



Bern, 19. März 2013

## **Monitoring und Controlling ESP Wankdorf**

**Luftbelastung 2008 – 2012**

---

Auftraggeber:

Dr. Ulrich Seewer  
Projektbeauftragter ESP Wankdorf  
Leitung Abteilung Gesamtmobilität (BVE)  
Reiterstrasse 11  
3011 Bern

Version	Datum	Dokument	Projektnummer
1	19.03.2013	Schlussbericht	12_028

Bearbeitung	Name	Datum
Erstellt von	Dominik Eggli	26.02.2013
Kontrolliert von	Thomas Künzle	15.03.2013
Genehmigt von	Beat Schaffner	19.03.2013

Meteotest gewährleistet ihren Kunden eine sorgfältige und fachgerechte Auftragsabwicklung. Jegliche Haftung, insbesondere auch für Folgeschäden, wird im Rahmen des gesetzlich Zulässigen wegbedungen.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung, Projektrahmen, Zielsetzungen .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Luftschadstoffe .....</b>	<b>7</b>
2.1	Stickoxide (NO <sub>x</sub> ), Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ).....	7
2.2	Feinstaub (PM10) .....	7
2.3	Grenzwerte.....	8
<b>3</b>	<b>Messdaten und Analyse .....</b>	<b>9</b>
3.1	Jahresmittelwerte Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) .....	9
3.2	Jahresmittelwerte Feinstaub (PM10) .....	13
3.3	Monatsmittelwerte Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) und Feinstaub (PM10) .....	14
3.4	Tagesmittelwerte Feinstaub (PM10) während Episoden .....	16
3.5	Meteorologische Situation .....	18
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>21</b>
	<b>Anhang.....</b>	<b>22</b>
A1	Abkürzungen und Begriffserläuterungen.....	22
A2	Luftschadstoffmessungen im Jahr 2012 .....	25
A3	Standorte mit meteorologischen Messdaten.....	26
A4	Schematische Verteilung der NO <sub>2</sub> - und PM10-Belastung .....	26

## Tabellen

Tabelle 1:	Grenzwerte für NO <sub>2</sub> und PM10 gemäss LRV. ....	8
Tabelle 2:	Entwicklung der Luftbelastung an den Standorten mit NO <sub>2</sub> - Passivsammler-Messungen in den vergangenen fünf Jahren. ....	11
Tabelle 3:	Jahresmittelwerte (µg/m <sup>3</sup> ) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von NO <sub>2</sub> an den Fixstationen in den Jahren 2008 – 2012. ....	13
Tabelle 4:	Jahresmittelwerte (µg/m <sup>3</sup> ) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von PM10 an den Fixstationen in den Jahren 2008 – 2012. ....	13
Tabelle 5:	Anzahl Tage mit Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2008 – 2012. ....	18
Tabelle 6:	Standorte mit Luftschadstoffmessungen sowie Jahresmittelwerte im Jahr 2012 (Fixstationen). ....	25
Tabelle 7:	Standorte mit Luftschadstoffmessungen sowie Jahresmittelwerte im Jahr 2012 (Passivsammler). ....	25
Tabelle 8:	Standorte mit meteorologischen Messdaten. ....	26

## Abbildungen

Abbildung 1: Stickstoffdioxid-Messstandorte im Untersuchungsgebiet des ESP Wankdorf. Die Symbole und Stationsnamen sind entsprechend den klassierten NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwerten des Jahres 2012 eingefärbt. ....	10
Abbildung 2: Darstellung der Jahresmittelwerte an den Passivsammlerstationen des AfU von 2008 – 2012. ....	12
Abbildung 3: Darstellung der Monatsmittelwerte und der Anzahl Tage mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes pro Monat an der Messstation Bern-Brunngasshalde (AfU) von 2008 – 2012. ....	14
Abbildung 4: Darstellung der Monatsmittelwerte und der Anzahl Tage mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes pro Monat an der Messstation Bern-Wankdorf (beco) von 2008 – 2012. ....	15
Abbildung 5: Entwicklung der Feinstaub-Immissionen im Februar 2012. ....	16
Abbildung 6: Entwicklung der Feinstaub-Immissionen im Juli/August 2012. ....	17
Abbildung 7: Entwicklung der Feinstaub-Immissionen im Dezember 2012. ....	17
Abbildung 8: Zusammenhang zwischen Emission, Transmission und Immission. ....	18
Abbildung 9: Zeitlicher Verlauf der Anzahl Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2008 – 2012. ....	19
Abbildung 10: Schematische Verteilung der NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwerte in Bern. ....	27
Abbildung 11: Schematische Verteilung der PM10-Jahresmittelwerte in Bern (ergänzt mit typischen ausserkantonale Messungen). ....	28

# 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) wurde 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 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 die Jahre 2008 bis 2012 aufzuzeigen.

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 1).

## 2 Lufts Schadstoffe

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>1</sup>. Weiterführende Angaben und Links sind im Anhang A1 Abkürzungen und Begriffserläuterungen zu finden.

### 2.1 Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ), Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ )

Unter dem Begriff Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) 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)

### 2.2 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>1</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

## 2.3 Grenzwerte

In der Luftreinhalte-Verordnung (LRV 1985) sind die Immissionsgrenzwerte gemäss Tabelle 1 definiert.

Tabelle 1: 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



### 3 Messdaten und Analyse

Im Untersuchungsgebiet stehen Luftschadstoffmessungen vom Messwagen des beco sowie rund 20 NO<sub>2</sub>-Passivsammler-Standorten zur Verfügung.

Ergänzend wurden diverse Messstationen im angrenzenden und weiteren Umfeld des Untersuchungsgebietes beigezogen.

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

Meteorologische Messdaten stehen von den Standorten Zollikofen und Bantiger zur Verfügung.

#### 3.1 Jahresmittelwerte Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)

Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt des Untersuchungsgebietes ESP Wankdorf mit den Standorten der Luftschadstoffmessungen. Stationswerte sind grün dargestellt, wenn der Grenzwert eingehalten ist. Orange sind Werte über dem Grenzwert. Violett dargestellt sind Werte mehr als 25% über dem Grenzwert. Die Grenze des Untersuchungsgebietes ist hellblau gepunktet dargestellt.

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

An der Standstrasse und der Winkelriedstrasse wurden im Jahr 2010 jeweils zwei zusätzliche Standorte definiert, um das Querprofil der Belastung entlang von stark befahrenen Strassen in die angrenzenden Wohnzonen hinein zu erfassen. Die Messungen 2010 bis 2012 zeigen, dass an den beiden strassennahen Standorten deutlich höhere NO<sub>2</sub>-Werte auftreten als bei den beiden dazugehörigen Quartierstandorten. Dort wurden NO<sub>2</sub>-Werte deutlich unter 30 µg/m<sup>3</sup> (Grenzwert der LRV) gemessen (siehe Tabelle 2).

