



Bern, 29. November 2011

## **Monitoring und Controlling ESP Wankdorf**

### **Luftbelastung: Analyse und Interpretation für das Messjahr 2010**

---

Auftraggeber:

Paul Moser  
Projektbeauftragter ESP Wankdorf  
Haldenweg 15  
3303 Jegenstorf

Bearbeitung:

Thomas Künzle  
Dominik Egli

## Inhalt

Zusammenfassung.....	3
Luftschadstoffe .....	3
Meteorologie.....	5
Verkehrszählungen im Jahr 2010 .....	6
Emissionen der Stickoxide und des Feinstaubes im Jahr 2010.....	7
Vergleich der Emissionen im Jahr 2010 zu den Jahren 2009 und 2008 .....	7
Fazit und Schlussfolgerungen.....	8
1    Einleitung, Projektrahmen, Zielsetzungen .....	12
2    Luftschadstoffe.....	13
3    Grenzwerte .....	14
4    Grundlagen und Vorgehen.....	15
4.1    Messungen (Luftschadstoffe, Meteorologie) .....	15
4.2    Verkehrszählungen.....	17
4.3    Berechnung der Emissionen.....	18
5    Resultate, Analyse und Interpretation .....	19
5.1    Messdaten.....	19
5.1.1    Luftschadstoffe .....	19
5.1.2    Meteorologische Situation .....	23
5.1.3    Verkehrszählungen.....	25
5.2    Emissionsmengen .....	27
6    Neuberechnung 2008 und 2009.....	33
7    Fazit und Schlussfolgerungen.....	34
8    Literatur.....	35
Anhang.....	36
A1: Abkürzungen und Begriffserläuterungen.....	36
A2: Luftschadstoffmessungen im Jahr 2010 .....	39
A3: Standorte mit meteorologischen Messdaten.....	40
A4: Zählstellen und Messdaten des motorisierten Individualverkehrs im Jahr 2010 .....	40
A5: Emissionsfaktoren für Feinstaub im Jahr 2010 .....	42

## Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes der Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern (BVE) zum Monitoring und Controlling im Entwicklungsschwerpunkt (ESP) Wankdorf (BVE, 2009) hat die Abteilung Immissionsschutz des beco die Firma **ME-TEOTEST** beauftragt, den Bereich Luftbelastung im Untersuchungsgebiet des ESP Wankdorf zu bearbeiten.

Feinstaub entsteht

- bei industriellen und gewerblichen Produktionsprozessen
- bei Verbrennungsprozessen
- durch mechanische Prozesse (Abrieb, Aufwirbelung)
- durch sekundäre Bildung (aus SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, VOC)

Hauptquellen sind Verkehr, Land- und Forstwirtschaft sowie Industrie und Gewerbe (inkl. Baustellen).

Feinstaub hat folgende Auswirkungen:

- Erkrankungen der Atemwege und des Herz-Kreislaufsystems
- Zunahme der Mortalität sowie des Krebsrisikos

Stickoxide entstehen beim Verbrennen von Brenn- und Treibstoffen, insbesondere bei hohen Verbrennungstemperaturen. Die Hauptquelle ist der Verkehr.

Stickoxide haben folgende Auswirkungen:

- Erkrankung der Atemwege
- vielfältige Schädigung der Pflanzen und empfindlicher Ökosysteme bei kombinierter Einwirkung mehrerer Schadstoffe
- Überdüngung von Ökosystemen

## Luftschadstoffe

Die Grenzwerte sind in der Luftreinhalte-Verordnung festgehalten und betragen für den Jahresmittelwert von Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) 30 µg/m<sup>3</sup> und für Feinstaub (PM10) 20 µg/m<sup>3</sup>. Die Tagesmittel dürfen nur einmal pro Jahr den Wert von 80 µg/m<sup>3</sup> resp. 50 µg/m<sup>3</sup> überschreiten.

Tabelle 1 und Tabelle 2 zeigen die Jahresmittelwerte und Anzahl Tage über dem Grenzwert von NO<sub>2</sub> und PM10 in den Jahren 2006 – 2010. Grün dargestellt sind Stationswerte, wo der Grenzwert eingehalten ist. Rot sind Werte über dem Grenzwert. Violett dargestellt sind Werte 25% über dem Grenzwert.

Tabelle 1: NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte (µg/m<sup>3</sup>) und Anzahl Tage über dem Grenzwert an den Fixstationen in den Jahren 2006 – 2010.

<b>Jahresmittelwerte</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
Bern-Brunneggshalde (AfU)	33.0	30.9	30.1	31.0	29.5
Bern-Bollwerk (NABEL)	52.3	47.5	47.3	47.1	45.2
Bern Wankdorf (beco)	39.3	39.0	40.1	38.8	36.3
Ittigen (beco)	28.8	24.4	26.5	26.1	25.0
<b>Anzahl Tage &gt; Grenzwert</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
Bern-Brunneggshalde (AfU)	0	0	0	1	1
Bern-Bollwerk (NABEL)	10	0	4	9	7
Bern Wankdorf (beco)	1	2	7	4	5
Ittigen (beco)	1	0	0	2	2

Tabelle 2: PM10-Jahresmittelwerte (µg/m<sup>3</sup>) und Anzahl Tage über dem Grenzwert an den Fixstationen in den Jahren 2006 – 2010.

<b>Jahresmittelwerte</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
Bern-Brunneggshalde (AfU)	28.0	22.3	21.5	22.9	22.6
Bern-Bollwerk (NABEL)	37.7	29.8	28.3	28.0	26.6
Wankdorf (beco)	---	---	---	---	22.1
Ittigen (beco)	24.4	18.3	19.0	20.9	19.7
<b>Anzahl Tage &gt; Grenzwert</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
Bern-Brunneggshalde (AfU)	44	18	17	20	16
Bern-Bollwerk (NABEL)	66	40	30	27	21
Wankdorf (beco)	---	---	---	---	17
Ittigen (beco)	36	14	14	13	11

An den städtischen Messstationen wird der Grenzwert für den Jahresmittelwert beim Stickstoffdioxid und Feinstaub meist nicht eingehalten. Im Vergleich zum Jahr 2009 wurde eine leichte Reduktion der Immissionsbelastung festgestellt (beco, 2011). Der Kurzzeitgrenzwert (24-h-Mittelwert, Anzahl Tage) von Feinstaub wird überall deutlich überschritten, beim Stickstoffdioxid nur entlang stark befahrener Strassen. Die Messdaten stehen vom beco, Amt für Umwelt der Stadt Bern und NABEL-Messnetz zur Verfügung.

Abbildung 1 zeigt den zeitlichen Verlauf der Luftbelastung an der Messstation Wankdorf.

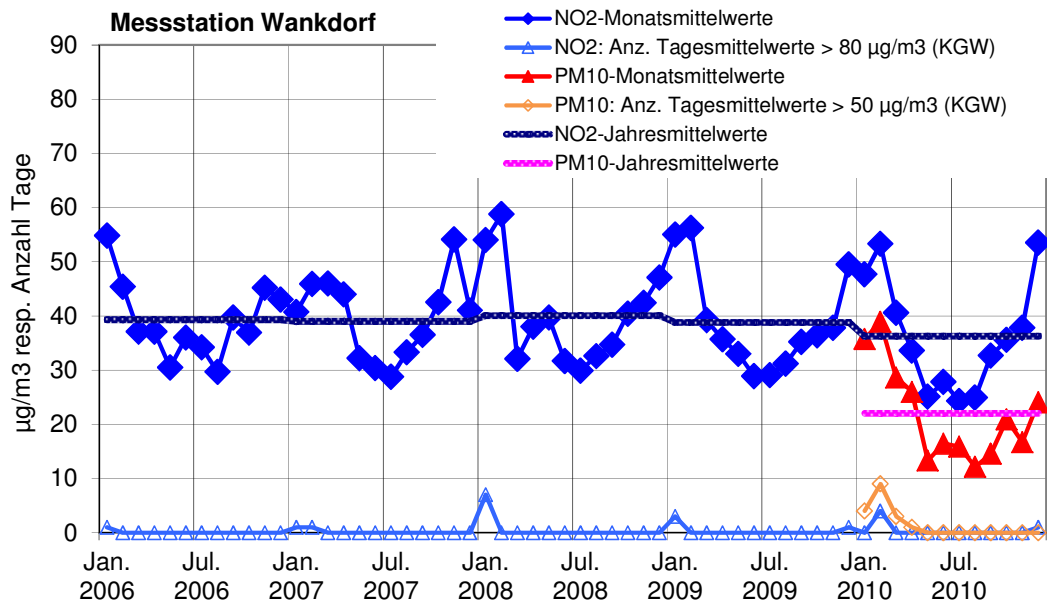


Abbildung 1: Darstellung der Monats- und Jahresmittelwerte an der Messstation Wankdorf (beco) von 2006 – 2010.

### Meteorologie

Abbildung 2 zeigt die Anzahl Tage pro Monat mit starken Inversionen. Diese Kurve verläuft praktisch parallel zu der Anzahl Tagen pro Monat mit Grenzwertüberschreitungen von Feinstaub (vergl. Abbildung 1).

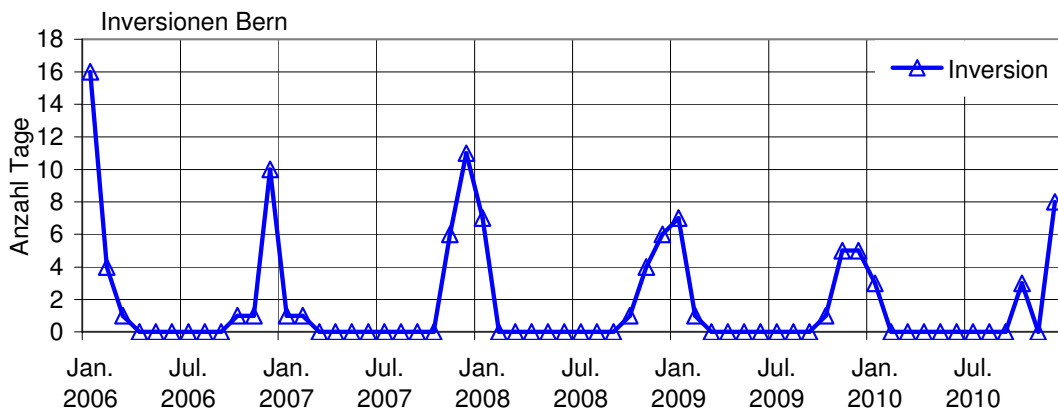


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der Anzahl Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2006 – 2010.

### Verkehrszählungen im Jahr 2010

Die Anzahl der Fahrzeuge im Untersuchungsgebiet des ESP Wankdorf beruhen auf den Verkehrszählungen des Tiefbauamtes Bern (TBA) sowie des Bundesamtes für Verkehr (ASTRA) und sind in der Abbildung 3 dargestellt. Auf den Autobahnen sind die Fahrtrichtungen als separate Linien definiert.

