

April 2008

**Luftreinhalung
Überwachung der Luft-
schadstoffbelastung**

**Stickstoffdioxid-
messungen
mit Passivsammlern**



Amt für Umwelt

Stickstoffdioxidmessungen mit Passivsammlern

1. Einführung
2. Verlauf der Stickstoffdioxidbelastung zwischen 1998 und 2007
3. Kantonale Immissionskarte für das Jahr 2000
4. Übersicht über alle Messungen seit 1998

Verdankung

Projektleitung

Fachliche Unterstützung
(Immissionskarte Stickstoffdioxid)



Amt für Umwelt (AfU)
Sektion Luftreinhaltung
Route de la Fonderie 2
1700 Freiburg

Infras
Mühlemattstr. 45, 3007 Bern

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 (Fixstation), Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Ozon sowie Feinstaub (mobile Stationen). 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.

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.

Übermässig sind Immissionen³, die einen oder mehrere Immissionsgrenzwerte nach Anhang 7 der LRV überschreiten. Für Stickstoffdioxid sind sie folgendermassen definiert:

Jahresmittelwert:	30 µg/m ³
24-h-Mittelwert:	80 µg/m ³ (darf höchstens einmal im Jahr überschritten werden)

Die Erfahrung zeigt, dass der Immissionsgrenzwert von 30 µg/m³ 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 %).

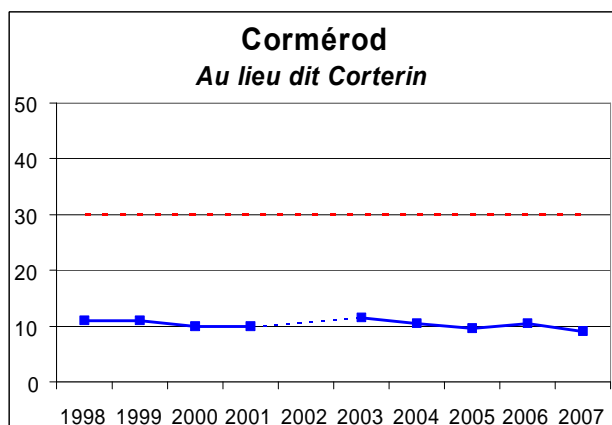
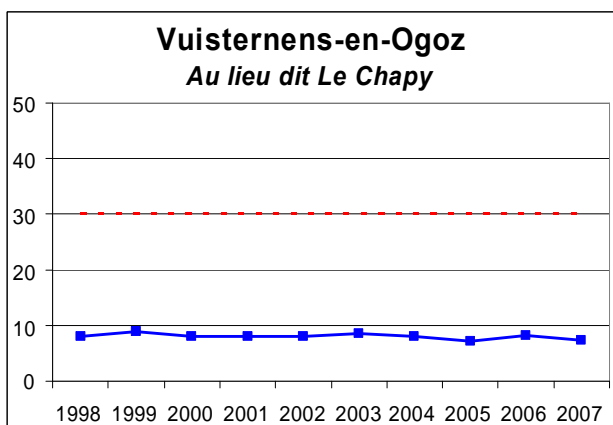
³ Immission: Luftverunreinigungen am Ort ihres Einwirkens auf Menschen, Tiere, Pflanzen, Böden und Sachgüter.

2. Verlauf der Stickstoffdioxidbelastung zwischen 1998 und 2007

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.