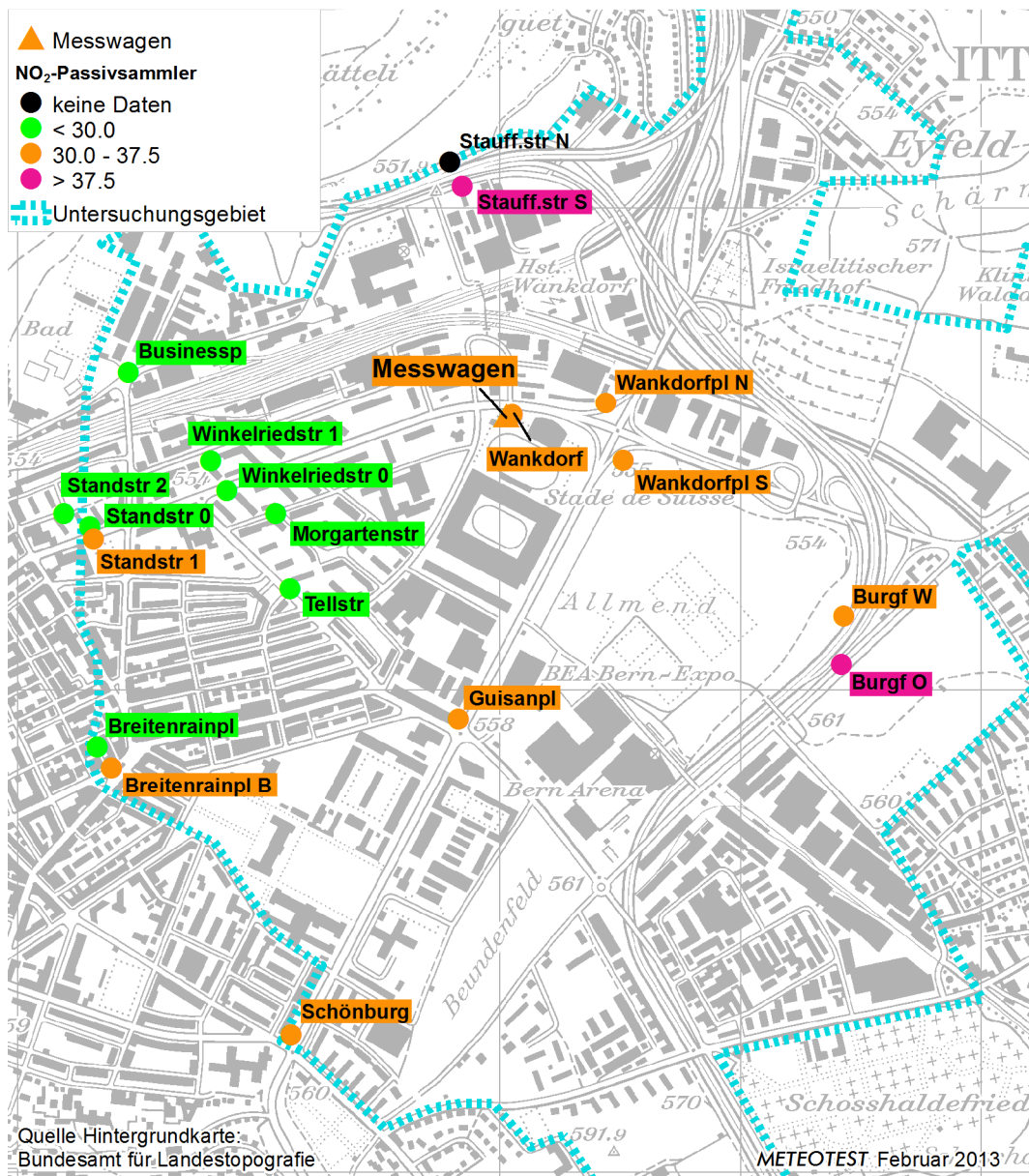


Abbildung 1: Stickstoffdioxid-Messstandorte im Untersuchungsgebiet des ESP Wankdorf. Die Symbole und Stationsnamen sind entsprechend den klassierten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerten des Jahres 2012 eingefärbt.

Bei den beiden Passivsammlerstandorten Morgartenstrasse und Businesspark fehlte jeweils ein Monatsmittelwert. Damit dennoch möglichst präzise Jahresmittelwerte in Tabelle 2 dargestellt werden können, wurden die fehlenden Monatswerte mittels Regressionsberechnungen zu einem Standort mit vollständiger Zeitreihe ergänzt. Dazu wurden die restlichen Passivsammlermessungen im Untersuchungsgebiet verwendet, und zwar jeweils diejenigen mit der höchsten Korrelation.

Die Interpretation der zeitlichen Entwicklung der Belastungssituation an den verschiedenen Messstationen seit dem Jahr 2008 ist nicht Hauptgegenstand dieses

Berichtes. Es kann kein eindeutiger mehrjähriger Trend in der Entwicklung festgestellt werden. Im Jahr 2012 wurden ähnlich Werte wie im Vorjahr registriert.

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

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

Jahresmittelwerte	Abkürzung	2008	2009	2010	2011	2012
Breitenrainplatz	Breitenrainpl	39.2	39.0	36.8	34.2	34.5
Breitenrainplatz B	Breitenrainpl B	25.8	25.3	23.7	22.9	22.2
Burgfeld Ost	Burgf O	40.7	43.1	42.2	42.9	43.1
Burgfeld West	Burgf W	37.7	37.9	36.1	39.5	32.3
Businesspark	Businessp	---	---	25.3	25.4	26.1
Guisanplatz	Guisanpl	39.5	39.6	35.0	36.5	36.2
Morgartenstrasse	Morgartenstr	---	---	24.1	22.7	22.0
Schönburg	Schönburg	41.0	41.8	38.1	---	36.5
Standstrasse	Standstr 0	31.6	33.0	30.3	29.7	29.3
Standstrasse Strasse	Standstr 1	---	---	30.3	30.6	30.8
Standstrasse Quartier	Standstr 2	---	---	24.4	24.0	24.2
Stauffacherstr. Nord	Stauff.str N	54.4	---	---	---	---
Stauffacherstr. Süd	Stauff.str S	55.3	51.9	49.5	47.8	50.0
Tellstrasse	Tellstr	29.6	24.7	22.8	20.1	23.2
Wankdorf beco	Wankdorf	40.1	40.5	36.1	34.2	34.0
Wankdorfplatz Nord	Wankdorfpl N	39.6	---	34.1	36.7	33.1
Wankdorfplatz Süd	Wankdorfpl S	38.0	---	39.9	33.6	34.0
Winkelriedstr. Strasse	Winkelriedstr 0	---	---	32.4	30.2	28.6
Winkelriedstr. Quartier	Winkelriedstr 1	---	---	23.5	24.8	24.2

<sup>2</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.

<sup>3</sup> Für den Standort Schönburg konnten die fehlenden Werte der Monate Oktober und November nicht mittels Regression ergänzt werden, da keine Station mit vollständiger Messreihe gut korreliert.