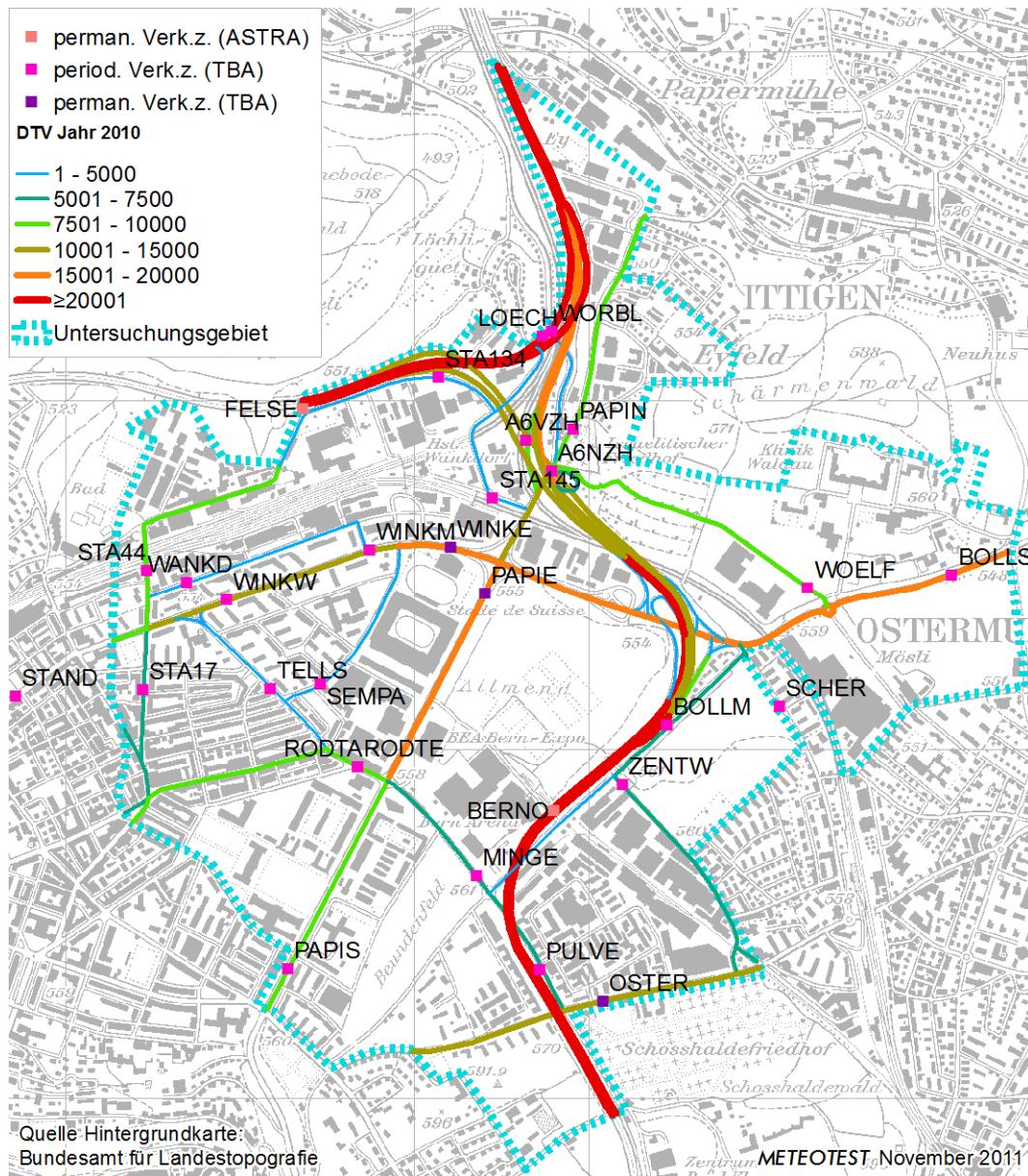


Abbildung 3: Durchschnittliche Anzahl Fahrzeuge pro Tag (DTV) im Jahr 2010.

## Emissionen der Stickoxide und des Feinstaubes im Jahr 2010

Im Jahr 2010 beträgt der NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktor für Hauptverkehrsstrassen (HVS<sup>1</sup>) innerorts 0.561 g/km und für Stadt-Autobahnen 0.545 g/km. Die Faktoren für PM10 betragen 0.085 g/km für Hauptverkehrsstrassen (HVS) resp. 0.065 g/km für Autobahnen.

Im Gebiet des ESP wurden auf HVS rund 134'000 Fahrzeug-Kilometer registriert, auf der Stadt-Autobahn rund 313'000 Fahrzeug-Kilometer (Tabelle 3).

Tabelle 3: Fahrzeugkilometer (Summe aus DTV \* Streckenlänge) sowie NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen in Tonnen im Jahr 2010.

	FzKm	NO <sub>x</sub> [t/a]	PM10 [t/a]
Hauptverkehrsstrassen	134'000	27.5	4.2
Autobahn	313'000	62.3	7.4
Summe	417'000	89.8	11.5

Die Emissionen auf den Hauptverkehrsstrassen des ESP Wankdorf betragen unter Berücksichtigung des verwendeten Strassennetzes gemäss Tabelle 4 rund 30% bis 40% der Summe.

Tabelle 4: Fahrzeugkilometer sowie NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen in Prozent der Summe im Jahr 2010.

	FzKm	NO <sub>x</sub>	PM10
Hauptverkehrsstrassen	30%	31%	36%
Autobahn	70%	69%	64%
Summe	100%	100%	100%

## Vergleich der Emissionen im Jahr 2010 zu den Jahren 2009 und 2008

Aufgrund der deutlich tieferen Anzahl Fahrzeugkilometer, die im Jahr 2010 gegenüber dem Jahr 2009 auf Autobahnstrecken zurückgelegt worden sind, nahmen dort die Emissionen deutlich ab (Tabelle 5). Dies ist hauptsächlich auf die Baustelle auf dem Felsenauviadukt und den dadurch verursachten Rückgang des DTV zurückzuführen. Auf den Hauptverkehrsstrassen im Bereich des ESP Wankdorf nahmen die Emissionen gegenüber dem Jahr 2009 leicht zu. Über das gesamte Untersuchungs-

<sup>1</sup> Es wurden die Strassen berücksichtigt, welche gemäss der Landeskarte als 1. oder 2. Klassestrasse definiert sind. Quartierstrassen wurden nicht oder nur ausnahmsweise berücksichtigt.

gebiet gesehen nahmen die Emissionen 2010 gegenüber 2009 ab. Die Abnahme auf den Autobahnstrecken überwiegt die Zunahme auf den Hauptverkehrsstrassen.

Tabelle 5: Fahrzeugkilometer sowie NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen in Prozent zu den Werten des Jahres 2008.

Jahr	Strassentyp	FzKm	NO <sub>x</sub> [t/a]	PM10 [t/a]
2008	Hauptverkehrsstrassen	100%	100%	100%
2009	Hauptverkehrsstrassen	92%	88%	91%
2010	Hauptverkehrsstrassen	102%	94%	99%
2008	Autobahn	100%	100%	100%
2009	Autobahn	99%	93%	97%
2010	Autobahn	88%	78%	85%
2008	Summe	100%	100%	100%
2009	Summe	97%	92%	95%
2010	Summe	92%	83%	89%

## Fazit und Schlussfolgerungen

Entlang der Hauptverkehrsachsen im ESP Wankdorf waren im Jahr 2010 die Grenzwerte der Jahresmittelwerte von Stickstoffdioxid und Feinstaub überschritten. In den Quartieren abseits stark befahrener Strassen lagen die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte unter dem Grenzwert von 30 µg/m<sup>3</sup>.

Der Einfluss von meteorologischen Verhältnissen ist v.a. beim Feinstaub deutlich zu erkennen. Die Feinstaub-Belastung wird stärker durch überregionale Immissionen beeinflusst als beim Stickstoffdioxid.

Nebst den Punktmessungen an den einzelnen Standorten wurden ab dem Jahr 2010 auch Querprofile mit NO<sub>2</sub>-Passivsammlern entlang stark befahrener Strasse gemessen. Somit kann die Abnahme der Luftbelastung durch NO<sub>2</sub> quer zur Strasse aufgezeigt werden. Insgesamt wurden 6 zusätzliche Messstandorte betrieben.

Im Messjahr 2010 standen deutlich weniger Daten der Verkehrszählungen zur Verfügung. Es sollte alles daran gesetzt werden, dass möglichst vollständige Datenreihen vorliegen (Verkehrszählungen, Luftschadstoff- und meteorologische Messungen). Nur so können belastbare Aussagen zur Situation der Luftbelastung und Emissionsmenge erarbeitet werden.



## Tabellen

Tabelle 1:	NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwerte (µg/m <sup>3</sup> ) und Anzahl Tage über dem Grenzwert an den Fixstationen in den Jahren 2006 – 2010.....	4
Tabelle 2:	PM10-Jahresmittelwerte (µg/m <sup>3</sup> ) und Anzahl Tage über dem Grenzwert an den Fixstationen in den Jahren 2006 – 2010.....	4
Tabelle 3:	Fahrzeugkilometer (Summe aus DTV * Streckenlänge) sowie NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionen in Tonnen im Jahr 2010.....	7
Tabelle 4:	Fahrzeugkilometer sowie NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionen in Prozent der Summe im Jahr 2010. ....	7
Tabelle 5:	Fahrzeugkilometer sowie NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionen in Prozent zu den Werten des Jahres 2008.....	8
Tabelle 6:	Grenzwerte für NO <sub>2</sub> und PM10 gemäss LRV.....	14
Tabelle 7:	Entwicklung der Luftbelastung an den Standorten mit NO <sub>2</sub> -Passivsammler-Messungen in den vergangenen fünf Jahren.....	20
Tabelle 8:	Jahresmittelwerte (µg/m <sup>3</sup> ) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von NO <sub>2</sub> an den Fixstationen in den Jahren 2006 – 2010.....	21
Tabelle 9:	Jahresmittelwerte (µg/m <sup>3</sup> ) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von PM10 an den Fixstationen in den Jahren 2006 – 2010. ....	22
Tabelle 10:	Anzahl Tage mit Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2006 – 2010. ....	24
Tabelle 11:	Prozentuale Anteile der Fahrzeugkategorien im Jahr 2010.....	27
Tabelle 12:	NO <sub>x</sub> -Emissionsfaktoren in Gramm pro Kilometer der vier Fahrzeugkategorien sowie gewichtet für das Jahr 2010. ....	28
Tabelle 13:	NO <sub>x</sub> -Emissionsfaktoren in Prozent der PKW für die drei anderen Fahrzeugkategorien sowie das gewichtete Mittel für das Jahr 2010.....	28
Tabelle 14:	PM10-Emissionsfaktoren aus dem Auspuff sowie Aufwirbelung und Abrieb in Gramm pro Kilometer der vier Fahrzeugkategorien sowie gewichtet für das Jahr 2010.....	28
Tabelle 15:	PM10-Emissionsfaktoren in Prozent der PKW für die drei anderen Fahrzeugkategorien sowie das gewichtete Mittel für das Jahr 2010.....	28
Tabelle 16:	Fahrzeugkilometer (Summe aus DTV * Streckenlänge) sowie NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionen in Tonnen im Jahr 2010.....	31
Tabelle 17:	Fahrzeugkilometer sowie NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionen in Prozent der Summe für das Jahr 2010. ....	31
Tabelle 18:	Fahrzeugkilometer sowie NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionen in Tonnen pro Jahr sowie Prozent der Summen der Jahren 2008 – 2010. ....	31
Tabelle 19:	Fahrzeugkilometer sowie NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionen in Prozent zu den Werten des Jahres 2008.....	32

---

Tabelle 20:	Fahrzeugkilometer (Summe aus DTV * Streckenlänge) sowie NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionen in Tonnen im Jahr 2008.....	33
Tabelle 21:	Fahrzeugkilometer sowie NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionen in Prozent der Summe im Jahr 2008. ....	33
Tabelle 22:	Fahrzeugkilometer (Summe aus DTV * Streckenlänge) sowie NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionen in Tonnen im Jahr 2009.....	33
Tabelle 23:	Fahrzeugkilometer sowie NO <sub>x</sub> - und PM10-Emissionen in Prozent der Summe im Jahr 2009. ....	33
Tabelle 24:	Standorte mit Luftschadstoffmessungen sowie Jahresmittelwerte im Jahr 2010 (Fixstationen). ....	39
Tabelle 25:	Standorte mit Luftschadstoffmessungen sowie Jahresmittelwerte im Jahr 2010 (Passivsammler). ....	39
Tabelle 26:	Standorte mit meteorologischen Messdaten. ....	40
Tabelle 27:	Standorte mit Verkehrszählungen (permanente Messungen) und DTV im Jahr 2010.....	40
Tabelle 28:	Standorte mit Verkehrszählungen (periodische Messungen) und DTV im Jahr 2010.....	41
Tabelle 29:	PM10-Emissionsfaktoren aus dem Auspuff in Gramm pro Kilometer der vier Fahrzeugkategorien sowie gewichtet für das Jahr 2010.....	42
Tabelle 30:	PM10-Emissionsfaktoren in Gramm pro Kilometer für Abrieb und Aufwirbelung.....	42

## Abbildungen

Abbildung 1: Darstellung der Monats- und Jahresmittelwerte an der Messstation Wankdorf (beco) von 2006 – 2010.....	5
Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der Anzahl Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2006 – 2010.....	5
Abbildung 3: Durchschnittliche Anzahl Fahrzeuge pro Tag (DTV) im Jahr 2010....	6
Abbildung 4: Luftschadstoff-Messstandorte (grün= Fixstationen, orange= NO <sub>2</sub> -Passivsammler) im Untersuchungsgebiet des ESP Wankdorf. ....	16
Abbildung 5: Standorte der Verkehrszählungen (permanente und periodische Messungen). Die Grenze des Untersuchungsgebietes ist hellblau gepunktet dargestellt. ....	17
Abbildung 6: Darstellung der Jahresmittelwerte an den Passivsammlerstationen des AfU von 2006 – 2010. ....	21
Abbildung 7: Darstellung der Monats- und Jahresmittelwerte an der Messstation Bern Zentrum (AfU) von 2006 – 2010. ....	22
Abbildung 8: Darstellung der Monats- und Jahresmittelwerte an der Messstation Wankdorf (beco) von 2006 – 2010.....	23
Abbildung 9: Zusammenhang zwischen Emission, Transmission und Immission.	23
Abbildung 10: Zeitlicher Verlauf der Anzahl Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2006 – 2010.....	24
Abbildung 11: Durchschnittliche Anzahl Fahrzeuge pro Tag (DTV) im Untersuchungsgebiet für das Jahr 2010. ....	26
Abbildung 12: Spezifische NO <sub>x</sub> -Emissionen (t/km) im Untersuchungsgebiet.....	29
Abbildung 13: Spezifische PM10-Emissionen (t/km) im Untersuchungsgebiet. ....	30

Version	Datum	Inhalt	Autor	Kontrolle
0.1	16.08.2011	Entwurfsversion	DE	TK
1.0	29.11.2011	Abgabeversion	TK	BS

# 1 Einleitung, Projektrahmen, Zielsetzungen

Im Rahmen des Projektes der Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern (BVE) zum Monitoring und Controlling im Entwicklungsschwerpunkt (ESP) Wankdorf (BVE, 2009) hat die Abteilung Immissionsschutz des beco die Firma *METEOTEST* beauftragt, den Bereich Luftbelastung im Untersuchungsgebiet des ESP Wankdorf zu bearbeiten. In diesem Dokument wird nicht näher auf die Vorgeschichte und die Randbedingungen zu diesem Projekt eingegangen.