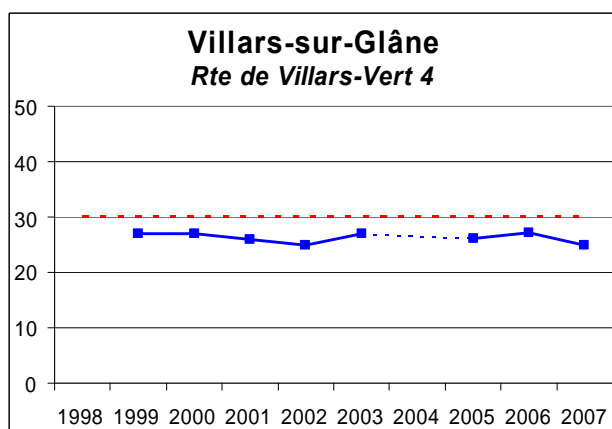
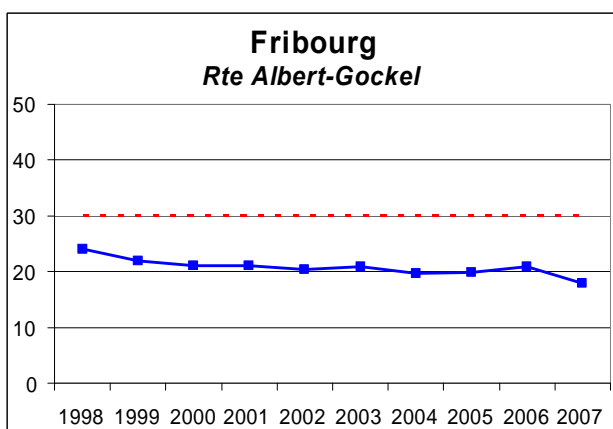
Ländliche Situation, Hintergrundkonzentration

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



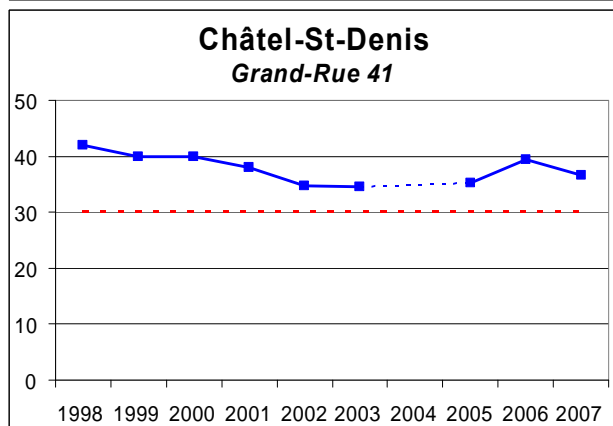
