

Mai 2007

**Luftreinhalung
Überwachung der Luft-
schadstoffbelastung**

**Stickstoffdioxid-
messungen
mit Passivsammlern**



Amt für Umwelt

Stickstoffdioxidmessungen mit Passivsammlern

1. Einführung
2. Verlauf der Stickstoffdioxidbelastung zwischen 1997 und 2006
3. Kantonale Immissionskarte für das Jahr 2000
4. Übersicht über alle Messungen seit 1997

Verdankung

Projektleitung

Fachliche Unterstützung
(Immissionskarte Stickstoffdioxid)



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

Infras
Mühlemattstr. 45, 3007 Bern

SEn · AfU | 2007 | BS
L:\6 Protection de l'air\62 Immissions et PM\621 Mesures\Données 2006\500
Rapports\530 Capteurs passifs\535 Rapports annuels\Bericht PaSa NO2
2006.doc

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 mit der Fixstation), Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid, Ozon sowie Feinstaub (mit den beiden mobilen 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 (chemische Formel: 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. Gegenwärtig betragen die maximalen Jahresmittelwerte von Stickstoffdioxid 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:

¹ Emission: Luftverunreinigung beim Austritt aus einer Anlage (z.B. Fahrzeug, Industriebetrieb, Heizung, Landwirtschaftsbetrieb)

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 den Menschen, die Tiere, die Pflanzen, den Boden und die Bauten.

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 (zwei Wochen).

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 %).

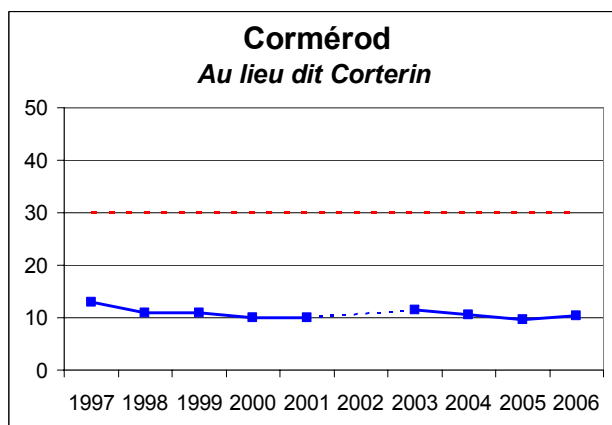
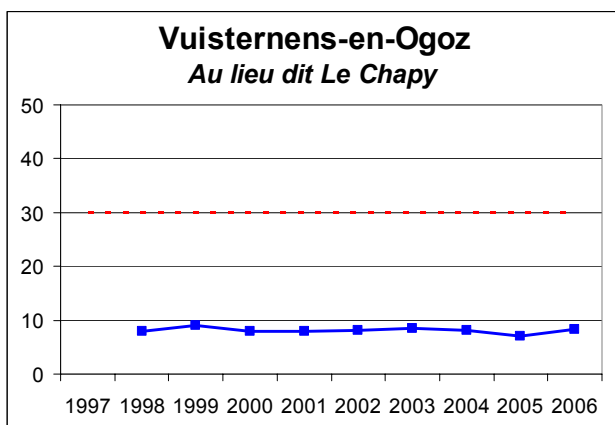
Einige Parameter der Messmethode haben im Verlaufe der Jahre Änderungen erfahren. Insbesondere ist ein Wechsel des Labors im Jahre 1997 zu erwähnen. Daraus ergibt sich eine gewisse Diskontinuität in der Messreihe. Der vorliegende Bericht beschränkt sich deshalb auf die Messresultate ab 1997, nach dem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

2. Verlauf der Stickstoffdioxidbelastung zwischen 1997 und 2006

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.