Ziel dieses Berichtes ist es, die Emissionen des Strassenverkehrs sowie die Luftbelastung durch Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstaub (PM10) im Gebiet des ESP Wankdorf und des Nordquartiers in Bern auf der Basis von Messungen für das Jahr 2010 aufzuzeigen. Der Bericht ist eine Aktualisierung des Berichtes aus dem letzten Jahr (*METEOTEST*, 2010b), wo für das Jahr 2009 die Daten zusammengestellt wurden.

Die Grenzen des Untersuchungsgebietes werden wie folgt definiert: Gebiet des Perimeters ESP gemäss BVE-Bericht (BVE, 2009) inkl. der Zusatzgebiete bis zum Breitenrainplatz (siehe Abbildung 5).

## 2 Luftschaadstoffe

Als Indikatoren für die Luftbelastung werden die zwei Schadstoffe Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) und Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$ ) definiert. Nachfolgend wird kurz auf die Eigenschaften von  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$  und  $\text{PM}_{10}$  eingegangen<sup>2</sup>. Weiterführende Angaben und Links sind im Anhang A1: Abkürzungen und Begriffserläuterungen zu finden.

### Stickoxide ( $\text{NO}_x$ )

Unter dem Begriff Stickoxide werden Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) und Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ) zusammengefasst. Da  $\text{NO}$  rasch zu  $\text{NO}_2$  oxidiert, werden die Emissionen gesamthaft als Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ )-Äquivalente angegeben.

Entsteht:

- Beim Verbrennen von Brenn- und Treibstoffen, insbesondere bei hohen Verbrennungstemperaturen.

Hauptquelle:

- Strassenverkehr

Eigenschaften:

- $\text{NO}$ : Farbloses Gas, wird in der Atmosphäre zu  $\text{NO}_2$  umgewandelt
- $\text{NO}_2$ : In höheren Konzentrationen rötlich

Auswirkungen:

- Erkrankung der Atemwege
- vielfältige Schädigung der Pflanzen und empfindlicher Ökosysteme bei kombinierter Einwirkung mehrerer Schadstoffe
- Überdüngung von Ökosystemen

Anmerkung:

- Wichtige Vorläufersubstanz für die Bildung von sauren Niederschlägen, sekundären Aerosolen und - zusammen mit den flüchtigen organischen Verbindungen - von Photooxidantien (Ozon/Sommersmog)

### Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$ )

Unter der Bezeichnung  $\text{PM}_{10}$  versteht man Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner gleich 10 Mikrometer. Staub ist ein physikalisch-chemisch komplexes Gemisch. Es besteht sowohl aus primär emittierten wie aus sekundär gebildeten Komponenten natürlichen und anthropogenen Ursprungs (z.B. Russ,

---

<sup>2</sup> Quelle: <http://www.bafu.admin.ch/luft/00585>. Weiterführende Informationen gibt es auf dieser Website unter: "Faktenblatt: Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) im Blickfeld" oder "Feinstaub Dokumentation der AefU"

geologisches Material, Abriebspartikel, biologisches Material) und ist in seiner Zusammensetzung sehr vielfältig (Schwermetalle, Sulfat, Nitrat, Ammonium, organischer Kohlenstoff, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Dioxine/Furane).

Entsteht:

- Bei industriellen und gewerblichen Produktionsprozessen
- Bei Verbrennungsprozessen
- mechanische Prozesse (Abrieb, Aufwirbelung)
- sekundäre Bildung (aus SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, VOC)

Hauptquellen:

- Verkehr
- Land- und Forstwirtschaft
- Industrie und Gewerbe (inkl. Baustellen)

Eigenschaften:

- Feste und flüssige Teilchen unterschiedlicher Grösse und Zusammensetzung

Auswirkungen:

- Feinstäube und Russ: Erkrankungen der Atemwege und des Herzkreislaufsystems
- Zunahme der Mortalität sowie des Krebsrisikos
- Sedimentstaub (Staubniederschlag): Belastung des Bodens, der Pflanzen und - über die Nahrungskette - auch des Menschen durch im Staub enthaltene Schwermetalle und Dioxine/Furane

### 3 Grenzwerte

In der Luftreinhalte-Verordnung (LRV, 1985) sind die Immissionsgrenzwerte gemäss Tabelle 6 definiert.

Tabelle 6: Grenzwerte für NO<sub>2</sub> und PM10 gemäss LRV.

Grenzwert	Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	Feinstaub (PM10)
Langzeitgrenzwert (Jahresmittelwert, arithmetischer Mittelwert)	30 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>
Kurzzeitgrenzwert (24-h-Mittelwert, Anzahl Tage)	darf höchstens einmal pro Jahr 80 µg/m <sup>3</sup> überschreiten	darf höchstens einmal pro Jahr 50 µg/m <sup>3</sup> überschreiten

## **4 Grundlagen und Vorgehen**

### **4.1 Messungen (Luftschadstoffe, Meteorologie)**

In der Umgebung des ESP Wankdorf stehen Luftschadstoffmessungen von 4 Fixstationen und 19 NO<sub>2</sub>-Passivsammler-Standorten gemäss Abbildung 4 sowie Tabelle 24 und Tabelle 25 im Anhang A2 zur Verfügung.

Die Daten werden bezüglich der Langzeit- und Kurzzeitgrenzwerte beurteilt und mit früheren Jahren verglichen. Die Kurzzeitgrenzwerte werden nur an Standorten mit kontinuierlichen Messungen analysiert.

Meteorologische Messdaten liegen von vier Standorten vor (Zollikofen, Bollwerk, Länggasse, Bantiger). Diese sind in der Tabelle 26 im Anhang A3 aufgelistet.

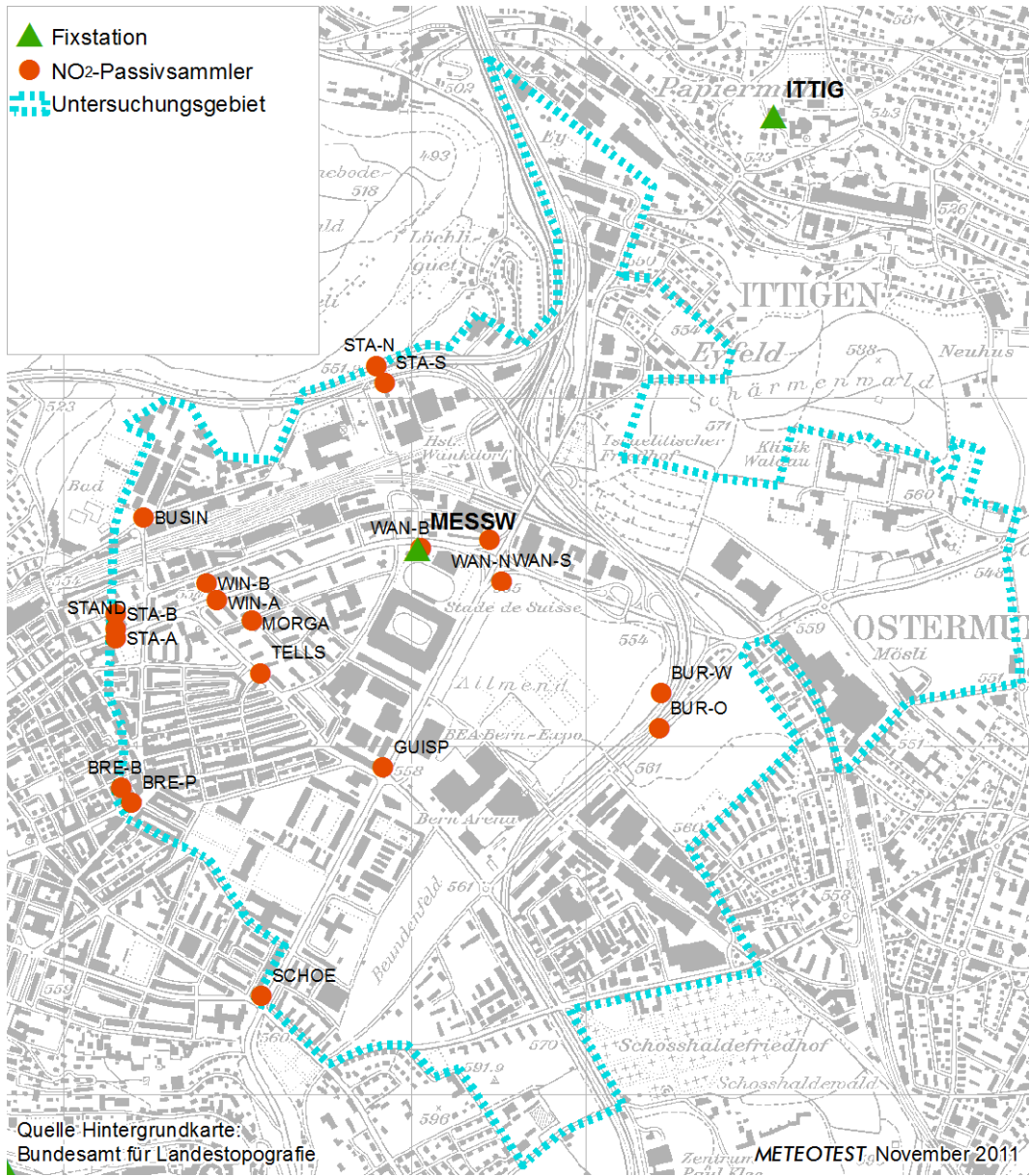


Abbildung 4: Luftschadstoff-Messstandorte (grün= Fixstationen, orange= NO<sub>2</sub>-Passivsammler) im Untersuchungsgebiet des ESP Wankdorf.



## 4.2 Verkehrszählungen

Das Tiefbauamt Bern (TBA) und das Bundesamt für Verkehr (ASTRA) betreibt an mehreren Standorten Verkehrszählungen (siehe Abbildung 5 sowie Tabelle 27 und Tabelle 28). Mit diesen Daten werden für das Strassennetz die Verkehrsmengen (DTV, durchschnittliche Anzahl Fahrzeuge pro Tag) definiert und anschliessend die Emissionen der Luftschadstoffe berechnet.