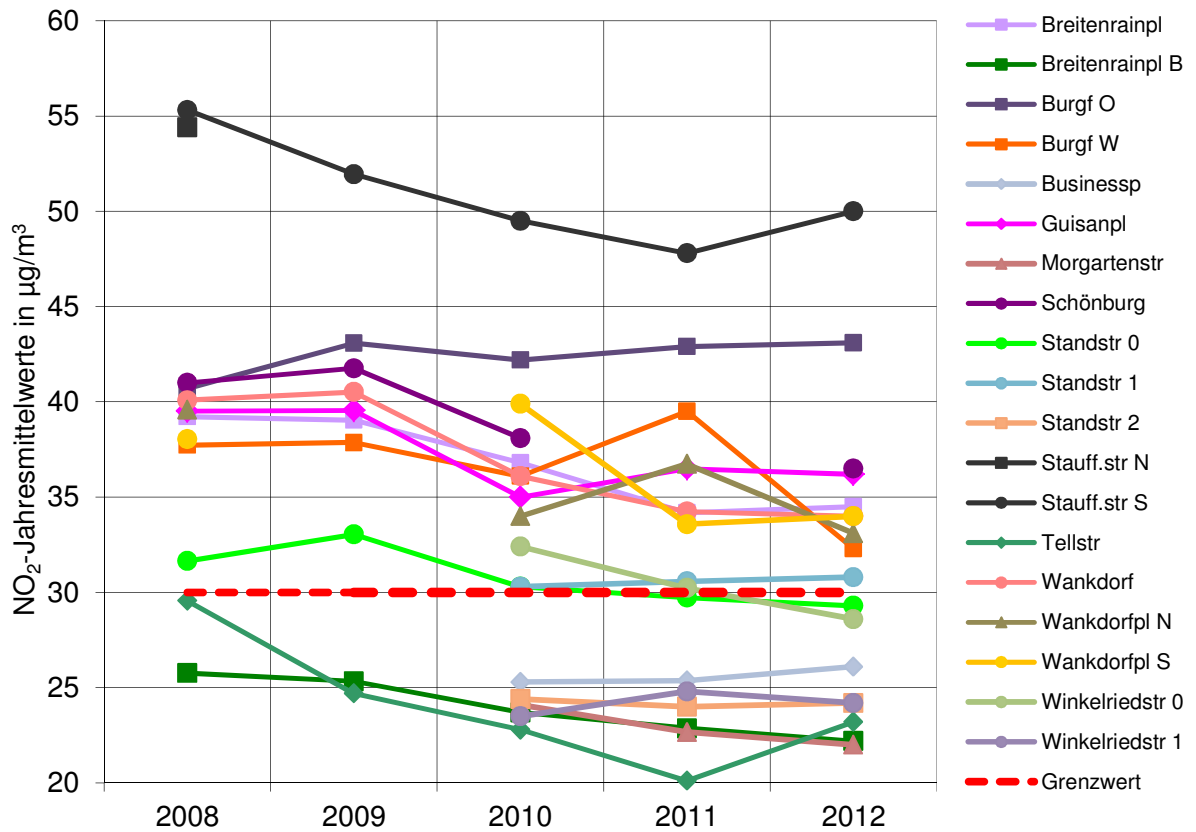


Abbildung 2: Darstellung der Jahresmittelwerte an den Passivsammlerstationen des AfU von 2008 – 2012.

In Tabelle 3 sind die Stickstoffdioxid-Daten der Fixstationen dargestellt. An den innenstädtischen Messstationen wird der Grenzwert für den Jahresmittelwert teilweise nicht eingehalten. Im Vergleich zum Jahr 2011 wurde eine leichte Reduktion der Immissionsbelastung festgestellt.

Tabelle 3: Jahresmittelwerte ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von  $\text{NO}_2$  an den Fixstationen in den Jahren 2008 – 2012.

<b>Jahresmittelwerte</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Bern-Brunngasshalde (AfU)	30.1	31.0	29.5	28.2	27.8
Bern-Bollwerk (NABEL)	47.3	47.1	45.2	42.4	41.7
Bern-Wankdorf (beco)	40.1	38.8	36.3	35.7	34.0
Ittigen (beco)	26.5	26.1	25.0	--- <sup>4</sup>	23.8
<b>Anzahl Tage &gt; Grenzwert</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Bern-Brunngasshalde (AfU)	0	1	1	0	0
Bern-Bollwerk (NABEL)	4	9	7	0	2
Bern-Wankdorf (beco)	7	4	5	1	1
Ittigen (beco)	0	2	2	---	2

Im Anhang 4 sind schematische Verteilungen der  $\text{NO}_2$ - und  $\text{PM}_{10}$ -Belastung in der Stadt Bern dargestellt.

### 3.2 Jahresmittelwerte Feinstaub (PM10)

In Tabelle 4 sind die Feinstaub-Daten der Fixstationen dargestellt. An den innenstädtischen Messstationen wird der Grenzwert für den Jahresmittelwert in den Jahren 2008 – 2011 nicht eingehalten. Im Jahr 2012 wurde eine Reduktion der Immissionsbelastung festgestellt. Der Kurzzeitgrenzwert (24-h-Mittelwert, Anzahl Tage) von Feinstaub wird überall deutlich überschritten.

Tabelle 4: Jahresmittelwerte ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von  $\text{PM}_{10}$  an den Fixstationen in den Jahren 2008 – 2012.

<b>Jahresmittelwerte</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Bern-Brunngasshalde (AfU)	21.5	22.9	22.6	22.6	19.2
Bern-Bollwerk (NABEL)	28.3	28.0	26.6	25.7	23.5
Bern-Wankdorf (beco)	---	---	22.1	21.7	18.5
Ittigen (beco)	19.0	20.9	19.7	---	18.0
<b>Anzahl Tage &gt; Grenzwert</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Bern-Brunngasshalde (AfU)	17	20	16	15	11
Bern-Bollwerk (NABEL)	30	27	21	24	18
Bern-Wankdorf (beco)	---	---	17	18	12
Ittigen (beco)	14	13	11	---	8

<sup>4</sup> Aufgrund von Gebäudesanierung war die Station Ittigen im Jahr 2011 nur bis 7. März und ab dem 8. Dezember in Betrieb.

### 3.3 Monatsmittelwerte Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstaub (PM10)

In Abbildung 3 und Abbildung 4 sind die Monatsmittelwerte und die Anzahl Tage über dem Kurzzeitgrenzwert der letzten fünf Jahre an zwei Stationen dargestellt. Höhere Belastungswerte treten im Winterhalbjahr auf, je nach meteorologischen Einflüssen. Das Winterhalbjahr (Oktober–März) ist hellblau und das Sommerhalbjahr (April–September) hellgelb in Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellt.