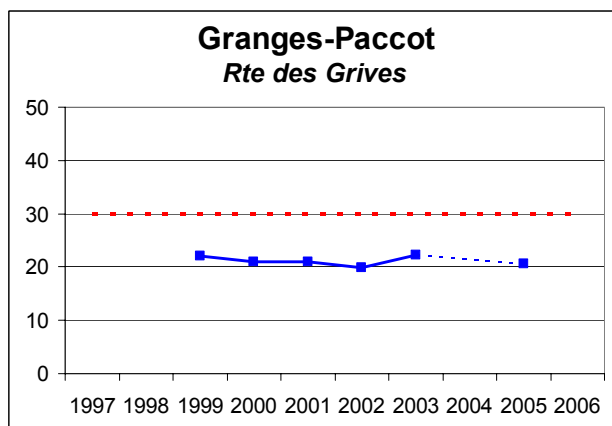
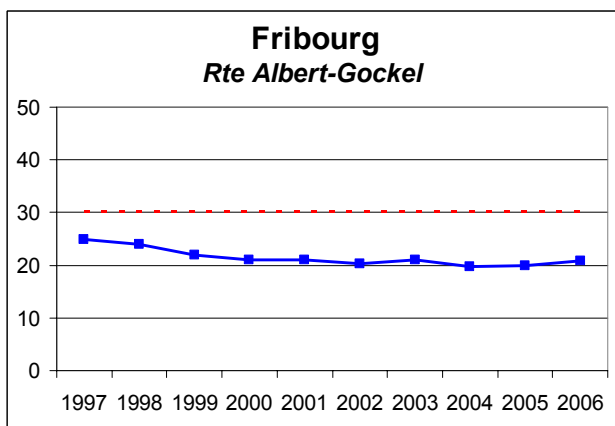
Ländliche Situation, Hintergrundkonzentration

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



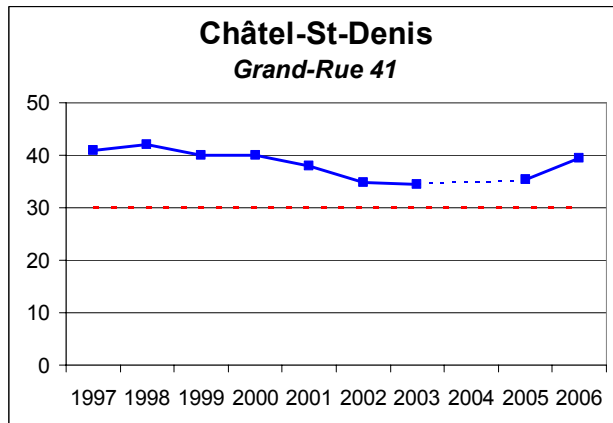
