.M. # – Hintergrund	0 – 5'000
9	Hochgebirge	

Inversionslage

Dabei bedeutet:

strassennah Strassen als Hauptemissionsquelle
 Industriezone Industrieanlagen als Hauptemissionsquelle
 Hintergrund weder durch Strassen noch durch Industrieanlagen dominierte Immissions-situation

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

Verkehrsbelastung

	Verkehrsbelastung	DTV
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

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
Route de la Fonderie 2
1701 Freiburg

Fachliche Unterstützung
(Immissionskarte Stickstoffdioxid)

Infras
Mühlemattstr. 45, 3007 Bern



SEn · AfU | 2010 | BS

Auskünfte

Amt für Umwelt (AfU), Sektion Luftreinhaltung

Rte de la Fonderie 2, 1701 Freiburg, Tel.026 305 37 60 / Fax 026 305 10 02

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