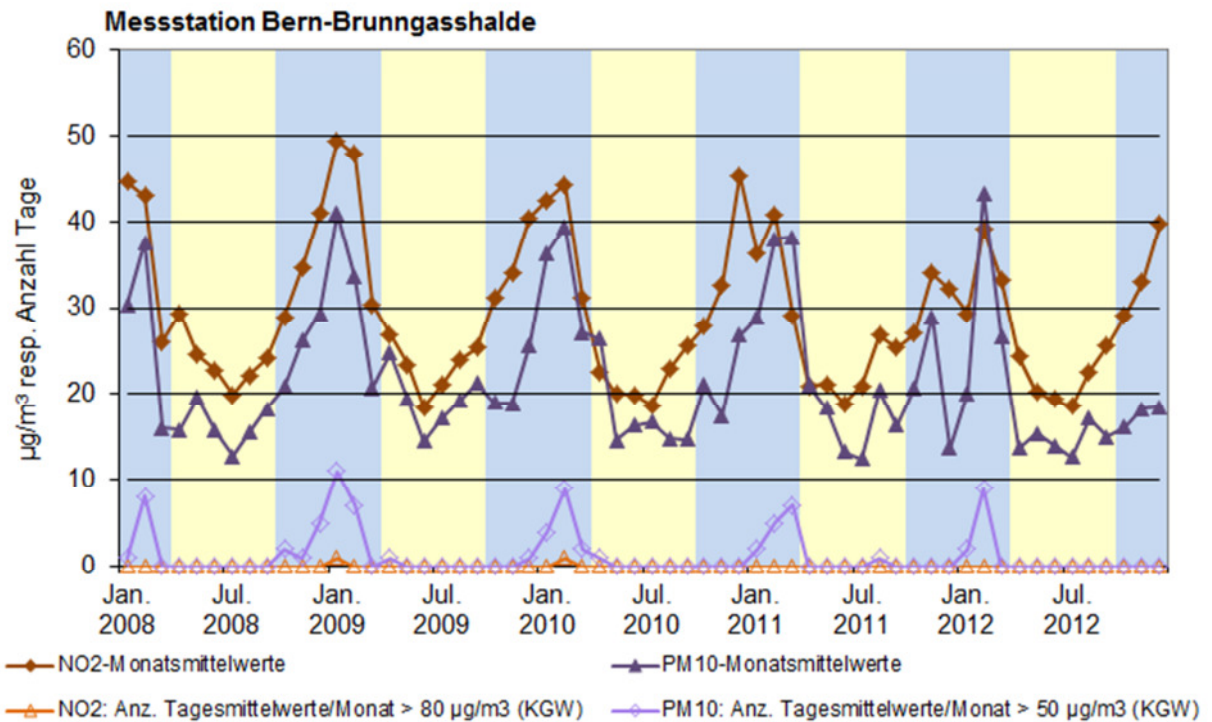


Abbildung 3: Darstellung der Monatsmittelwerte und der Anzahl Tage mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes pro Monat an der Messstation Bern-Brunngasshalde (AfU) von 2008 – 2012.

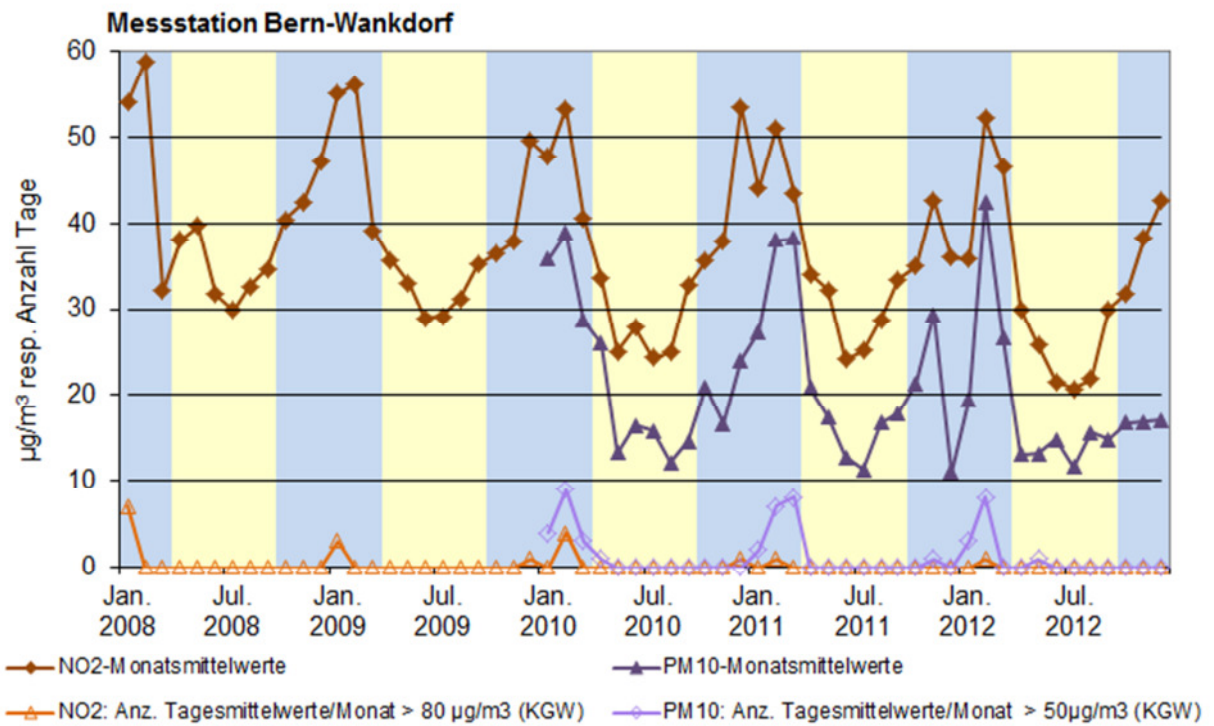


Abbildung 4: Darstellung der Monatsmittelwerte und der Anzahl Tage mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes pro Monat an der Messstation Bern-Wankdorf (beco) von 2008 – 2012.



### 3.4 Tagesmittelwerte Feinstaub (PM10) während Episoden

Für jeweils 15 Tage sind die Tagesmittelwerte an Standorten aus dem Kanton Bern sowie je eine aus den Kantonen Solothurn und Waadt dargestellt. Man erkennt, dass die eher ländlich geprägten Messstationen (in Grüntönen dargestellt) tendenziell tiefere PM10-Belastungen aufweisen als die städtisch geprägten Messstationen (Gelb- bis Rottöne). In Phasen mit erhöhten PM10-Werten nehmen die Belastungen aber an allen Stationen etwa gleich stark zu. Das parallele Verhalten der Belastungskurven deutet auf einen übergeordneten Einfluss der Meteorologie hin.