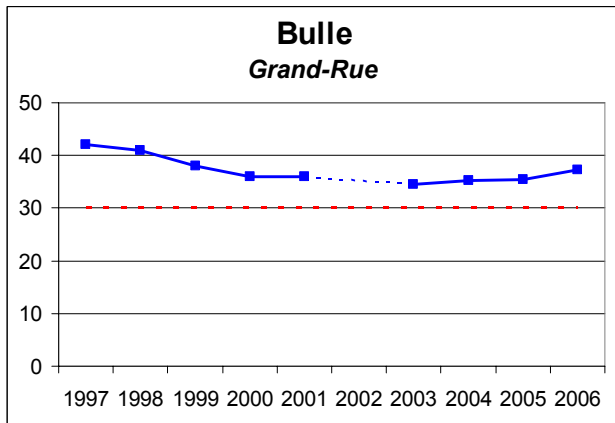
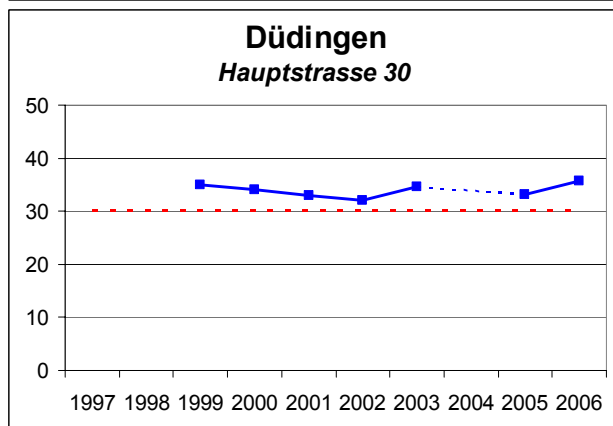
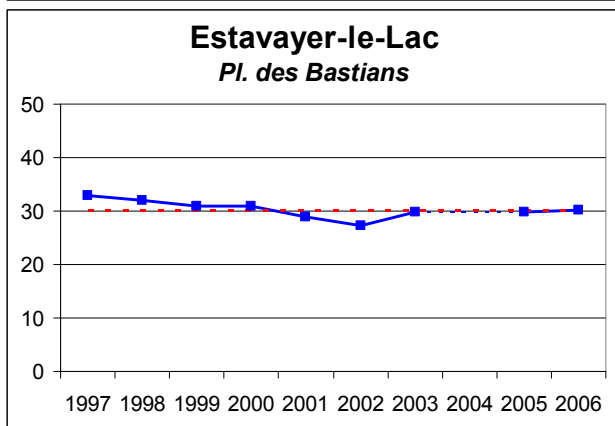
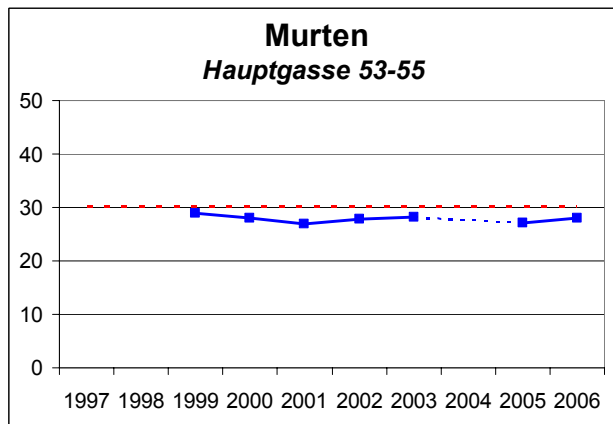
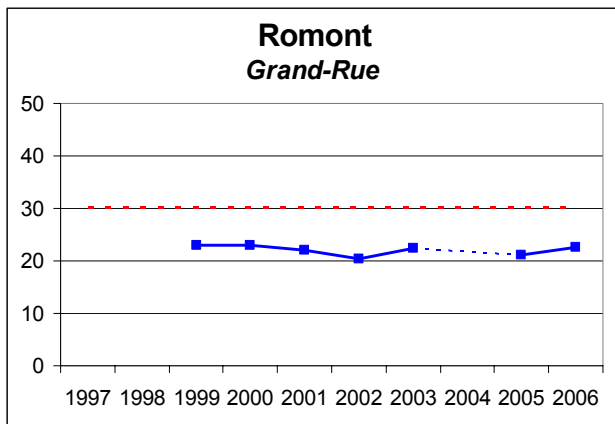
Agglomeration oder Stadt, Hintergrundkonzentration