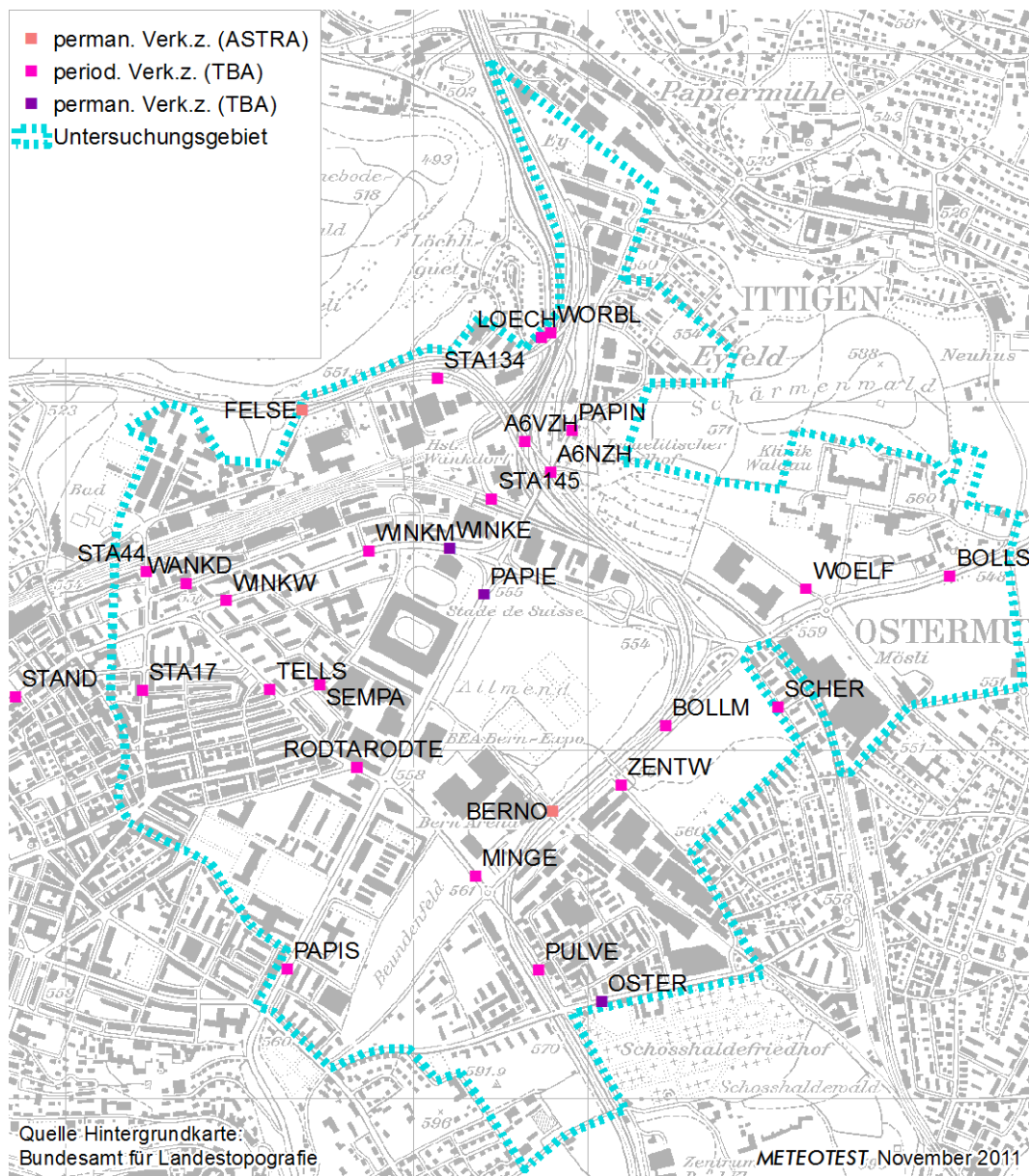


Abbildung 5: Standorte der Verkehrszählungen (permanente und periodische Messungen). Die Grenze des Untersuchungsgebietes ist hellblau gepunktet dargestellt.

### 4.3 Berechnung der Emissionen

In der vorliegenden Untersuchung wird die Menge an Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) und Feinstaub (PM10) bestimmt. Die Menge der am Auspuff sowie von Aufwirbelung und Abrieb der Fahrzeuge ausgestossenen Luftschadstoffe (Emissionen) ist abhängig von der Anzahl Fahrzeuge, der Fahrgeschwindigkeit, der Fahrzeugkategorien, der Steigung und weiterer Faktoren der jeweiligen Strassen. Mit dem Handbuch "Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs" Version 3.1 (BAFU, 2010) steht eine Grundlage zur Verfügung, mit welcher die an den Quellen entstandenen Luftschadstoffe ermittelt werden können. Als Vereinfachung wurden nur Emissionsfaktoren für flache Strecken (keine Steigungen) berücksichtigt. Die Faktoren liegen für die Jahre 2006 bis separat 2010 vor. Beim Feinstaub werden zu den Auspuffemissionen zusätzlich noch die Emissionen aus Aufwirbelung und Abrieb (BAFU, 2010a) berücksichtigt.

## 5 Resultate, Analyse und Interpretation

### 5.1 Messdaten

#### 5.1.1 Luftschadstoffe

Tabelle 7 und Abbildung 6 zeigt die Entwicklung der NO<sub>2</sub>-Luftbelastung an den Standorten mit Passivsammler-Messungen in den vergangenen fünf Jahren. Nur an Standorten abseits der Hauptverkehrsachsen mit wenig Verkehr und in grosser Entfernung der Autobahn liegen die Werte im grünen Bereich.

Die Messdaten der sechs zusätzlichen Passivsammlerstandorte<sup>3</sup>, welche seit März 2010 in Betrieb sind, sind noch nicht in die Abbildung 6 integriert. An der Standstrasse und der Winkelriedstrasse wurden zusätzliche Standorte definiert, um das Querprofil der Belastung abseits der Strasse in die Wohnzonen zu erfassen. Es zeigt sich, dass abseits der Strasse die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte deutlich geringer sind. Weitere Interpretationen und Analysen dieser zusätzlichen Messstationen werden im Bericht für das Messjahr 2011 erläutert werden.

Da die Messungen erst im März 2010 aufgenommen werden konnten, wurden die fehlenden Daten der Monate Januar und Februar 2010 mittels Regressionsberechnungen zu einem Standort mit vollständiger Zeitreihe ergänzt. Dabei wurde jeweils der Passivsammler mit der höchsten Korrelation verwendet.

Die Interpretation der zeitlichen Entwicklung der Belastungssituation an den verschiedenen Messstationen seit dem Jahr 2006 ist nicht Hauptgegenstand dieses Berichtes. Es kann kein eindeutiger mehrjähriger Trend in der Entwicklung festgestellt werden. Im Jahr 2010 wurden jedoch meist tiefere Werte als im Jahr 2009 registriert.

---

<sup>3</sup> Businesspark, Morgartenstrasse, Standstrasse (Messung strassennah und abseits im Wohngebiet) sowie Winkelriedstrasse (strassennah und abseits im Wohngebiet)

Tabelle 7: Entwicklung der Luftbelastung an den Standorten mit NO<sub>2</sub>-Passivsammler-Messungen in den vergangenen fünf Jahren<sup>4</sup>.

Jahresmittelwerte	2006	2007	2008	2009	2010
Breitenrainplatz	35.9	34.0	39.2	39.0	36.8
Breitenrainplatz B	25.3	23.5	25.8	25.3	23.7
Burgfeld Ost	40.2	43.4	40.7	43.1	42.2
Burgfeld West	36.0	36.4	37.7	37.9	36.1
Businesspark	---	---	---	---	25.3
Guisanplatz	43.6	43.4	39.5	39.6	35.0
Morgartenstrasse	---	---	---	---	24.1
Schönburg	42.6	39.3	41.0	41.8	38.1
Standstrasse	31.0	29.9	31.6	33.0	30.3
Standstrasse Strasse	---	---	---	---	30.3
Standstrasse Quartier	---	---	---	---	24.4
Stauffacherstr. Nord	53.4	51.5	54.4	---	---
Stauffacherstr. Süd	50.5	49.7	55.3	51.9	49.5
Tellstrasse	26.1	24.5	29.6	24.7	22.8
Wankdorf beco	41.8	40.4	40.1	40.5	36.1
Wankdorfplatz Nord	36.0	37.2	39.6	---	34.1
Wankdorfplatz Süd	35.0	34.0	38.0	---	39.9
Winkelriedstr. Strasse	---	---	---	---	32.4
Winkelriedstr. Quartier	---	---	---	---	23.5

In den Tabellen sind Stationswerte grün dargestellt, wenn der Grenzwert eingehalten ist. Rot sind Werte über dem Grenzwert. Violett dargestellt sind Werte 25% über dem Grenzwert.

<sup>4</sup> Die Jahresmittelwerte basieren auf den gemessenen Monatsmittelwerten des AfU. Fehlende Monatsmittelwerte wurden ergänzt, in dem mit einer Regressionsanalyse diese Werte auf Grund von gut korrelierenden Messstationen ergänzt wurden. Ohne Ergänzungen von fehlenden Monatswerten wären die Jahresmittelwerte verfälscht.

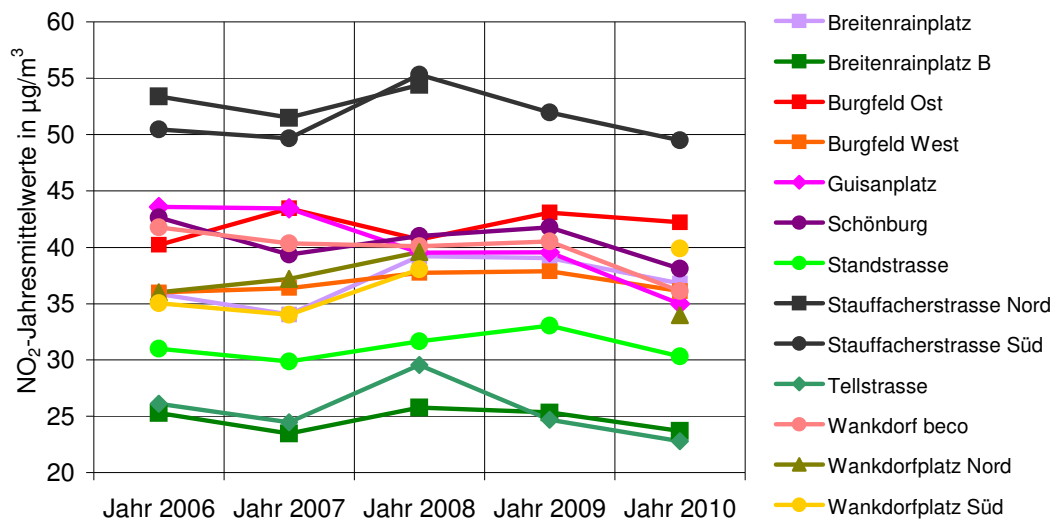


Abbildung 6: Darstellung der Jahresmittelwerte an den Passivsammlerstationen des AfU von 2006 – 2010.

In Tabelle 8 und Tabelle 9 sind die Daten der Fixstationen dargestellt. An den innenstädtischen Messstationen wird der Grenzwert für den Jahresmittelwert beim Stickstoffdioxid und Feinstaub meist nicht eingehalten. Im Vergleich zum Jahr 2009 wurde eine leichte Reduktion der Immissionsbelastung festgestellt (beco, 2011). Der Kurzzeitgrenzwert (24-h-Mittelwert, Anzahl Tage) von Feinstaub wird überall deutlich überschritten, beim Stickstoffdioxid nur entlang stark befahrener Strassen.

Tabelle 8: Jahresmittelwerte (µg/m<sup>3</sup>) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von NO<sub>2</sub> an den Fixstationen in den Jahren 2006 – 2010.

Jahresmittelwerte	2006	2007	2008	2009	2010
Bern-Brunngasshalde (AfU)	33.0	30.9	30.1	31.0	29.5
Bern-Bollwerk (NABEL)	52.3	47.5	47.3	47.1	45.2
Bern Wankdorf (beco)	39.3	39.0	40.1	38.8	36.3
Ittigen (beco)	28.8	24.4	26.5	26.1	25.0
Anzahl Tage > Grenzwert	2006	2007	2008	2009	2010
Bern-Brunngasshalde (AfU)	0	0	0	1	1
Bern-Bollwerk (NABEL)	10	0	4	9	7
Bern Wankdorf (beco)	1	2	7	4	5
Ittigen (beco)	1	0	0	2	2

Tabelle 9: Jahresmittelwerte ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von PM10 an den Fixstationen in den Jahren 2006 – 2010.

Jahresmittelwerte	2006	2007	2008	2009	2010
Bern-Brunnghasshalde (AfU)	28.0	22.3	21.5	22.9	22.6
Bern-Bollwerk (NABEL)	37.7	29.8	28.3	28.0	26.6
Wankdorf (beco)	---	---	---	---	22.1
Ittigen (beco)	24.4	18.3	19.0	20.9	19.7
Anzahl Tage > Grenzwert	2006	2007	2008	2009	2010
Bern-Brunnghasshalde (AfU)	44	18	17	20	16
Bern-Bollwerk (NABEL)	66	40	30	27	21
Wankdorf (beco)	---	---	---	---	17
Ittigen (beco)	36	14	14	13	11

In Abbildung 7 und Abbildung 8 sind die Monatsmittelwerte, die Jahresmittelwerte und die Anzahl Tage über dem Kurzzeit-Grenzwert (KGW) der letzten fünf Jahre an zwei Stationen dargestellt. Höhere Belastungswerte treten im Winterhalbjahr auf, je nach meteorologischen Einflüssen.