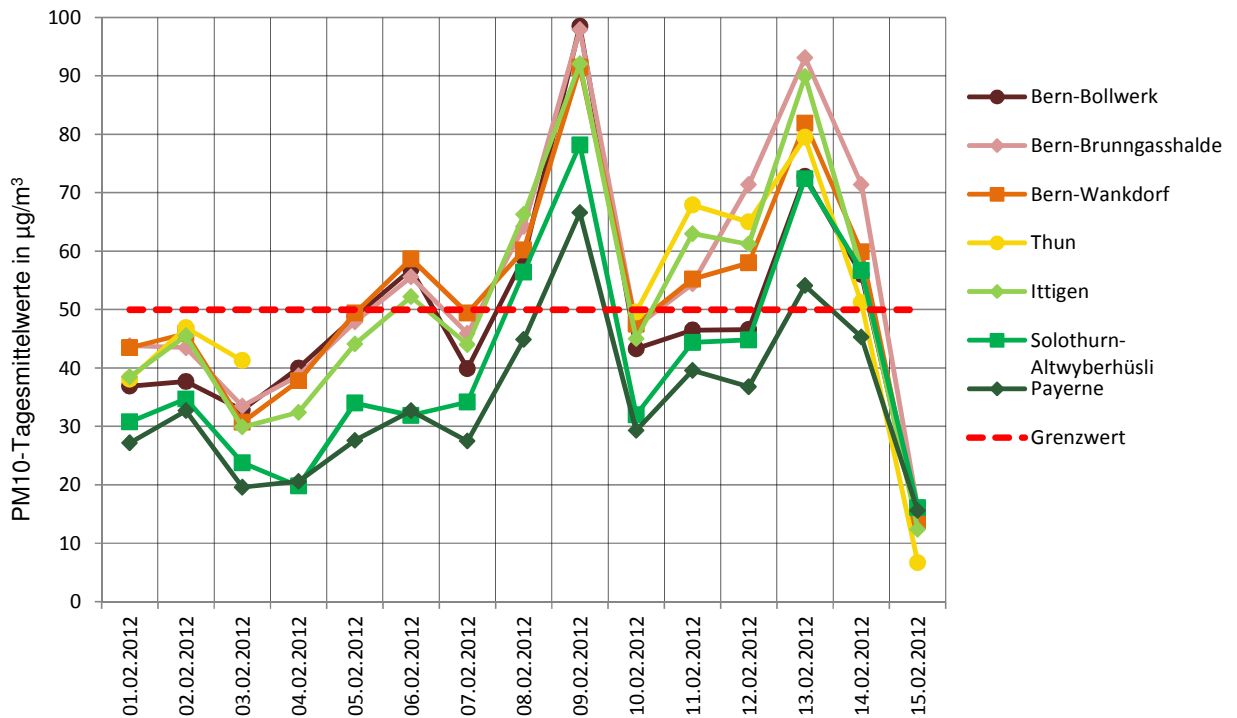


Abbildung 5: Entwicklung der Feinstaub-Immissionen im Februar 2012.



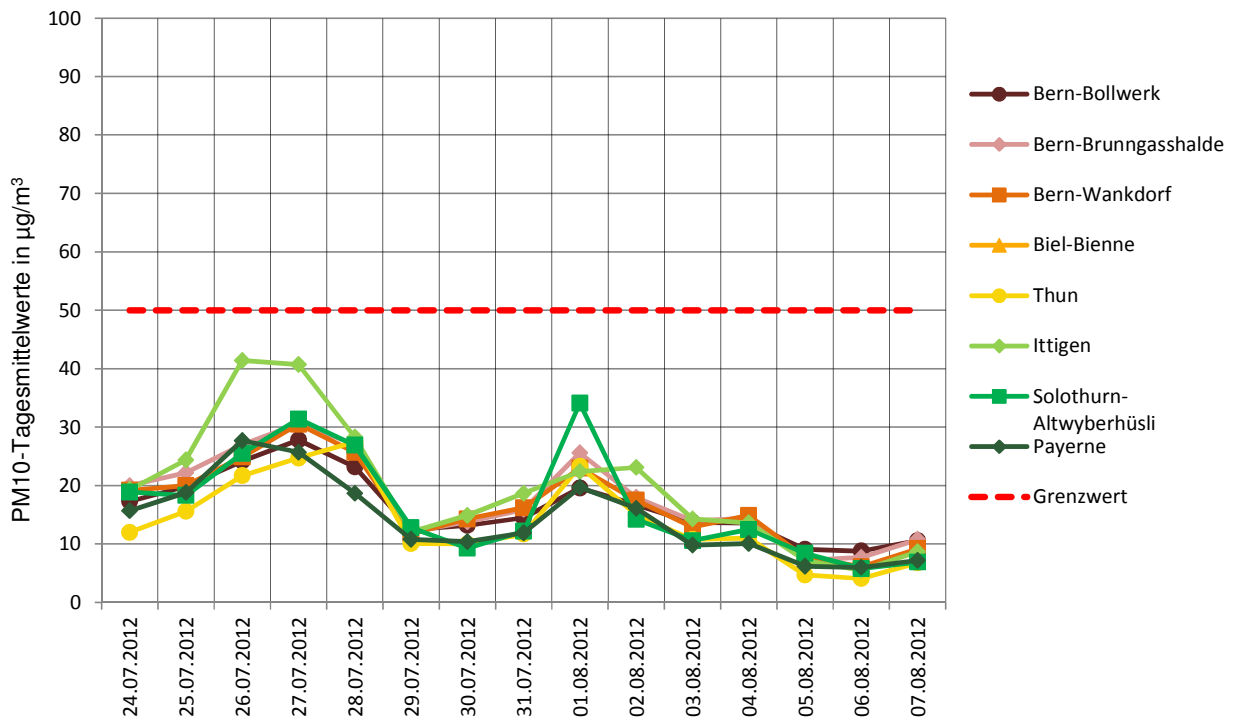


Abbildung 6: Entwicklung der Feinstaub-Immissionen im Juli/August 2012.