In Ortschaften mit mehr als 5'000 Einwohner verringerte sich die Hintergrundkonzentration (weder durch Strassen noch durch Industrieanlagen dominierte Immissionssituation) in den 90er Jahren. In den letzten Jahren hat sich die Konzentration von Stickstoffdioxid dort auf einem Niveau unterhalb des Immissionsgrenzwertes stabilisiert.



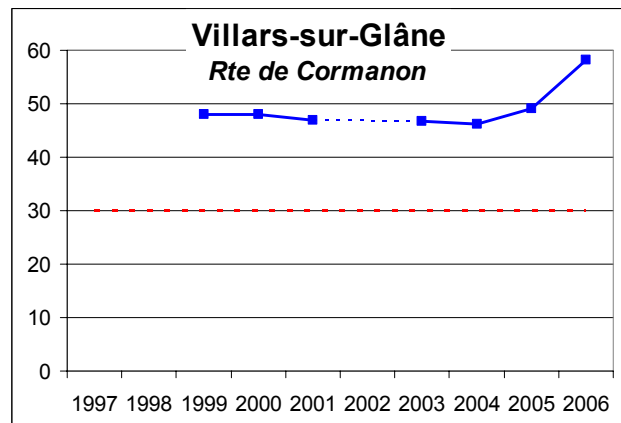
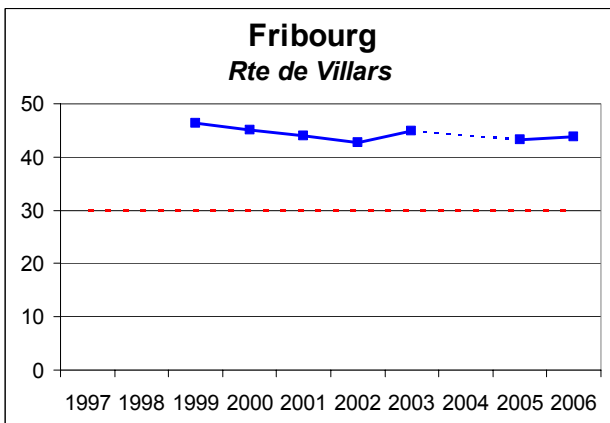
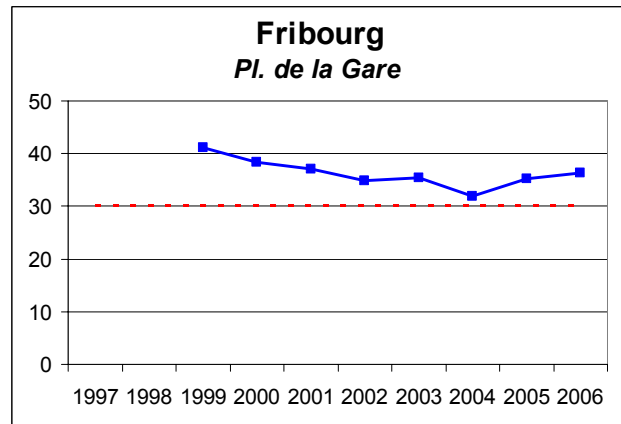
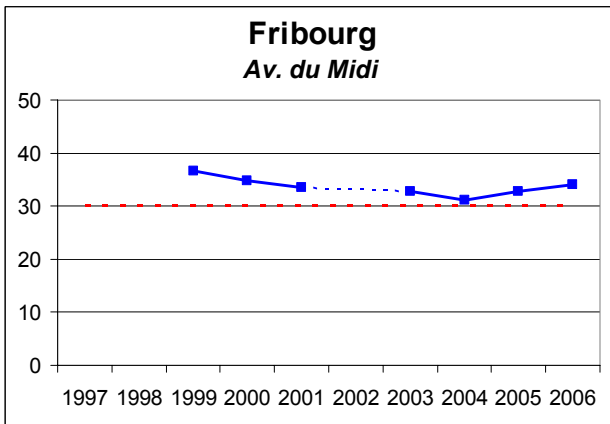
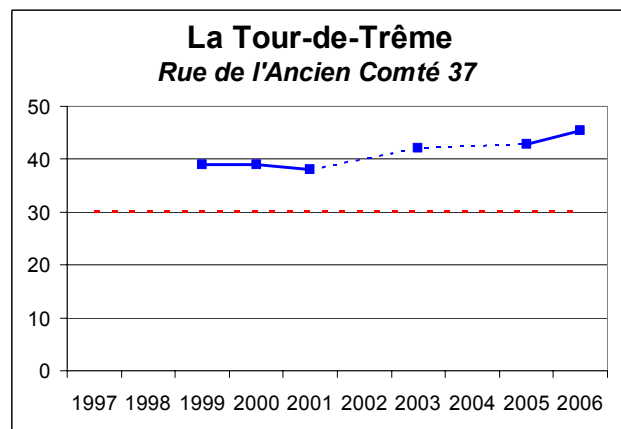
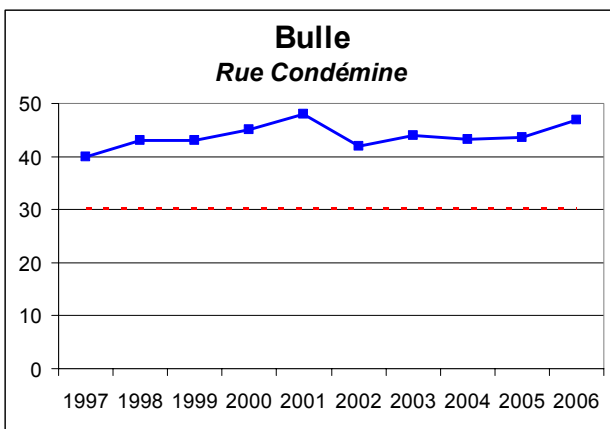
Regionale Zentren

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 im Bereich des Immissionsgrenzwertes.