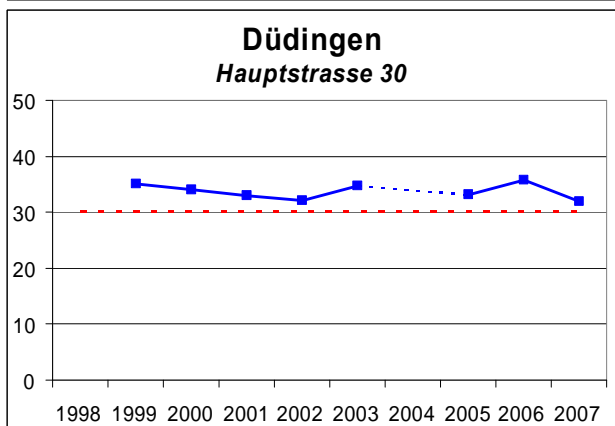
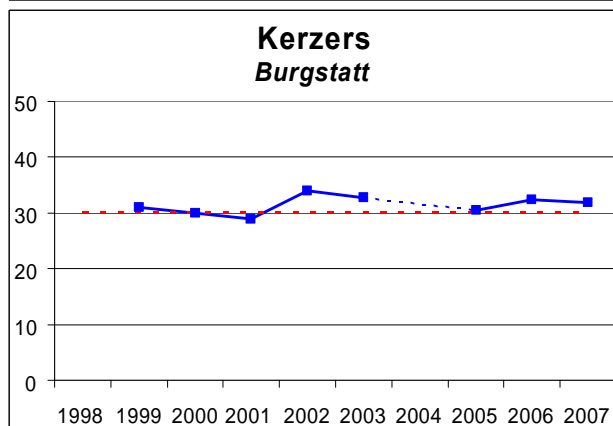
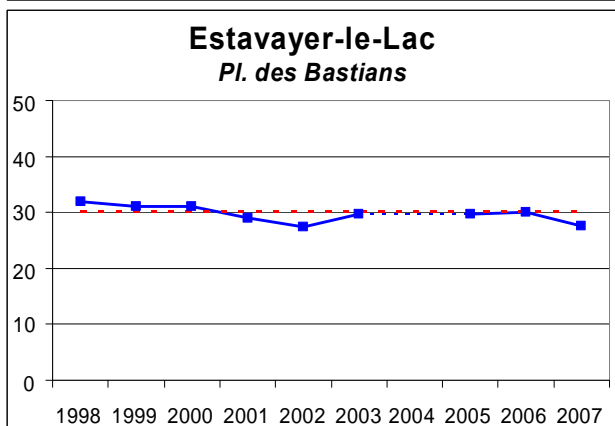
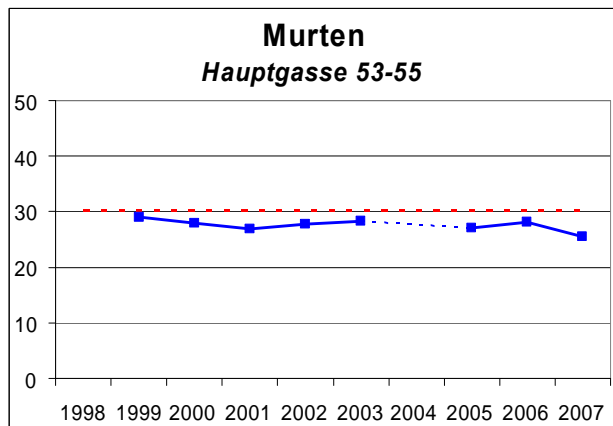
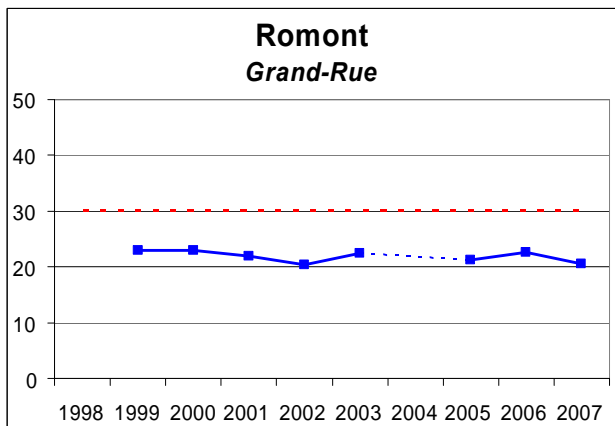
Agglomeration oder Stadt, Hintergrundkonzentration