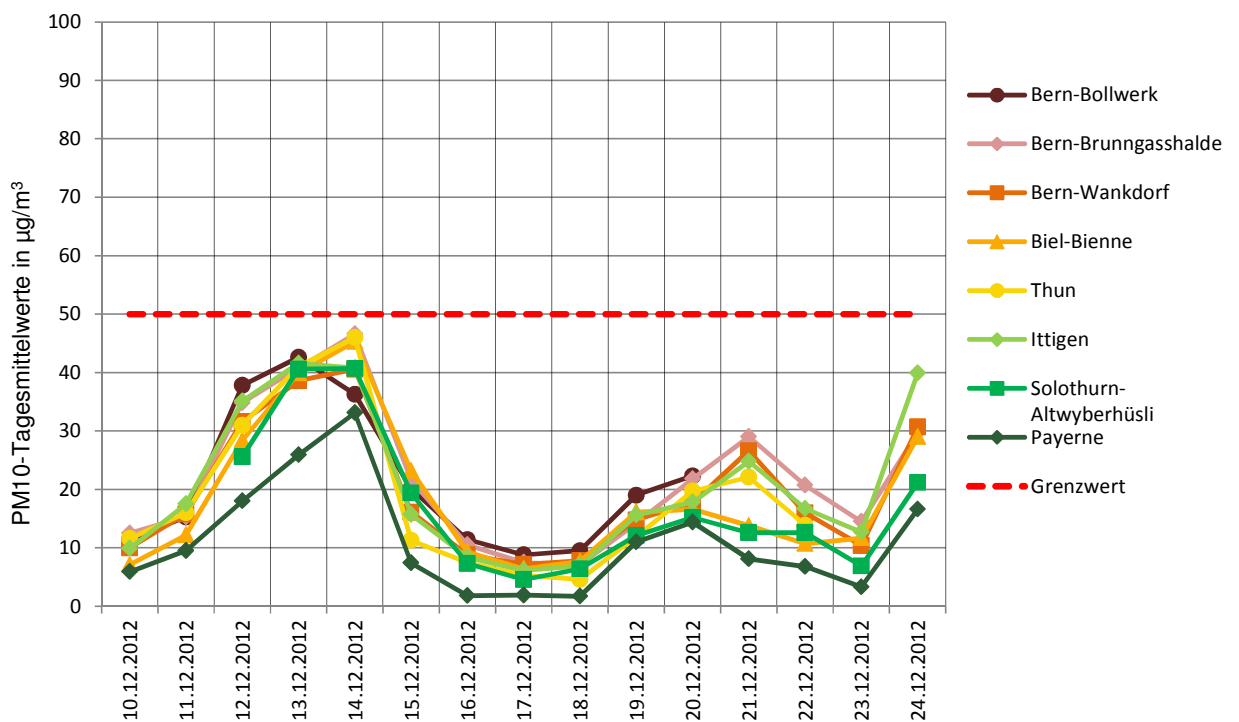


Abbildung 7: Entwicklung der Feinstaub-Immissionen im Dezember 2012.

### 3.5 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 8 zeigt ein Schema zur Ausbreitung der Luftschadstoffe.

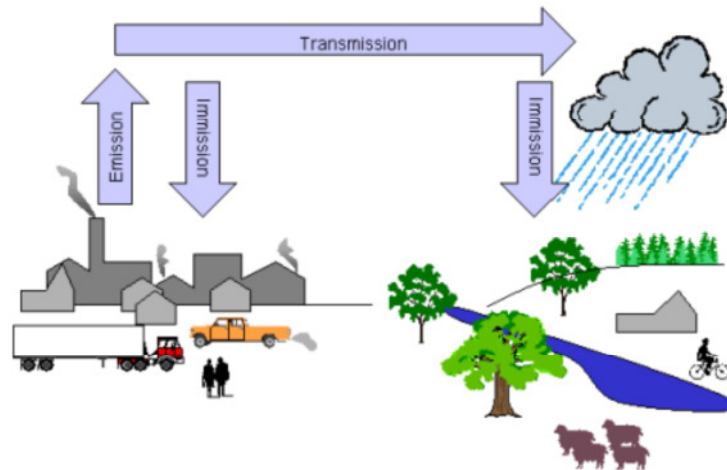


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen Emission, Transmission und Immission<sup>5</sup>.

In der Tabelle 5 sind die Anzahl Tage mit Inversionen in der Region Bern aufgelistet und in der Abbildung 9 grafisch dargestellt. Die Anzahl Tage mit Inversionen wurde aus den Messdaten der SwissMetNet-Stationen Bantiger und Bern-Zollikofen bestimmt: Tage mit stabiler Temperaturschichtung zwischen 12 und 14 MEZ (mindestens Isothermie, d.h. Höhen- und Talstation haben dieselbe Temperatur).

Tabelle 5: Anzahl Tage mit Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2008 – 2012.

	2008	2009	2010	2011	2012		2008	2009	2010	2011	2012
<b>Jan</b>	7	7	3	3	3	<b>Jul</b>	0	0	0	0	0
<b>Feb</b>	0	1	0	2	2	<b>Aug</b>	0	0	0	0	0
<b>Mrz</b>	0	0	0	0	0	<b>Sep</b>	0	0	0	0	0
<b>Apr</b>	0	0	0	0	0	<b>Okt</b>	1	1	3	3	2
<b>Mai</b>	0	0	0	0	0	<b>Nov</b>	4	5	0	17	7
<b>Jun</b>	0	0	0	0	0	<b>Dez</b>	6	5	8	4	3
						<b>Summe</b>	18	19	14	29	17

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

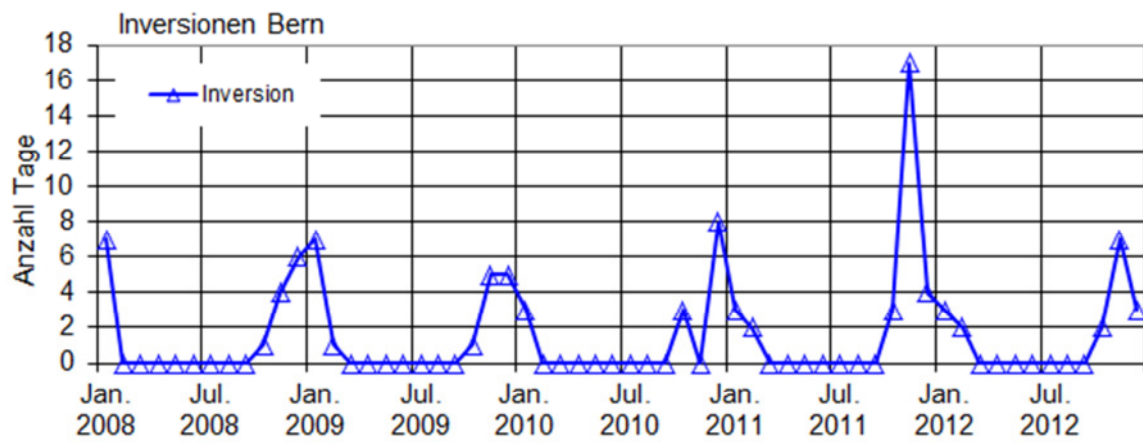


Abbildung 9: Zeitlicher Verlauf der Anzahl Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2008 – 2012.

## 4 Zusammenfassung

### Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)

Der Jahresmittelwert von NO<sub>2</sub> wird im Untersuchungsgebiet nur entlang der Hauptverkehrsachsen überschritten. In den Quartieren abseits stark befahrener Strassen liegt der Jahresmittelwert unter dem Grenzwert von 30 µg/m<sup>3</sup>.

### Feinstaub (PM10)

Mit Ausnahme der Messstation Bern-Bollwerk (Hauptverkehrsachse, schlechte Durchlüftung) lag der Jahresmittelwert von Feinstaub im Messjahr 2012 unterhalb des Grenzwertes von 20 µg/m<sup>3</sup>. Der Kurzzeitgrenzwert (24-h-Mittelwert) wurde im Messjahr 2012 weniger häufig als in den vorangehenden vier Messjahren überschritten.