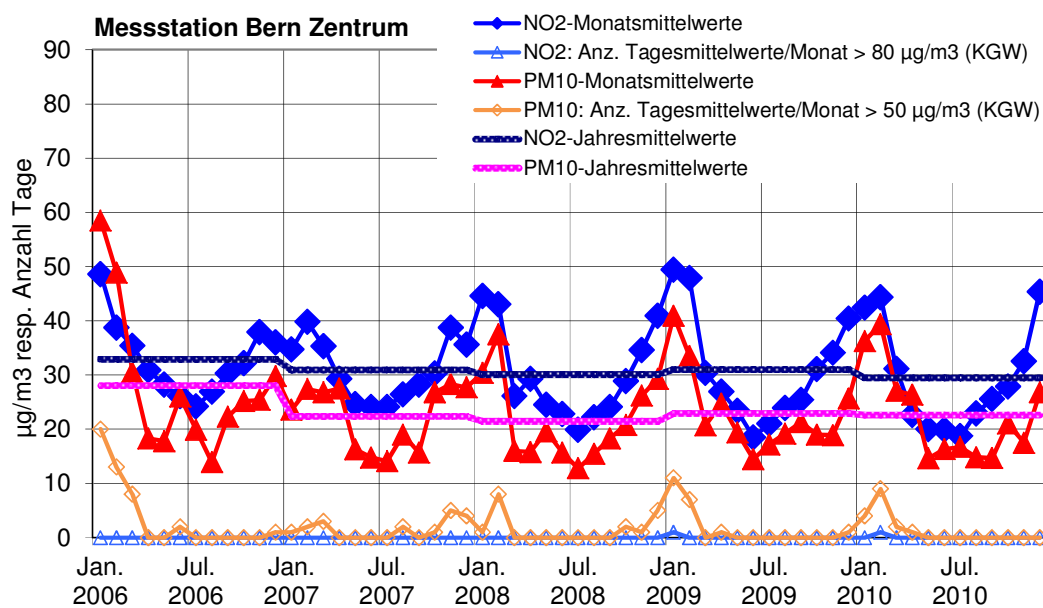


Abbildung 7: Darstellung der Monats- und Jahresmittelwerte an der Messstation Bern Zentrum (AfU) von 2006 – 2010.

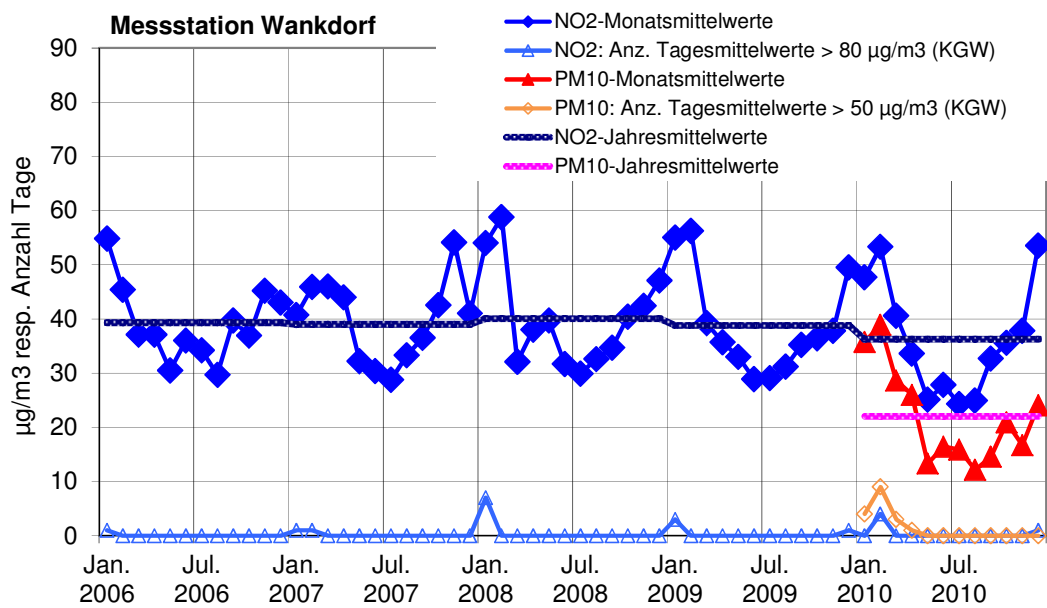


Abbildung 8: Darstellung der Monats- und Jahresmittelwerte an der Messstation Wankdorf (beco) von 2006 – 2010.

### 5.1.2 Meteorologische Situation

Entscheidend für die effektive Luftbelastung (Immission) in einem Untersuchungs-jahr sind die Menge an ausgestossenen Schadstoffen (Emissionen) sowie die Ausbreitungssituation (Transmission). Die Qualität der Ausbreitung der Luftschadstoffe hängt u.a. von der Stabilität der Atmosphäre (Anzahl Inversionen) und der Windgeschwindigkeit und Windrichtung ab. Abbildung 9 zeigt ein Schema zur Ausbreitung der Luftschadstoffe.

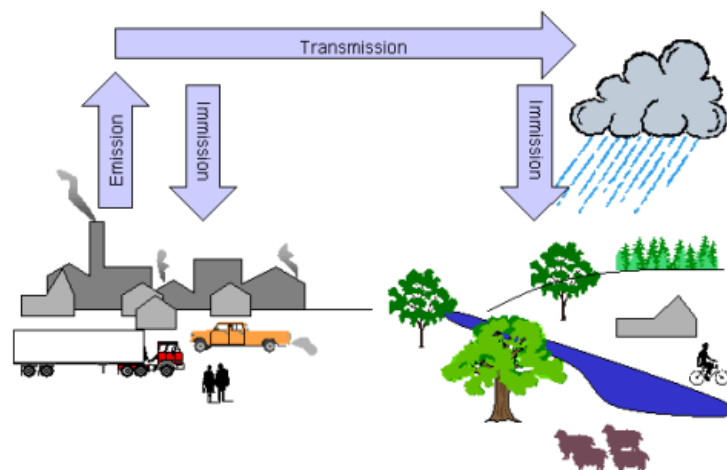


Abbildung 9: Zusammenhang zwischen Emission, Transmission und Immission<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> aus <http://www.umwelt.sg.ch/home/Themen/Luft/luftmessergebnisse/umgewandelt.html>

In der Tabelle 10 sind die Anzahl Tage mit Inversionen in der Region Bern aufgelistet und in der Abbildung 10 grafisch dargestellt. Die Anzahl Tage mit Inversionen wurde analog dem NABEL-Bericht (BAFU, 2011) aus den Messdaten der Stationen Bantiger und Zollikofen bestimmt: Tage mit stabiler Temperaturschichtung zwischen 12 und 14 MEZ (mindestens Isothermie, d.h. Höhen- und Talstation haben dieselbe Temperatur).

Tabelle 10: Anzahl Tage mit Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2006 – 2010.

	2006	2007	2008	2009	2010		2006	2007	2008	2009	2010
<b>Jan</b>	16	1	7	7	3	<b>Jul</b>	0	0	0	0	0
<b>Feb</b>	4	1	0	1	0	<b>Aug</b>	0	0	0	0	0
<b>Mrz</b>	1	0	0	0	0	<b>Sep</b>	0	0	0	0	0
<b>Apr</b>	0	0	0	0	0	<b>Okt</b>	1	0	1	1	3
<b>Mai</b>	0	0	0	0	0	<b>Nov</b>	1	6	4	5	0
<b>Jun</b>	0	0	0	0	0	<b>Dez</b>	10	11	6	5	8
						<b>Summe</b>	33	19	18	19	14

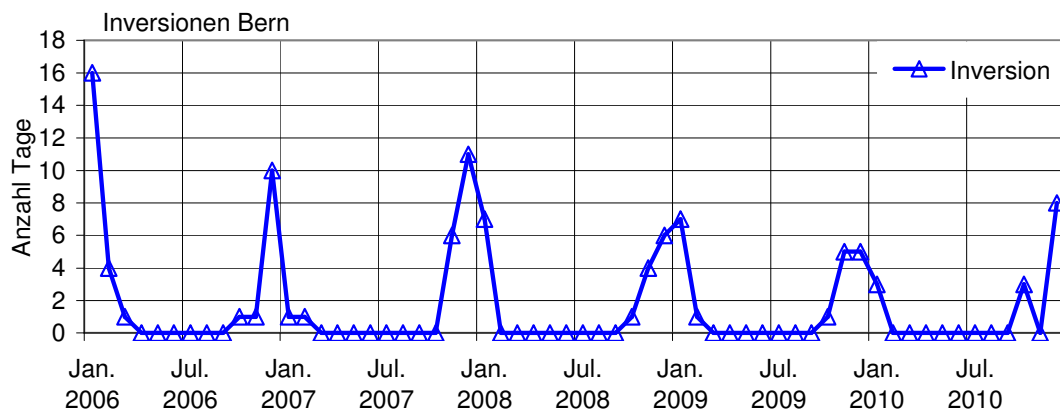


Abbildung 10: Zeitlicher Verlauf der Anzahl Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2006 – 2010.



### 5.1.3 Verkehrszählungen

Die Angaben zur Anzahl der Fahrzeuge im Untersuchungsgebiet des ESP beruhen auf den Verkehrszählungen des TBA sowie des ASTRA. Die Werte des Jahres 2010 sind in Tabelle 27 und Tabelle 28 in Anhang A4 aufgelistet. Auf den Autobahnen sind die Fahrrichtungen als separate Linien definiert.

In der Abbildung 11 sind die DTV-Werte für die wichtigsten Strassenabschnitte auf der Basis der Verkehrsmessungen abgeschätzt.

Für das Jahr 2010 stehen nur Daten von 11 Zählstellen zur Verfügung. Für das Jahr 2009 konnten DTV-Werte von 23 Zählstellen verwendet werden. Aufgrund der deutlich schlechteren Datengrundlage sind die Verkehrszahlen des Jahres 2010 mit einer grösseren Unsicherheit behaftet. Für Streckenabschnitte ohne Verkehrsangaben im Jahr 2010 wurde die Verkehrsmenge durch einen Vergleich mit derjenigen Messstellen abgeschätzt, für die sowohl 2009 als auch 2010 die Verkehrsmengen erhoben wurden. Anhand dieser Zahlen wurde bestimmt, dass auf den Hauptverkehrsstrassen im Bereich des ESP Wankdorf die Verkehrsmenge um rund 4% zugenommen hat.

Für die Autobahnstrecken wurde von den Verkehrszählungen Bern Felsenauviadukt, Umfahrung Bern Ost und Grauholz (befindet sich ausserhalb des Untersuchungsgebiets) ausgegangen. Anhand dieser drei Zählraten wurden die Verkehrsmengen auf den Autobahnstrecken abgeleitet.



## 5.2 Emissionsmengen

Die prozentualen Anteile der Fahrzeugkategorien für das Jahr 2010 sind in Tabelle 11 aufgezeigt. Sie wurden gegenüber 2008 und 2009 nicht verändert.

Tabelle 11: Prozentuale Anteile der Fahrzeugkategorien im Jahr 2010.

Strassentyp	Personenwagen (PKW)	Lieferwagen (LNF)	Motorräder (MR)	Lastwagen (SNF)
Hauptverkehrsstrassen	94.3%	0.9%	1.4%	3.4%
Autobahn	84.3%	8.4%	1.2%	6.1%

Basis für die Bestimmung der prozentualen Anteile der Fahrzeugkategorien sind die Verkehrszählungen der Stadt Bern (Tiefbauamt der Stadt Bern; TBA, 2009). An drei Stationen wird ganzjährig der Verkehr aufgeteilt für Personenwagen, Lastwagen, Lieferwagen, Busse und Motorräder gemessen. An zehn Standorten im Untersuchungsgebiet werden Personenwagen, Lastwagen und Motorräder registriert. Für die Bestimmung der prozentualen Anteile auf Hauptverkehrsstrassen wurden die drei Fixstationen sowie zwei mobile Stationen (Standstrasse 15 und Staufacherstrasse 134) verwendet, wobei die Fixstationen doppelt gewichtet verwendet wurden, weil diese eine grössere Datensicherheit aufweisen. Dies wurde 2009 abgesprochen mit dem TBA. Die verschiedenen Verkehrszustände sind eine weitere Grundlage bei den Berechnungen der Emissionen. Es wurde homogen über das Untersuchungsgebiet angenommen, dass 12 Stunden flüssiger Verkehr herrscht, 6 Stunden dichter, 4 Stunden gesättigter und 2 Stunden stop+go-Verkehr. Es liegen keine Grundlagen vor, um diese Definitionen besser abzustützen oder lokal zu variieren. Sensitivitätsberechnungen haben gezeigt (z.B. andere Klassierung 10/4/8/2 Stunden), dass beim NO<sub>x</sub> ca. 2% mehr Emissionen resultieren, beim PM10 gibt es jedoch keine Unterschiede.