Agglomerationen Bulle und Freiburg, verkehrsbelastet

An verkehrsbelasteten Standorten der Agglomerationen Bulle und Freiburg überschreiten die Konzentrationen den Immissionsgrenzwert. Die in den 90iger Jahren beobachtete Schadstoffreduktion setzt sich aber nicht mehr fort. An gewissen Standorten ist in den letzten zwei bis drei Jahren sogar eine Zunahme festzustellen. Besonders auffällig ist die sprunghafte Erhöhung von 49 auf 58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Standort Route de Cormanon in Villars-sur-Glâne, die vermutlich mit einer deutlich erhöhten Verkehrsbelastung zu erklären ist. Diese steht sehr wahrscheinlich im Zusammenhang mit der provisorischen Sperrung der Route de Condoz sowie dem Bausustellenverkehr während des Baus des Einkaufszentrums Cormanon-Centre. Die Zukunft wird zeigen, ob diese Zunahme nur vorübergehend ist, oder ob sich die Verkehrsströme bleibend verändert haben.



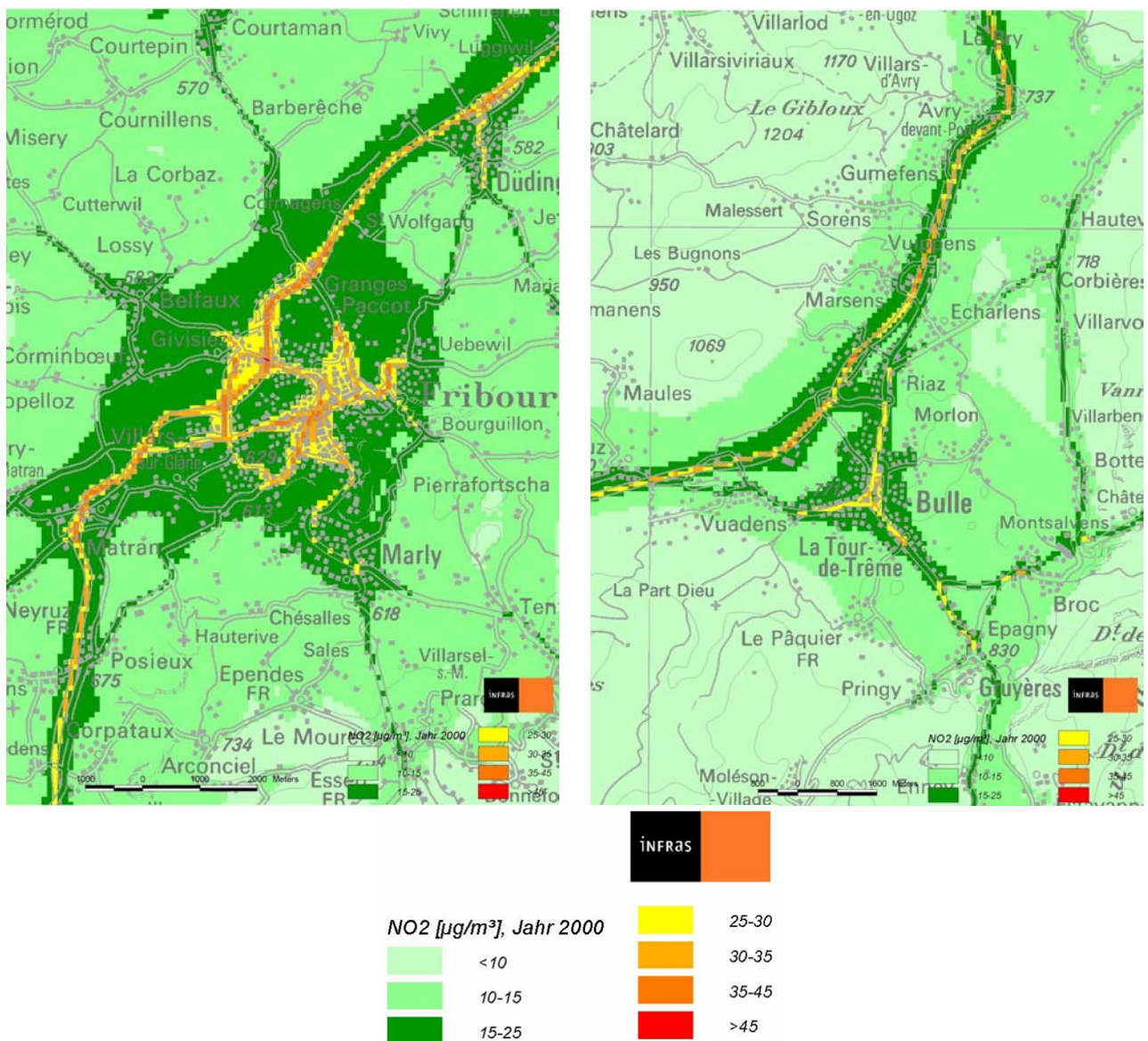
Das Jahr 2006

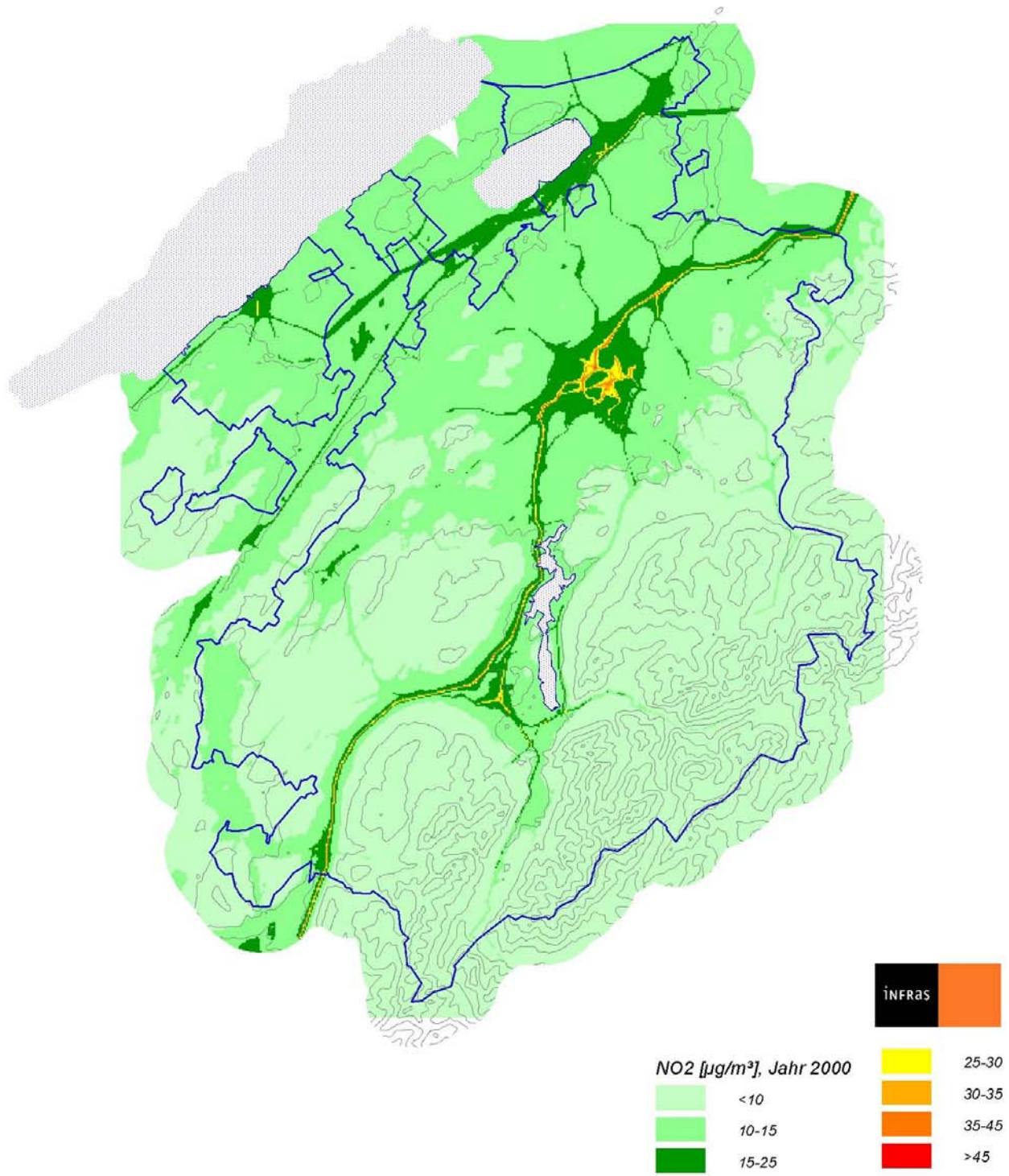
Die Konzentrationen von Stickstoffdioxid haben im Jahr 2006 im Vergleich zu den Vorjahren an allen Standorten zugenommen, zum Teil sogar deutlich. Nicht auszuschliessen ist, dass sich darin die Tatsache spiegelt, dass im Verkehrsbereich in den letzten Jahren keine Emissionsreduktionen stattgefunden haben: Bei den Lastwagen wird erst die Ende 2006 obligatorische neue Abgasnorm (Euro 4) die Stickoxidemissionen merklich reduzieren, und bei den Personenwagen führt der anhaltende Trend zu Dieselfahrzeugen, welche deutlich mehr Stickoxide emittieren als Benzinautos, möglicherweise sogar zu einer Emissionszunahme. Sicher ist aber auch, dass die erhöhten Werte für 2006 zu einem wesentlichen Teil auf die ausserordentlichen Witterungsverhältnisse der Monate Januar bis März 2006 zurückgeführt werden können. 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.