In Ortschaften mit mehr als 5'000 Einwohner hat sich die Hintergrundkonzentration (weder durch Strassen noch durch Industrieanlagen dominierte Immissionssituation) in den letzten Jahren auf einem Niveau unterhalb des Immissionsgrenzwertes stabilisiert.



Regionale Zentren

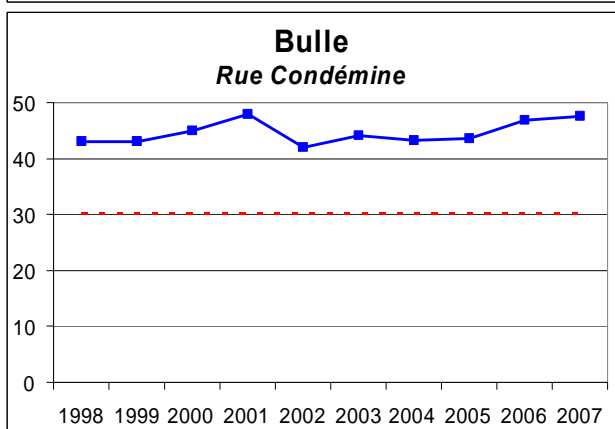
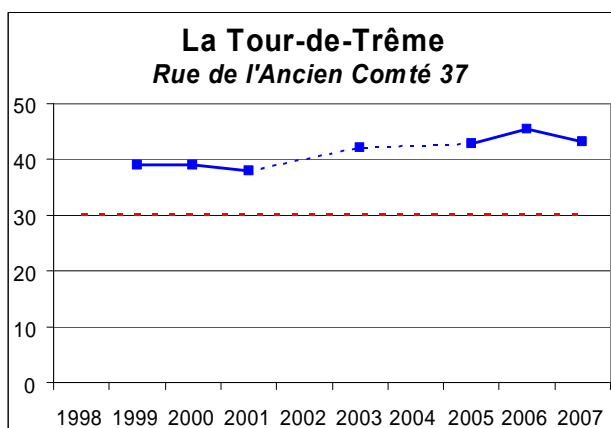
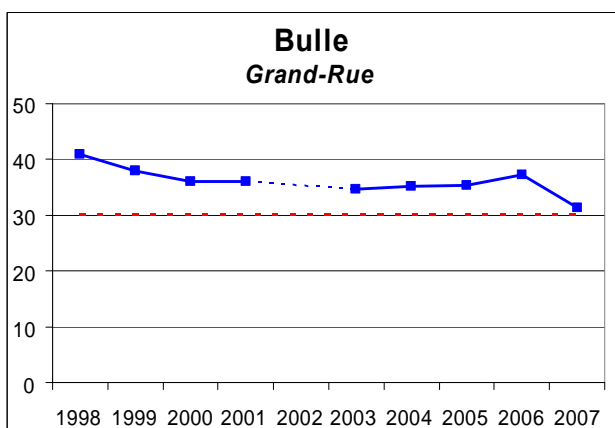
An Messorten mit einer Verkehrsbelastung von 5'000 bis 20'000 Fahrzeugen pro Tag sind in den meisten Fällen Konzentrationen zwischen 20 und 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ anzutreffen. Die Stickstoffdioxidbelastung befindet sich somit häufig nahe dem Immissionsgrenzwert von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Agglomeration Bulle