Die Emissionsfaktoren sind in Tabelle 12 und Tabelle 14 aufgelistet. Es zeigt sich, dass die Lastwagen (SNF) über 20 Mal so viel NO<sub>x</sub>-Emissionen ausstossen wie die Personenwagen. Beim Feinstaub sind die SNF-Faktoren innerorts etwa 10 Mal höher als bei den PKW (Tabelle 13 und Tabelle 15). Die schlussendlich verwendeten Emissionsfaktoren sind die gewichteten Werte (berechnet an Hand der Tabelle 11).

Tabelle 12: NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren in Gramm pro Kilometer der vier Fahrzeugkategorien sowie gewichtet für das Jahr 2010.

Strassentyp	Personenwagen (PKW) [g/km]	Lieferwagen (LNF) [g/km]	Motorräder (MR) [g/km]	Lastwagen (SNF) [g/km]	gewichtet [g/km]
Hauptverkehrsstr.	0.319	0.835	0.075	7.383	<b>0.561</b>
Autobahn	0.229	0.754	0.108	4.696	<b>0.545</b>

Tabelle 13: NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren in Prozent der PKW für die drei anderen Fahrzeugkategorien sowie das gewichtete Mittel für das Jahr 2010.

Strassentyp	Personenwagen (PKW)	Lieferwagen (LNF)	Motorräder (MR)	Lastwagen (SNF)	gewichtet
Hauptverkehrsstr.	100%	262%	24%	2314%	190%
Autobahn	100%	329%	47%	2050%	267%

Tabelle 14: PM10-Emissionsfaktoren aus dem Auspuff sowie Aufwirbelung und Abrieb in Gramm pro Kilometer der vier Fahrzeugkategorien sowie gewichtet für das Jahr 2010.

Strassentyp	Personenwagen (PKW) [g/km]	Lieferwagen (LNF) [g/km]	Motorräder (MR) [g/km]	Lastwagen (SNF) [g/km]	gewichtet [g/km]
Hauptverkehrsstr.	0.064	0.103	0.014	0.671	<b>0.085</b>
Autobahn	0.055	0.091	0.012	0.169	<b>0.065</b>

Tabelle 15: PM10-Emissionsfaktoren in Prozent der PKW für die drei anderen Fahrzeugkategorien sowie das gewichtete Mittel für das Jahr 2010.

Strassentyp	Personenwagen (PKW)	Lieferwagen (LNF)	Motorräder (MR)	Lastwagen (SNF)	gewichtet
Hauptverkehrsstr.	100%	160%	21%	1043%	132%
Autobahn	100%	166%	21%	306%	117%

In der Abbildung 12 und Abbildung 13 sind die spezifischen Emissionen in t/km für Stickoxide und Feinstaub dargestellt.

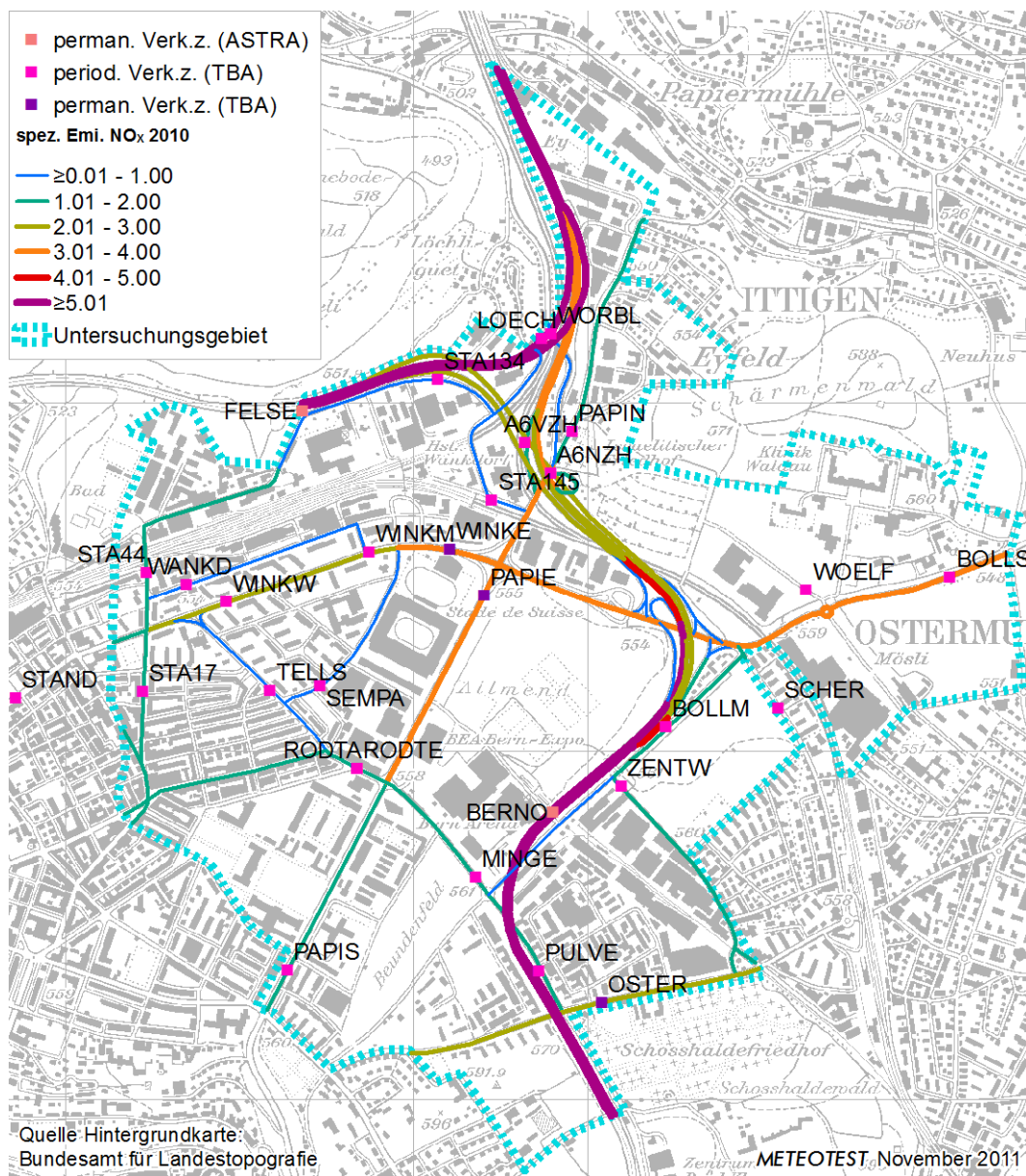


Abbildung 12: Spezifische NO<sub>x</sub>-Emissionen (t/km) im Untersuchungsgebiet.

Im Vergleich zum Bericht zum Jahr 2009 (METEOTEST, 2010b) fällt auf, dass die spezifischen Emissionen auf der A6 im Bereich des Wankdorfs geringer sind. Der Grund liegt in der Tatsache, dass der DTV auf der Autobahn optimiert wurde (vergl. Bemerkung zu Abbildung 11), also besser auf die verschiedenen Autobahnteilstrecken verteilt wurde. Dadurch sind die Emissionen auf den am stärksten belasteten Strecken im Bereich des Wankdorfs etwas tiefer. Dies allein hat aber keinen Einfluss auf das Total der Schadstoffmengen.



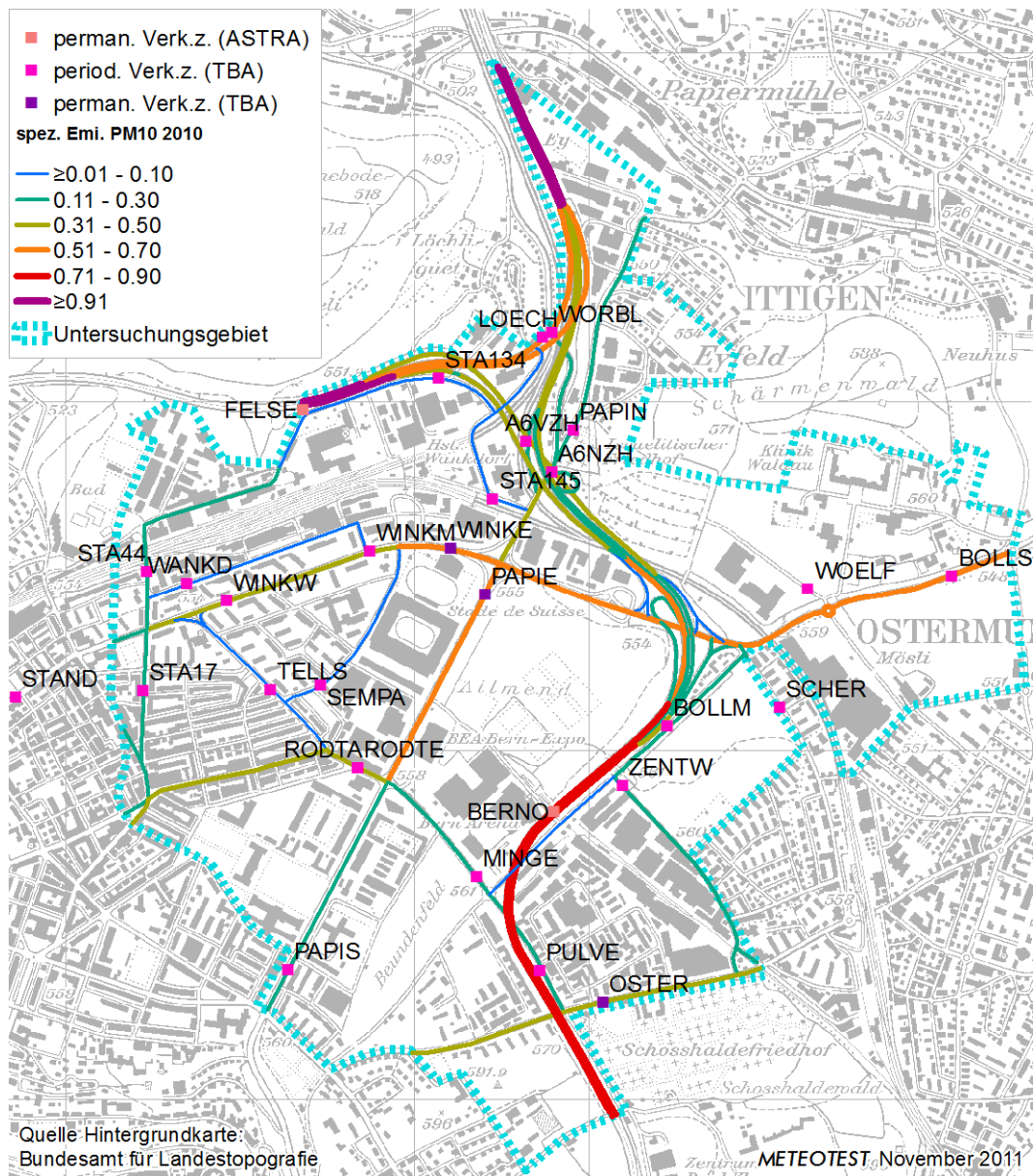


Abbildung 13: Spezifische PM10-Emissionen (t/km) im Untersuchungsgebiet.

Die Stickoxid- und Feinstaub-Emissionen werden wie folgt berechnet:

$$\text{Emission [Tonnen pro Jahr]} = \text{DTV [Anz. Fhz. pro Tag]} * \text{Streckenlänge [km]} * \text{Emissionsfaktor [Gramm pro km und Fhz.]} * 365 \text{ [Tage pro Jahr]} / 1'000'000 \text{ [Umrechnung auf Tonnen]}$$

Im Gebiet des ESP wurden auf HVS rund 127'000 Fahrzeug-Kilometer registriert, auf der Stadt-Autobahn rund 313'000 Fahrzeug-Kilometer (Tabelle 16). Die Emissionen auf den Hauptverkehrsstrassen betragen gemäss Tabelle 17 gut 30% der Summe.

Tabelle 16: Fahrzeugkilometer (Summe aus DTV \* Streckenlänge) sowie NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen in Tonnen im Jahr 2010.

	<b>FzKm</b>	<b>NO<sub>x</sub> [t/a]</b>	<b>PM10 [t/a]</b>
Hauptverkehrsstrassen	134'356	27.493	4.152
Autobahn	313'405	62.320	7.394
Summe	447'760	89.814	11.545

Tabelle 17: Fahrzeugkilometer sowie NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen in Prozent der Summe für das Jahr 2010.