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
Bulle	Grand-Rue	570'790	163'105	769	2	B	c	42	41	38	36	36		35	35	35	37
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
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	41	42	40	40	38	35	35		35	39
Cormérod	Au lieu dit Corterin	573'287	190'186	590	7	A	a	13	11	11	10	10		11	11	10	10
Düdingen	Hauptstrasse 30	581'024	188'622	585	2	B	c			35	34	33	32	35		33	36
Estavayer-le-Lac	Pl. des Bastians	554'840	188'780	448	2	B	c	33	32	31	31	29	27	30		30	30
Fribourg	Av. du Midi	577'855	183'350	631	1	B	c			37	35	34		33	31	33	34
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
Fribourg	Rte Albert-Gockel	578'317	182'594	640	5	B	c	25	24	22	21	21	20	21	20	20	21

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
Fribourg	Rte de Villars	577'372	183'312	659	1	C	c			46	45	44	43	45		43	44
Fribourg	Rue de Chantermerle	577'125	184'540	645	2	C	b	41		39		38		37		38	
Fribourg	Rue du Pont-Suspendu	579'060	183'889	580	1	C	d	44		40		40		39		38	
Givisiez	Rte de Belfaux	576'430	184'916	621	2	B	b	37	39	38	39	35	35	36		34	37
Givisiez	Rte d'Alcantara	576'306	184'275	655	2	C	b										31
Granges-Paccot	Rte de Morat	578'195	185'480	600	2	B	b								28	30	32
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
La Tour-de-Trême	Rue de l'Ancien Comté 37	571'395	162'055	744	2	C	c			39	39	38		42		43	45
Murten	Hauptgasse 53-55	575'597	197'599	453	2	B	d			29	28	27	28	28		27	28
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	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Romont	Grand-Rue	560'157	171'798	755	2	B	c			23	23	22	20	22		21	23
Villars-sur-Glâne	Rte de Cormanon	577'002	182'421	677	2	B	c			48	48	47		47	46	49	58
Villars-sur-Glâne	Rte de Villars-Vert 4	576'373	183'137	700	6	A	b			27	27	26	25	27		26	27
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

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 Immissionsituation

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.