In Bulle war das Jahr 2007 geprägt durch den Beginn der Arbeiten einer bedeutenden Umgestaltung des öffentlichen Raumes in der Innenstadt. Diese Arbeiten scheinen zu Veränderungen der Verkehrsflüsse geführt zu haben. So fällt in der Grand-Rue die überdurchschnittliche Abnahme des Jahresmittelwertes 2007 auf und in der Rue Condémine die Zunahme der Konzentration.

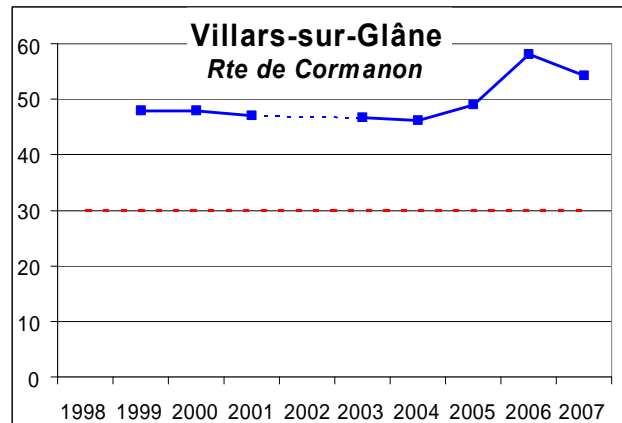
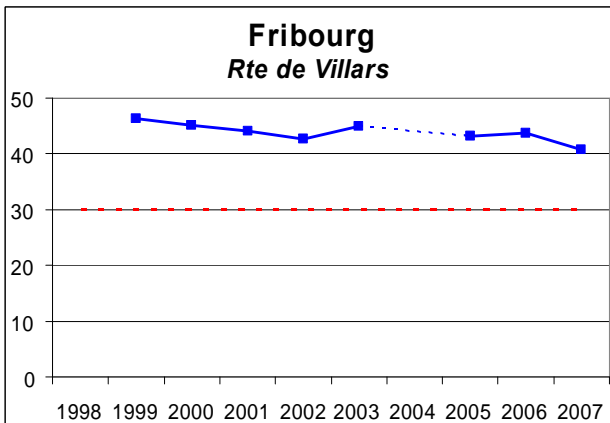
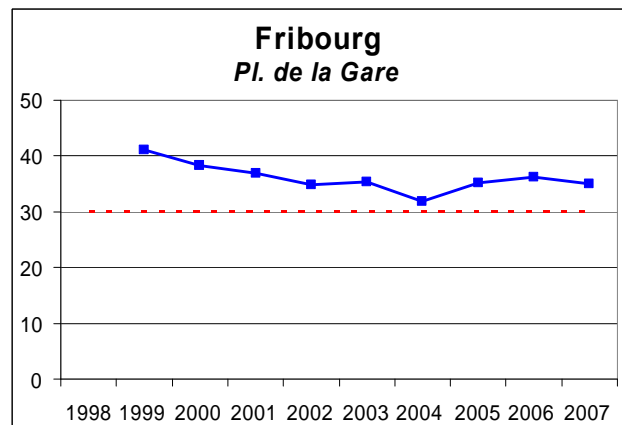
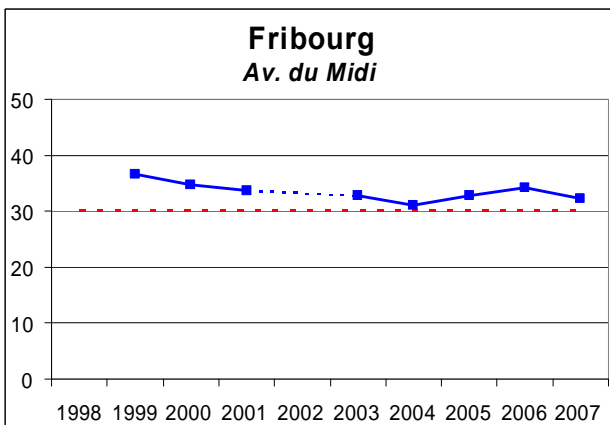
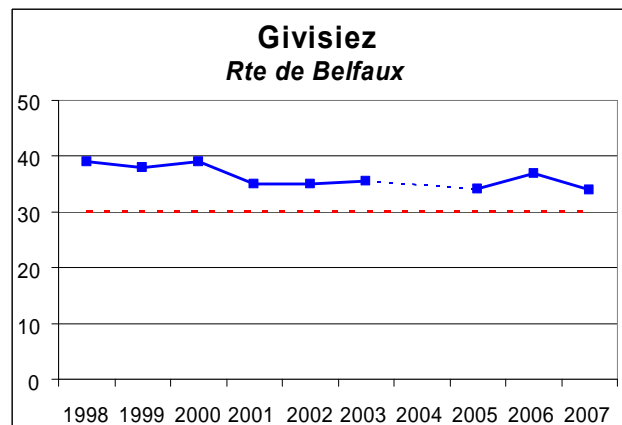
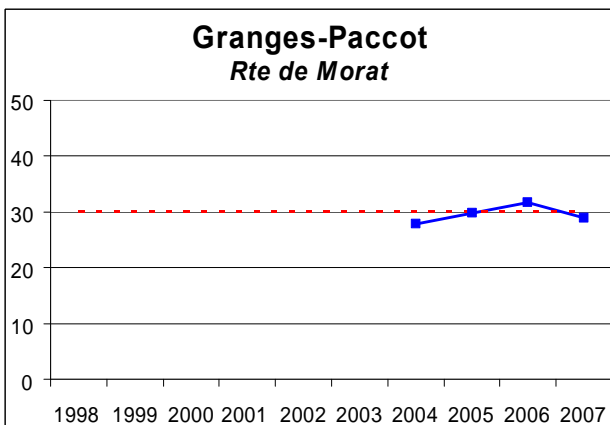
Zur Hauptverkehrsachse der Ortschaft La Tour-de-Trême, die Rue de l'Ancien Comté, ist zu bemerken, dass diese Strasse zusammen mit der Rue Condémine seit Beginn der 2000er Jahre eine steigende Tendenz aufzeigt, eine Tendenz, die in den anderen Ortschaften des Kantons Freiburg nicht zu beobachten ist.



Agglomeration Freiburg, verkehrsbelastet

Mit Ausnahme der gut durchlüfteten Route de Morat in Granges-Paccot (auf der Höhe des Einkaufszentrums Agy-Centre) überschreiten die Konzentrationen den Immissionsgrenzwert von 30 µg/m³ an allen verkehrsbelasteten Standorten der Agglomerationen Freiburg.

Besonders auffällig verhält sich der Standort Route de Cormanon in Villars-sur-Glâne. Die deutliche 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 wurde 2007 auf der Höhe des Einkaufszentrums Cormanon-Centre mit 30 µg/m³ ein um 44 % tieferer Jahresmittelwert ermittelt.