## 5 Literatur

- beco 2011: Standortbestimmung 2010. Technischer Bericht.  
<http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftreinhaltung/standortbestimmung.html>
- BVE 2009: Monitoring und Controlling ESP Wankdorf. Monitoring Bericht 08. Stand März 2009. Projektorganisation ESP Wankdorf.  
[http://www.wankdorf.info/der\\_raum/Monitoring\\_neu.pdf](http://www.wankdorf.info/der_raum/Monitoring_neu.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 2012: Monitoring und Controlling ESP Wankdorf. Luftbelastung: Analyse und Interpretation für das Messjahr 2011.  
[http://www.wankdorf.info/index.php?fid=der\\_raum&sid=monitoring\\_xx\\_controlling](http://www.wankdorf.info/index.php?fid=der_raum&sid=monitoring_xx_controlling)

## 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>
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>
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>
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>

---

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>
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/luftschaedstoffe/stickstoffdioxid.html">http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftschaedstoffe/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 installieren 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 <a href="http://mnz.lubw.baden-wuerttemberg.de/messwerte/wuppertal/hinweise_no2.htm">http://mnz.lubw.baden-wuerttemberg.de/messwerte/wuppertal/hinweise_no2.htm</a> ) <a href="http://www.bern.ch/leben_in_bern/sicherheit/umweltschutz/Luft/passivsammler">http://www.bern.ch/leben_in_bern/sicherheit/umweltschutz/Luft/passivsammler</a>
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>
Stickoxide	siehe NO <sub>x</sub>
Stickstoffdioxid	siehe NO <sub>2</sub>

SwissMetNet Das neue meteorologische Messnetz der MeteoSchweiz.  
[http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/messsysteme/boden/swissmetnet/infos\\_messtation/bern.html](http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/messsysteme/boden/swissmetnet/infos_messtation/bern.html)

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  Mikrogramm pro Kubikmeter



## A2 Luftschadstoffmessungen im Jahr 2012

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

Tabelle 6: Standorte mit Luftschadstoffmessungen sowie Jahresmittelwerte im Jahr 2012 (Fixstationen).

Station	Abkürzung	Koordinaten	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM10 [µg/m <sup>3</sup> ]
Bern-Brunngasshalde (AfU)	AfU	600'833 / 199'785	27.8	19.2
Bern-Bollwerk (NABEL)	NABEL	600'170 / 199'990	41.7	23.5
Bern-Wankdorf (beco)	Messwagen	602'015 / 201'570	34.0	18.5
Ittigen (beco)	Ittigen	603'040 / 202'810	23.8	18.0
Eigerplatz	Eigerpl	599'415 / 198'838		17.9

Tabelle 7: Standorte mit Luftschadstoffmessungen sowie Jahresmittelwerte im Jahr 2012 (Passivsammler).

NO <sub>2</sub> -Passivsammler <sup>6</sup>	Abkürzung	Koordinaten	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]
Breitenrainplatz	Breitenrainpl	601'195 / 200'838	34.5
Breitenrainplatz B	Breitenrainpl B	601'166 / 200'881	22.2
Burgfeld Ost	Burgf O	602'710 / 201'052	43.1
Burgfeld West	Burgf W	602'715 / 201'153	32.3
Businesspark	Businesssp	601'230 / 201'660	26.1
Guisanplatz	Guisanpl	601'916 / 200'939	36.2
Morgartenstrasse	Morgartenstr	601'536 / 201'365	22.0
Schönburg	Schönburg	601'568 / 200'284	36.5
Standstrasse	Standstr 0	601'150 / 201'338	29.3
Standstrasse Strasse	Standstr 1	601'158 / 201'312	30.8
Standstrasse Quartier	Standstr 2	601'096 / 201'365	24.2
Stauffacherstrasse Nord	Stauff.str N	601'897 / 202'095	---
Stauffacherstrasse Süd	Stauff.str S	601'923 / 202'045	50.0
Tellstrasse	Tellstr	601'566 / 201'210	23.2
Wankdorf beco	Wankdorf	602'027 / 201'571	34.0
Wankdorfplatz Nord	Wankdorfpl N	602'222 / 201'595	33.1

<sup>6</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) sowie <http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftmesswerte/mehrjahresvergleichstickstoffdioxid.html> dokumentiert.

NO <sub>2</sub> -Passivsammler <sup>6</sup>	Abkürzung	Koordinaten	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]
Wankdorfplatz Süd	Wankdorfpl S	602'257 / 201'476	34.0
Winkelriedstrasse Strasse	Winkelriedstr 0	601'435 / 201'413	28.6
Winkelriedstrasse Quartier	Winkelriedstr 1	601'401 / 201'474	24.2

### A3 Standorte mit meteorologischen Messdaten

Tabelle 8: Standorte mit meteorologischen Messdaten.

Station	Abkürzung	Koordinaten	Höhe [m.ü.M.]
Bern-Zollikofen (SwissMetNet)	Zollikofen	601'930 / 204'410	553
Bantiger (SwissMetNet)	Bantiger	606'850 / 202'975	942

### A4 Schematische Verteilung der NO<sub>2</sub>- und PM10-Belastung<sup>7</sup>

#### Stickstoffdioxid

Die Belastung durch Stickstoffdioxid hat im Vergleich zu 1990 deutlich abgenommen. Nach wie vor wird aber der Jahresgrenzwert an gewissen Standorten überschritten. Hohe Spitzenwerte der Stickstoffdioxidbelastung treten nicht sehr häufig auf. Die Belastungssituation an einem Standort ist von der Distanz stark befahrener Strassen abhängig. Abseits der Hauptverkehrsstrassen liegen die Stickstoffdioxid-Werte heute auf dem gesamten Kantonsgebiet unterhalb der Grenzwerte (deutlicher in ländlichen Gebieten als im Stadt- und Vorstadtbereich). Nach wie vor zu hoch sind die Stickstoffdioxid-Immissionen entlang von Autobahnen sowie in den Städten und Vorstädten entlang der Hauptverkehrsstrassen. Während die Belastung in Städten, Vorstädten und entlang von Hauptverkehrsstrassen stagniert, hat sie an den Autobahnen sogar zugenommen. Auch im ländlichen Raum können entlang der Hauptverkehrsstrassen Belastungskorridore auftreten, in denen die Immissionsgrenzwerte überschritten sind.

Die schematische Darstellung in Abbildung 10 zeigt die Charakteristiken der NO<sub>2</sub>-Belastung im Jahr 2010 am Beispiel Bern. Die Jahresmittelwerte von einzelnen Stationen werden als Querschnitt durch die Stadt dargestellt. Die hellblaue Fläche zeigt die Belastung "ländlicher Hintergrund", die dunkelblaue den "urbanen Hintergrund". Die violetten Säulen entsprechen den "Belastungen an Strassenstandorten". Die Hintergrundbelastung von Stickstoffdioxid liegt unter dem Grenzwert. Die hellviolette Linie markiert den Grenzwert. An Strassenstandorten treten hingegen Grenzwertüberschreitungen auf. Diese werden somit in erster Linie durch den

<sup>7</sup> Auszug aus dem technischen Bericht zur Standortbestimmung 2010 (beco 2011; geringfügig verändert)

Strassenverkehr verursacht. Die schwarzen Punkte repräsentieren Messstationen (Identifizierung mit Hilfe der Zahlen auf der x-Achse, genauere Kennzeichnung des Standorttyps siehe Anhang 1 im beco-Bericht zur Standortbestimmung, beco 2011).