	<b>FzKm</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>PM10</b>
Hauptverkehrsstrassen	30%	31%	36%
Autobahn	70%	69%	64%
Summe	100%	100%	100%

Die Tabelle 18 und Tabelle 19 fasst die Werte der Jahre 2008 – 2010 zusammen. Aufgrund der deutlich tieferen Anzahl Fahrzeugkilometer, die im Jahr 2010 gegenüber dem Jahr 2009 auf Autobahnstrecken zurückgelegt worden sind, nahmen dort die Emissionen deutlich ab. Dies ist hauptsächlich auf die Baustelle auf dem Felsenauviadukt und den dadurch verursachten Rückgang des DTV zurückzuführen. Auf den Hauptverkehrsstrassen im Bereich des ESP Wankdorf nahmen die Emissionen gegenüber dem Jahr 2009 leicht zu. Über das gesamte Untersuchungsgebiet gesehen nahmen die Emissionen 2010 gegenüber 2009 ab. Die Abnahme auf den Autobahnstrecken überwiegt die Zunahme auf den Hauptverkehrsstrassen.

Tabelle 18: Fahrzeugkilometer sowie NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen in Tonnen pro Jahr sowie Prozent der Summen der Jahren 2008 – 2010.

<b>Jahr</b>	<b>Strassentyp</b>	<b>FzKm</b>	<b>NO<sub>x</sub> [t/a]</b>	<b>PM10 [t/a]</b>	<b>FzKm</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>PM10</b>
2008	Hauptverkehrsstr.	131'655	29.2	4.2	27%	27%	32%
2009	Hauptverkehrsstr.	121'168	25.7	3.8	26%	26%	31%
2010	Hauptverkehrsstr.	134'356	27.5	4.2	30%	31%	36%
2008	Autobahn	355'118	79.4	8.7	73%	73%	68%
2009	Autobahn	352'230	73.8	8.5	74%	74%	69%
2010	Autobahn	313'405	62.3	7.4	70%	69%	64%
2008	Summe	486'773	108.6	12.9	100%	100%	100%
2009	Summe	473'448	99.5	12.3	100%	100%	100%
2010	Summe	447'760	89.8	11.5	100%	100%	100%

Tabelle 19: Fahrzeugkilometer sowie NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen in Prozent zu den Werten des Jahres 2008.

<b>Jahr</b>	<b>Strassentyp</b>	<b>FzKm</b>	<b>NO<sub>x</sub> [t/a]</b>	<b>PM10 [t/a]</b>
2008	Hauptverkehrsstrassen	100%	100%	100%
2009	Hauptverkehrsstrassen	92%	88%	91%
2010	Hauptverkehrsstrassen	102%	94%	99%
2008	Autobahn	100%	100%	100%
2009	Autobahn	99%	93%	97%
2010	Autobahn	88%	78%	85%
2008	Summe	100%	100%	100%
2009	Summe	97%	92%	95%
2010	Summe	92%	83%	89%



## 6 Neuberechnung 2008 und 2009

In den Berichten der Jahre 2008 und 2009 (*METEOTEST*, 2010a und 2010b) wurden die Emissionsfaktoren der Jahre 2008 resp. 2009 jeweils aus den Angaben für 2005 und 2010 interpoliert. Mit dem Handbuch Emissionsfaktoren 3.1 (BAFU, 2010) stehen jedoch für alle Jahre separate Emissionsfaktoren zur Verfügung. Dadurch ist es möglich die Emissionen der Jahre 2008 und 2009 genauer zu berechnen. In der Tabelle 20 sind die Fahrzeugkilometer (FzKm) im Untersuchungsgebiet sowie die neu berechneten NO<sub>x</sub>- und die PM10-Emissionen des Jahres 2008 aufgeführt. Die Tabelle 21 zeigt jeweils die Anteile der Autobahnstrecken und Hauptverkehrsstrassen an der Summe. Die Tabelle 22 und die Tabelle 23 zeigen analoge Auswertungen für das Jahr 2009. Zudem ist in Tabelle 20 und in Tabelle 22 auch die Veränderung in Prozent gegenüber der ursprünglichen Berechnung angegeben. Beim NO<sub>x</sub> zeigt sich eine Abnahme um rund 2 – 4% während beim PM10 eine ganz leichte Zunahme zu verzeichnen ist.

Tabelle 20: Fahrzeugkilometer (Summe aus DTV \* Streckenlänge) sowie NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen in Tonnen im Jahr 2008.

	<b>FzKm</b>	<b>NO<sub>x</sub> [t/a]</b>	<b>Veränd.</b>	<b>PM10 [t/a]</b>	<b>Veränd.</b>
Hauptverkehrsstrassen	131'655	29.181	-3.4%	4.173	+0.5%
Autobahn	355'118	79.394	-4.4%	8.732	-0.1%
Summe	486'773	108.575	-4.1%	12.905	+0.1%

Tabelle 21: Fahrzeugkilometer sowie NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen in Prozent der Summe im Jahr 2008.

	<b>FzKm</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>PM10</b>
Hauptverkehrsstrassen	27%	27%	32%
Autobahn	73%	73%	68%
Summe	100%	100%	100%

Tabelle 22: Fahrzeugkilometer (Summe aus DTV \* Streckenlänge) sowie NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen in Tonnen im Jahr 2009.

	<b>FzKm</b>	<b>NO<sub>x</sub> [t/a]</b>	<b>Veränd</b>	<b>PM10 [t/a]</b>	<b>Veränd</b>
Hauptverkehrsstrassen	121'168	25.683	-2.3%	3.797	+0.3%
Autobahn	352'230	73.815	-3.1%	8.486	0.0%
Summe	473'448	99.497	-2.9%	12.283	+0.1%

Tabelle 23: Fahrzeugkilometer sowie NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen in Prozent der Summe im Jahr 2009.

	<b>FzKm</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>PM10</b>
Hauptverkehrsstrassen	26%	26%	31%
Autobahn	74%	74%	69%
Summe	100%	100%	100%

## 7 Fazit und Schlussfolgerungen

Entlang der Hauptverkehrsachsen im ESP Wankdorf waren im Jahr 2010 die Grenzwerte der Jahresmittelwerte von Stickstoffdioxid und Feinstaub überschritten. In den Quartieren abseits stark befahrener Strassen lagen die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte unter dem Grenzwert von 30 µg/m<sup>3</sup>.

Der Einfluss von meteorologischen Verhältnissen ist v.a. beim Feinstaub deutlich zu erkennen. Die Feinstaub-Belastung wird stärker durch überregionale Immissionen beeinflusst als beim Stickstoffdioxid.

Nebst den Punktmessungen an den einzelnen Standorten wurden ab dem Jahr 2010 auch Querprofile mit NO<sub>2</sub>-Passivsammlern entlang stark befahrener Strasse gemessen. Somit kann die Abnahme der Luftbelastung durch NO<sub>2</sub> quer zur Strasse aufgezeigt werden. Insgesamt wurden 6 zusätzliche Messstandorte betrieben.

Im Messjahr 2010 standen deutlich weniger Daten der Verkehrszählungen zur Verfügung. Es sollte alles daran gesetzt werden, dass möglichst vollständige Datenreihen vorliegen (Verkehrszählungen, Luftschadstoff- und meteorologische Messungen). Nur so können belastbare Aussagen zur Situation der Luftbelastung und Emissionsmenge erarbeitet werden.

## 8 Literatur

- BAFU, 2010: Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs (HBEFA). Version 3.1.  
<http://www.bafu.admin.ch/luft/00596/00597/00605/index.html>
- BAFU, 2010a: Luftschadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs 1990-2035. Aktualisierung 2010. Umwelt-Wissen Nr. 1021.  
<http://www.bafu.admin.ch/luft/00596/00597/00604>
- BAFU, 2011: NABEL. Luftbelastung 2010. Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL).  
[http://www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung/blick\\_zurueck/10576/index.html](http://www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung/blick_zurueck/10576/index.html)
- beco, 2011: Berner Luft 2010.  
[http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftmesswerte/downloads\\_publicationen/luftreinhaltung.html](http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftmesswerte/downloads_publicationen/luftreinhaltung.html)
- BVE, 2009: Monitoring und Controlling ESP Wankdorf. Monitoring Bericht 08. Stand März 2009. Projektorganisation ESP Wankdorf.  
[http://www.wankdorf.info/der\\_raum/Monitoring%20neu.pdf](http://www.wankdorf.info/der_raum/Monitoring%20neu.pdf)
- LRV, 1985: Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985; Stand am 1. Januar 2009.  
[www.admin.ch/ch/d/sr/c814\\_318\\_142\\_1.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_318_142_1.html)
- METEOTEST*, 2010a: Monitoring und Controlling ESP Wankdorf. Luftbelastung: Analyse und Interpretation für das Messjahr 2008.
- METEOTEST*, 2010b: Monitoring und Controlling ESP Wankdorf. Luftbelastung: Analyse und Interpretation für das Messjahr 2009.
- TBA, 2011: Verkehrszählungen in der Stadt Bern. Datenlieferungen per E-Mail im Juli 2011.

## Anhang

### A1: Abkürzungen und Begriffserläuterungen

AfU	Amt für Umweltschutz der Stadt Bern <a href="http://www.bern.ch/luft">http://www.bern.ch/luft</a>
ASTRA	Bundesamt für Strassen <a href="http://www.astra.admin.ch">http://www.astra.admin.ch</a>
BAFU	Bundesamt für Umwelt <a href="http://www.bafu.admin.ch/luft/">http://www.bafu.admin.ch/luft/</a>
beco	Berner Wirtschaft, Immissionsschutz <a href="http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft.html">http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft.html</a>
BVE	Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern <a href="http://www.bve.be.ch">http://www.bve.be.ch</a>
DTV	Durchschnittlicher Täglicher Verkehr. Fahrzeuge pro Tag.
ENET	Ergänzungsnetz von MeteoSchweiz (44 Stationen vor allem für die Wind- und Lawinenwarnung) <a href="http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/messsysteme/boden/swissmetnet.html">http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/messsysteme/boden/swissmetnet.html</a>
Emissionen	Freisetzung von Luftschadstoffen an den Quellen <a href="http://www.bafu.admin.ch/luft/00596">http://www.bafu.admin.ch/luft/00596</a>
ESP	Programm Entwicklungsschwerpunkte <a href="http://www.jgk.be.ch/jgk/de/index/raumplanung/raumplanung/kantonale_raumplanung/siedlung_verkehr.html">http://www.jgk.be.ch/jgk/de/index/raumplanung/raumplanung/kantonale_raumplanung/siedlung_verkehr.html</a>
Feinstaub	Particulate Matter <10 Mikrometer (PM10, Feinpartikel): feindisperse Schwebestoffe mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 10 Mikrometer. Partikel dieser Grössenfraktion passieren den Nasen-/ Rachenbereich und können in die unteren Atemwege gelangen. Aus umfangreichen Studien sind Zusammenhänge zwischen PM10-Konzentration und der Häufigkeit von Atemwegs- sowie Herz- und Kreislauferkrankungen erwiesen (siehe auch PM10) <a href="http://www.feinstaub.ch">http://www.feinstaub.ch</a>
HBEFA3.1	Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs. Version 3.1 <a href="http://www.bafu.admin.ch/luft/00596/00597/00605/index.html">http://www.bafu.admin.ch/luft/00596/00597/00605/index.html</a>