Das Jahr 2007

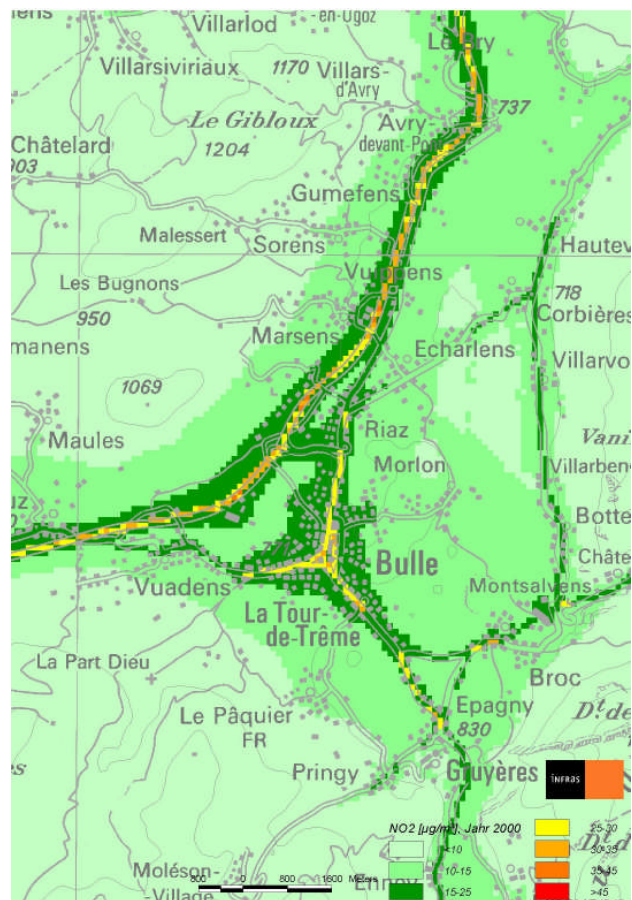
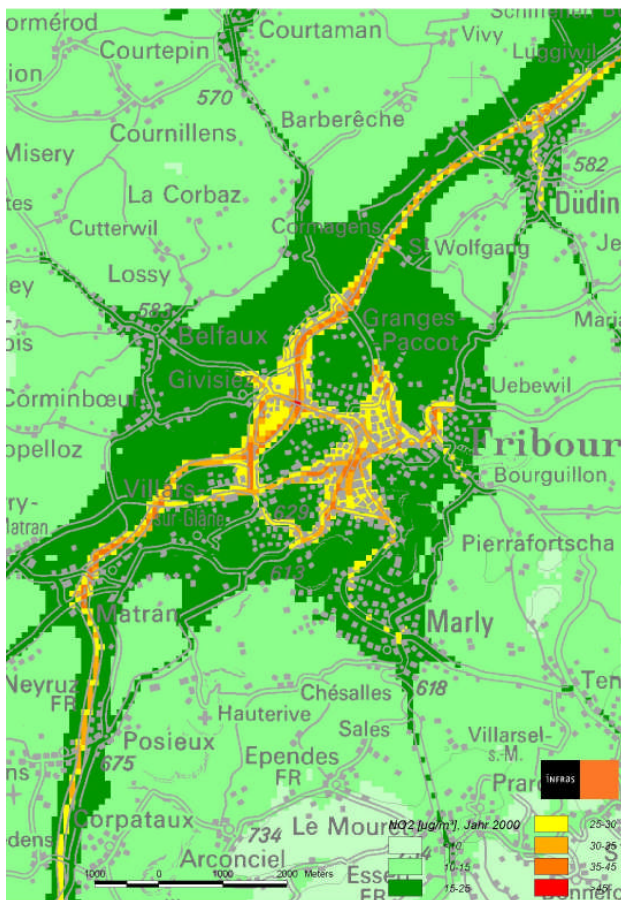
Die Konzentrationen von Stickstoffdioxid haben im Jahr 2007 im Vergleich zu 2006 mit einer Ausnahme (rue Condémine in Bulle) überall abgenommen. Im Durchschnitt sind für 2007 ähnliche Werte gemessen worden wie 2005, mit einer Tendenz zu leicht tieferen Werten als 2005. Allerdings wird für die meisten Messorte der Immissionsgrenzwert von 30 µg/m³ nach wie vor überschritten.