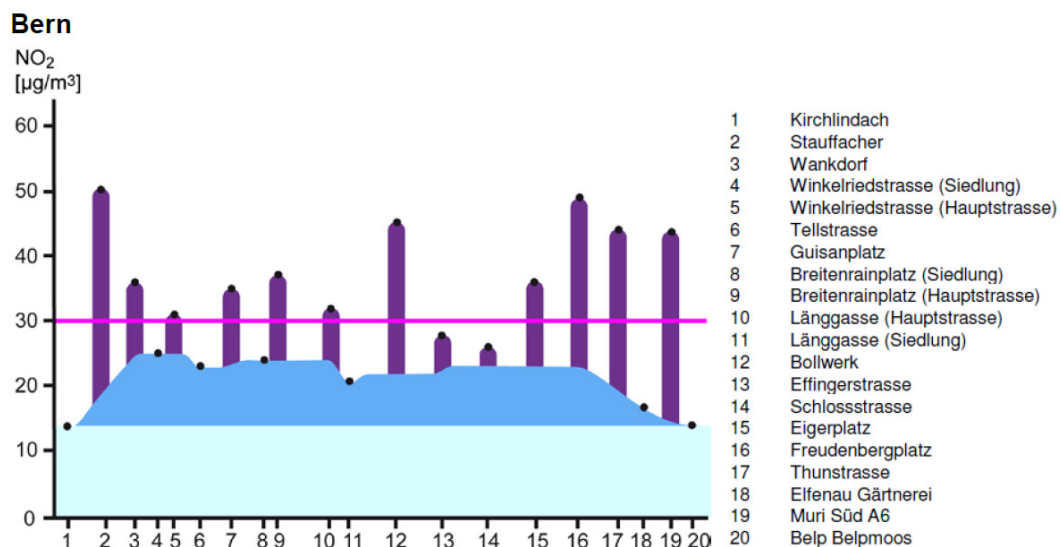


Abbildung 10: Schematische Verteilung der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte in Bern.

Obschon die Belastung mit Stickstoffdioxid in den letzten 20 Jahren zurückgegangen ist, stellt sie entlang von stark befahrenen Verkehrsachsen ein ernstzunehmendes Problem dar. Um negative Einwirkungen auf die menschliche Gesundheit zu verhindern, besteht weiterhin der Bedarf, die Stickoxid-Emissionen aus dem Verkehr zu verringern.

### Feinstaub

Die Belastung der Luft durch Feinstaub hat im Vergleich zu 1990 deutlich abgenommen.

In den Stadt- und Vorstadtgebieten liegt der Feinstaub-Jahresmittelwert heute im Bereich des Grenzwertes. Überschritten wird er entlang von Hauptverkehrsstrassen. Während Wintersmogepisoden wird zudem der 24-h-Grenzwert grossräumig überschritten.

Der Stadt-Land Gegensatz ist beim lungengängigen Feinstaub weniger stark ausgeprägt als beim Stickstoffdioxid. Zwei Ursachen sind dafür verantwortlich: Ein Drittel bis über die Hälfte der Feinstaub-Belastung besteht aus sekundär gebildeten Feinstaubpartikeln (sekundären Aerosolen), die erst abseits der Quellen der Vorläuferschadstoffe in der Atmosphäre gebildet werden. Dies führt zu einer homogenen räumlichen Verteilung. Als zweite Ursache ist der grossräumige Transport von Feinstaub zu nennen. Erste gesamteuropäische Modellrechnungen weisen darauf hin, dass die durch grossräumigen Transport verursachte Feinstaub-Belastung in

der Schweiz rund  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  beträgt. Zu dieser so genannten Hintergrundbelastung tragen insbesondere die Nachbarländer, aber auch die Schweiz selbst bei.

Die schematische Darstellung in Abbildung 11 zeigt die Verteilung der Feinstaubbelastung im Jahr 2010 am Beispiel der Stadt Bern schematisch auf. Die Daten des Berner Messnetzes wurden dazu mit solchen von ausserkantonalen Standorten ergänzt. Die hellblaue Fläche zeigt die Belastung „ländlicher Hintergrund“, die dunkelblaue den „urbanen Hintergrund“. Die Hintergrundbelastung von Feinstaub liegt in städtischen Gebieten praktisch flächendeckend im Bereich des Grenzwertes. Die hellviolette Linie markiert den Grenzwert. Überschreitungen treten hingegen vor allem an strassennahen Standorten auf. Die violetten Säulen entsprechen den Belastungen an Strassenstandorten. Dabei repräsentieren die schwarzen Punkte Messstationen (Identifizierung mit Hilfe der Zahlen auf der x-Achse, genauere Kennzeichnung des Standorttyps siehe Anhang 1 im beco-Bericht zur Standortbestimmung, beco 2011). Es besteht daher weiterhin der Bedarf, die Belastung von Feinstaub zu senken. Dies insbesondere in Zentren und entlang von Hauptverkehrsachsen sowie zur Vermeidung von Wintersmog.

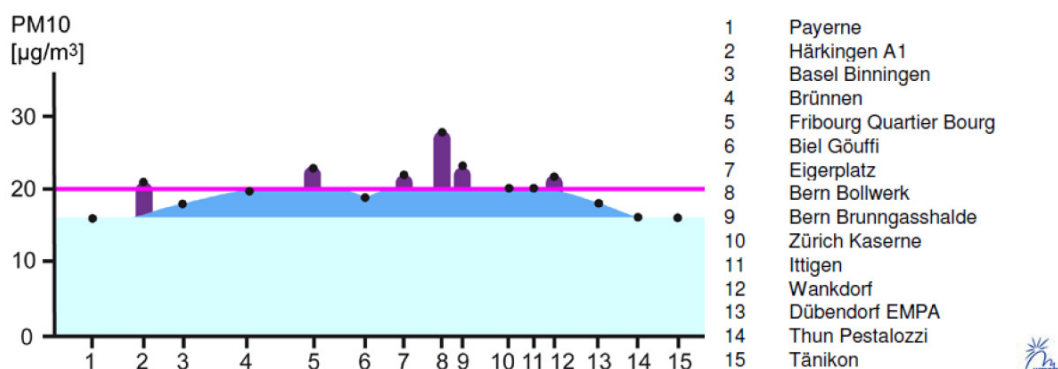


Abbildung 11: Schematische Verteilung der PM10-Jahresmittelwerte in Bern (ergänzt mit typischen ausserkantonale Messungen).