---

Hauptverkehrsstrassen	Definition gemäss Handbuch Emissionsfaktoren: $\geq 2 \times 1$ oder $\geq 1 \times 2$ Fahrstreifen, mittlere Kapazität; Landesstrasse, mit überregionalem Verkehr
Immissionen	Messbare Luftbelastung in der Umwelt <a href="http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftmesswerte.html">http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftmesswerte.html</a> <a href="http://www.bern.ch/leben_in_bern/sicherheit/umweltschutz/Luft">http://www.bern.ch/leben_in_bern/sicherheit/umweltschutz/Luft</a> <a href="http://www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung">http://www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung</a>
Inversion	Eine Inversionswetterlage ist eine Wetterlage, die durch eine Umkehr (Inversion) des vertikalen Temperaturgradienten in der Atmosphäre geprägt ist: Die oberen Luftschichten sind hierbei wärmer als die unteren, was den Austausch der unteren Luftschicht mit der oberen unterbindet. Infolge dieser Abschirmung kann es zu einer Ansammlung von Luftschadstoffen in der kühleren, unteren Schicht kommen. Eine besonders starke und gerade über Ballungszentren auftretende Erscheinungsform einer solchen Luftverschmutzung ist der Smog. <a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Inversionswetterlage">http://de.wikipedia.org/wiki/Inversionswetterlage</a>
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge <3,5t (Kleinbusse, Lkw, Wohnmobile, sonstige Kfz)
LRV	Luftreinhalte-Verordnung <a href="http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_318_142_1.html">http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_318_142_1.html</a>
NABEL	Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe <a href="http://www.bafu.admin.ch/luft/00612/00625">http://www.bafu.admin.ch/luft/00612/00625</a>
MR	Motorrad
NO <sub>x</sub>	Stickoxide (Emissionen an den Schadstoffquellen. Sie werden zu 90 bis 99 Prozent als Stickstoffmonoxid (NO) emittiert, welches in der Folge in der Atmosphäre relativ rasch in das giftigere Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) umgewandelt wird). <a href="http://www.bafu.admin.ch/luft/00585/10763">http://www.bafu.admin.ch/luft/00585/10763</a>
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid (Immissionen) <a href="http://www.bern.ch/leben_in_bern/sicherheit/umweltschutz/Luft/luft_hygiene/no2">http://www.bern.ch/leben_in_bern/sicherheit/umweltschutz/Luft/luft_hygiene/no2</a> <a href="http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftschadstoffe/stickstoffdioxid.html">http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftschadstoffe/stickstoffdioxid.html</a>
Passivsammler	Der Passivsammler dient zur orientierenden Messung von Stickstoffdioxid. Er wird mehrere Tage exponiert und danach im Labor analysiert. Die Passivsammlermesstechnik erlaubt eine einfache, kostengünstige Überwachung einer grösseren Anzahl von Messstellen, ohne aufwändige und grosse Messeinrichtungen installie-

ren zu müssen. Dies bedeutet eine erhebliche Kostenersparnis bei der Überwachung der NO<sub>2</sub>-Belastung und ermöglicht es daher, gegenüber der Standardmesstechnik flächendeckende Informationen zu erhalten. Nachteil dieser Technik ist die grössere Unsicherheit der Messdaten. Vergleiche mit den Grenzwerten für NO<sub>2</sub> sind daher nur unter einem gewissen Vorbehalt durchführbar, als Orientierung und zur Überwachung der generellen Situation ist diese Methode jedoch durchaus gut geeignet (angepasst aus [http://mnz.lubw.baden-wuerttemberg.de/messwerte/wuppertal/hinweise\\_no2.htm](http://mnz.lubw.baden-wuerttemberg.de/messwerte/wuppertal/hinweise_no2.htm))  
[http://www.bern.ch/leben\\_in\\_bern/sicherheit/umweltschutz/Luft/pasivsammler](http://www.bern.ch/leben_in_bern/sicherheit/umweltschutz/Luft/pasivsammler)

PKW	Personenkraftwagen und Kombi (ohne Kleinbusse)
PM10	siehe auch Feinstaub. Kleine Partikel des Gesamtstaubs mit einem Durchmesser von weniger als 10 µm; Bezeichnung sowohl als Emissionen wie auch Immissionen. <a href="http://www.bern.ch/leben_in_bern/sicherheit/umweltschutz/Luft/luft_hygiene/pm10">http://www.bern.ch/leben_in_bern/sicherheit/umweltschutz/Luft/luft_hygiene/pm10</a> <a href="http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftschaedstoffe/feinstaub.html">http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftschaedstoffe/feinstaub.html</a> <a href="http://www.bafu.admin.ch/luft/00585/10761">http://www.bafu.admin.ch/luft/00585/10761</a>
SNF	Schwere Nutzfahrzeuge (= Oberbegriff für Lastkraftwagen (LKW), Lastenzüge (LZ) und Sattelzüge (SZ))
Stadt-Autobahn	Definition gemäss Handbuch Emissionsfaktoren: ≥2x2 Fahrstreifen; kreuzungsfrei; Hauptverkehrslinie / Ringstrasse mit hoher Kapazität
Stickoxide	siehe NO <sub>x</sub>
Stickstoffdioxid	siehe NO <sub>2</sub>
SwissMetNet	Das neue meteorologische Messnetz der MeteoSchweiz. <a href="http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/messsysteme/boeren/swissmetnet/infos_messtation/bern.html">http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/messsysteme/boeren/swissmetnet/infos_messtation/bern.html</a>
TBA	Tiefbauamt der Stadt Bern <a href="http://www.bern.ch/stadtverwaltung/tvs/tba/PuR/Verkehr">http://www.bern.ch/stadtverwaltung/tvs/tba/PuR/Verkehr</a>
µg/m <sup>3</sup>	Mikrogramm pro Kubikmeter

## A2: Luftschadstoffmessungen im Jahr 2010

Nachfolgende Tabellen zeigen die Jahresmittelwerte. Sie sind farblich unterschiedlich gekennzeichnet: grün= Grenzwert eingehalten, rot= Grenzwert überschritten, violett= 25% über dem Grenzwert.

Tabelle 24: Standorte mit Luftschadstoffmessungen sowie Jahresmittelwerte im Jahr 2010 (Fixstationen).

Station	Abkürzung	Koordinaten	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM10 [µg/m <sup>3</sup> ]
Bern-Brunngasshalde (AfU)	BRUNN	600'833 / 199'785	29.5	22.6
Bern-Bollwerk (NABEL)	BOLLW	600'170 / 199'990	45.2	26.6
Bern Wankdorf (beco)	MESSW	602'015 / 201'570	36.3	22.1 <sup>6</sup>
Ittigen (beco)	ITTIG	603'040 / 202'810	25.0	19.7
Brünnen	BRUEN	595'647 / 199'510	---	19.6
Eigerplatz	EIGER	599'415 / 198'838	---	21.9

Tabelle 25: Standorte mit Luftschadstoffmessungen sowie Jahresmittelwerte im Jahr 2010 (Passivsammler).

NO <sub>2</sub> -Passivsammler <sup>7</sup>	Abkürzung	Koordinaten	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]
Breitenrainplatz	BRE-P	601'195 / 200'838	36.8
Breitenrainplatz B	BRE-B	601'166 / 200'881	23.7
Burgfeld Ost	BUR-O	602'710 / 201'052	42.2
Burgfeld West	BUR-W	602'715 / 201'153	36.1
Businesspark	BUSIN	601'240 / 201'650	25.3 <sup>8</sup>
Guisanplatz	GUISP	601'916 / 200'939	35.0
Morgartenstrasse	MORGA	601'540 / 201'360	24.1 <sup>8</sup>
Schönburg	SCHOE	601'568 / 200'284	38.1
Standstrasse	STAND	601'150 / 201'338	30.3
Standstrasse Strasse	STA-A	601'150 / 201'310	30.3 <sup>8</sup>
Standstrasse Quartier	STA-B	601'150 / 201'380	24.4 <sup>8</sup>
Stauffacherstrasse Nord	STA-N	601'897 / 202'095	keine Daten

<sup>6</sup> Die Messung wurde erst im März 2010 gestartet. Da der Mittelwert März bis Dezember mit 18.9 unrealistisch tief ist, wurden die Monate Januar und Februar durch Vergleich (Regressionsberechnung) aus den PM10-Daten der Station Eigerplatz hergeleitet.

<sup>7</sup> hier sind nur diejenigen Stationen aufgeführt, welche im Untersuchungsgebiet des ESP Wankdorf liegen. Die übrigen Stationen sind unter [http://www.bern.ch/leben\\_in\\_bern/sicherheit/umweltschutz/Luft/passivsammler](http://www.bern.ch/leben_in_bern/sicherheit/umweltschutz/Luft/passivsammler) dokumentiert.

<sup>8</sup> Die Messungen wurden erst im März 2010 gestartet. Daher wurden die Monatsmittelwerte aus anderen Stationen (Sonnenhof, Insel, Schillingstrasse, Steigerhubel und Gurten) hergeleitet.

NO <sub>2</sub> -Passivsammler <sup>7</sup>	Abkürzung	Koordinaten	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]
Stauffacherstrasse Süd	STA-S	601'923 / 202'045	49.5
Tellstrasse	TELLS	601'566 / 201'210	22.8
Wankdorf beco	WAN-B	602'027 / 201'571	36.1
Wankdorfplatz Nord	WAN-N	602'222 / 201'595	34.1
Wankdorfplatz Süd	WAN-S	602'257 / 201'476	39.9
Winkelriedstrasse Strasse	WIN-A	601'440 / 201'420	32.4 <sup>8</sup>
Winkelriedstrasse Quartier	WIN-B	601'410 / 201'470	23.5 <sup>8</sup>

### A3: Standorte mit meteorologischen Messdaten

Tabelle 26: Standorte mit meteorologischen Messdaten.

Station	Abkürzung	Koordinaten	Höhe [m.ü.M.]
Bern-Zollikofen (SwissMetNet)	ZOLLI	601'930 / 204'410	553
Bern-Bollwerk (NABEL)	BOLLW	600'170 / 199'990	536
Länggasse (METEOTEST)	LAENG	598'846 / 200'225	575
Bantiger (ENET)	BANTI	606'850 / 202'975	942

### A4: Zählstellen und Messdaten des motorisierten Individualverkehrs im Jahr 2010

Tabelle 27: Standorte mit Verkehrszählungen (permanente Messungen) und DTV im Jahr 2010.

Station	Abkürzung	Koordinaten	DTV
Ostermundigenstrasse 61 (TBA)	OSTER	602539 / 200278	10'712
Papiermühlestrasse 91 (TBA)	PAPIE	602201 / 201450	Keine Daten
Winkelriedstrasse 10 (TBA)	WINKE	602103 / 201583	Keine Daten
Bern, Felsenauviadukt (ASTRA)	FELSE	601680 / 201980	86'460
Umfahrung Bern Ost (ASTRA)	BERNO	602400 / 200825	67'409



Tabelle 28: Standorte mit Verkehrszählungen (periodische Messungen) und DTV im Jahr 2010.

Station	Abkürzung	Koordinaten	DTV
A6-Ausfahrt von ZH	A6VZH	602320 / 201890	Keine Daten
A6-Einfahrt nach ZH	A6NZH	602395 / 201800	Keine Daten
Bolligenstrasse Mitte	BOLLM	602723 / 201071	7'442
Bolligenstrasse Stadtgrenze	BOLLS	603541 / 201503	Keine Daten
Mingerstrasse	MINGE	602177 / 200638	Keine Daten
Papiermühlestrasse Nord	PAPIN	602455 / 201920	Keine Daten
Papiermühlestrasse Süd	PAPIS	601637 / 200372	9'200
Pulverweg	PULVE	602360 / 200370	Keine Daten
Rodtmattstrasse Sa (Guisanplatz)	RODTA	601836 / 200950	Keine Daten
Rodtmattstrasse Se (Guisanplatz)	RODTE	601836 / 200950	Keine Daten
Schermenweg 133	SCHER	603047 / 201124	3'421
Sempachstrasse 7	SEMPA	601731 / 201189	Keine Daten
Standstrasse 15	STAND	600855 / 201154	9'587
Löchligutweg	LOECH	602366 / 202187	5'848
Stauffacherstrasse 134	STA134	602068 / 202070	Keine Daten
Stauffacherstrasse 145	STA145	602224 / 201725	Keine Daten
Stauffacherstrasse 17a	STA17	601221 / 201171	Keine Daten
Stauffacherstrasse 44 (SBB)	STA44	601232 / 201517	Keine Daten
Tellstrasse 18	TELLS	601587 / 201174	Keine Daten
Wankdorffeldstrasse West	WANKD	601347 / 201481	2'911
Winkelriedstrasse Mitte	WINKM	601872 / 201575	Keine Daten
Winkelriedstrasse West	WINKW	601460 / 201430	11'458
Wöflistrasse	WOELF	603127 / 201465	Keine Daten
Worblauenstrasse Nord	WORBL	602393 / 202201	Keine Daten
Zentweg West	ZENTW	602596 / 200901	5'074

## A5: Emissionsfaktoren für Feinstaub im Jahr 2010

In Tabelle 29 sind die Emissionsfaktoren für Feinstaub nur am Auspuff der Fahrzeuge aufgezeigt (BAFU, 2010). Sie sind meistens kleiner als die Werte aus für Abrieb und Aufwirbelung gemäss BAFU (2010a). Diese Werte (Tabelle 30) bleiben zeitlich unverändert. Die verwendeten Emissionsfaktoren aus Auspuff, Abrieb und Aufwirbelung sind in der Tabelle 14 dokumentiert.

Tabelle 29: PM10-Emissionsfaktoren aus dem Auspuff in Gramm pro Kilometer der vier Fahrzeugkategorien sowie gewichtet für das Jahr 2010.

Strassentyp	Personenwagen (PKW)	Lieferwagen (LNF)	Motorräder (MR)	Lastwagen (SNF)	gewichtet
Hauptverkehrsstr.	0.010	0.049	0.000	0.131	<b>0.015</b>
Autobahn	0.008	0.044	0.000	0.095	<b>0.016</b>

Tabelle 30: PM10-Emissionsfaktoren in Gramm pro Kilometer für Abrieb und Aufwirbelung.

	Innerorts	Autobahn
Leichte Motorwagen (Personenwagen, Lieferwagen)	0.054	0.047
Schwere Motorwagen (Lastwagen)	0.540	0.074
Motorräder	0.0135	0.0118