Die erhöhten Werte für 2006 können zu einem wesentlichen Teil auf die ausserordentlichen Witterungsverhältnisse der Monate Januar bis März 2006 zurückgeführt werden. Diese Monate waren charakterisiert durch wiederholte, länger andauernde Phasen mit ausgeprägten Inversionslagen. Während solchen Wetterlagen reichern sich die ausgestossenen Schadstoffe in Bodennähe an, da der Austausch mit der höher gelegenen, saubereren Luft verhindert ist.

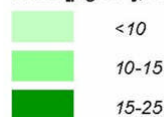
3. Kantonale Immissionskarte für das Jahr 2000

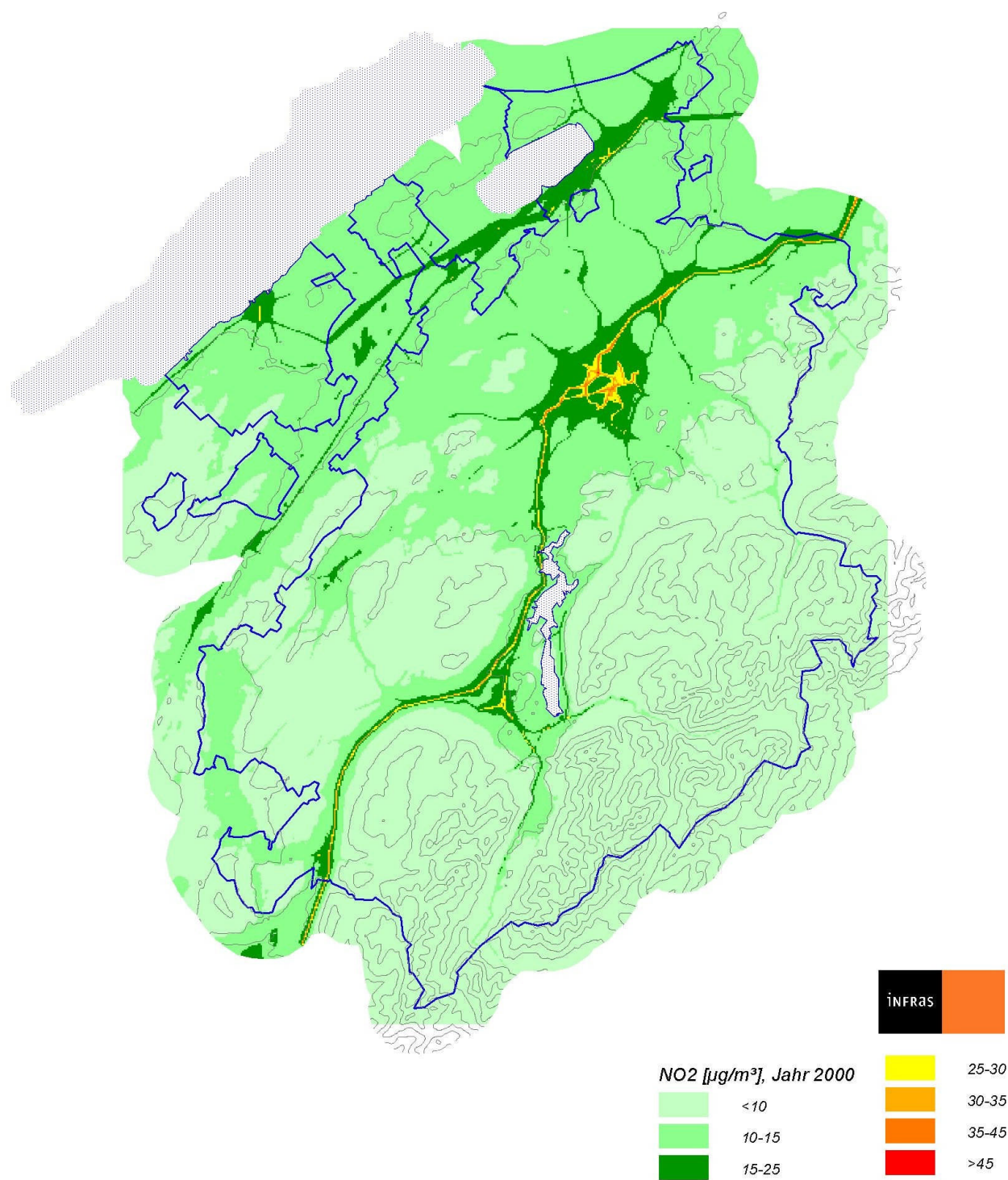
Auf der Basis der Stickstoffdioxid-Messungen konnte mittels eines Modells, das den verschiedenen chemisch-physikalischen Mechanismen in der Atmosphäre Rechnung trägt, eine kantonale Karte der NO₂-Immissionen für das Jahr 2000 erstellt werden.

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 1998

Ortschaft	Strasse, Ortsbezeichnung	x-Koordinate	y-Koordinate	Höhe ü. M. [m]	Standortcharakteristik ⁴			Jahresmittelwert von NO ₂ [µg/m ³]									
					Standort	Verkehr	Bebauung	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Bulle	Grand-Rue	570'790	163'105	769	2	B	c	41	38	36	36		35	35	35	37	31
Bulle	Pl. du Tilleul	570'810	163'020	770	2	B	b	27	28	27	27	24	24		24		
Bulle	Rue Condémine	570'986	163'242	755	2	B	c	43	43	45	48	42	44	43	44	47	48
Bulle	Rue de Vevey	570'690	162'915	770	2	B	c	35		32		33		32		35	
Châtel-St-Denis	Grand-Rue 41	558'805	153'090	815	2	B	d	42	40	40	38	35	35		35	39	37
Cormérod	Au lieu dit Corterin	573'287	190'186	590	7	A	a	11	11	10	10		11	11	10	10	9
Düdingen	Hauptstrasse 30	581'024	188'622	585	2	B	c		35	34	33	32	35		33	36	32
Estavayer-le-Lac	Pl. des Bastians	554'840	188'780	448	2	B	c	32	31	31	29	27	30		30	30	28
Fribourg	Av. du Midi	577'855	183'350	631	1	B	c		37	35	34		33	31	33	34	32
Fribourg	Av. L. Weck-Reynold	578'049	183'976	640	1	B	c	40		38		36		38		42	
Fribourg	Pl. de la Gare	578'104	183'607	625	1	B	c		41	38	37	35	35	32	35	36	35
Fribourg	Rte Albert-Gockel	578'317	182'594	640	5	B	c	24	22	21	21	20	21	20	20	21	18

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	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Fribourg	Rte de Villars	577'372	183'312	659	1	C	c		46	45	44	43	45		43	44	41
Fribourg	Rue de Chantermerle	577'125	184'540	645	2	C	b		39		38		37		38		38
Fribourg	Rue du Pont-Suspendu	579'060	183'889	580	1	C	d		40		40		39		38		36
Givisiez	Rte de Belfaux	576'430	184'916	621	2	B	b	39	38	39	35	35	36		34	37	34
Givisiez	Rte d'Alcantara	576'306	184'275	655	2	C	b									31	29
Granges-Paccot	Rte de Morat	578'195	185'480	600	2	B	b							28	30	32	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
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
Murten	Hauptgasse 53-55	575'597	197'599	453	2	B	d		29	28	27	28	28		27	28	26
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	

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	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Romont	Grand-Rue	560'157	171'798	755	2	B	c		23	23	22	20	22		21	23	21
Villars-sur-Glâne	Rte de Cormanon	577'002	182'421	677	2	B	c		48	48	47		47	46	49	58	54
Villars-sur-Glâne	Cormanon-Centre	577'760	182'487	685	2	B	b										30
Villars-sur-Glâne	Rte de Villars-Vert 4	576'373	183'137	700	6	A	b		27	27	26	25	27		26	27	25
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

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 – 25'0000
3	ländlich – strassennah	0 – 5'000
4	Industriezone	
5	Stadt – Hintergrund	> 25'000
6	Agglomeration – Hintergrund	5'000 – 25'0000
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 Immissionssituation

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.