



# ESP Wankdorf

Monitoring und Controlling Luftbelastung 2011 – 2015

## Impressum

Auftraggeber Kontaktperson Adresse	Leitung Abteilung Gesamtmobilität (BVE) Dr. Ulrich Seewer Reiterstrasse 11 3011 Bern
Datum Aktuelle Version Ältere Versionen Projektnummer Datei	12.07.2016 Schlussbericht 13.04.2016 Entwurf Schlussbericht 16_033 luftbelastung_esp_wankdorf_jahre_2011-2015.docx
Erstellt durch Kontrolliert durch Genehmigt durch	Thomas Künzle 12.07.2016   Thomas Künzle 12.07.2016   Beat Schaffner
Gewährleistung	Meteotest gewährleistet ihren Kunden eine sorgfältige und fachgerechte Auftragsbearbeitung. Jegliche Haftung, insbesondere auch für Folgeschäden, wird im Rahmen des gesetzlich Zulässigen wegbedungen.

## 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)

Die Jahresmittelwerte von Feinstaub lagen im Messjahr 2015 meteorologisch bedingt in einem ähnlichen Bereich wie im Jahr 2012, z.T. unterhalb des Grenzwertes von 20 µg/m<sup>3</sup>, an der strassennahen Station Bollwerk hingegen über dem Grenzwert. Die Werte waren höher als im Jahr 2014. Der Kurzzeitgrenzwert (24-h-Mittelwert) wurde im Messjahr 2015 in der Stadt Bern gegenüber dem Messjahr 2014 häufiger überschritten.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung, Projektrahmen, Zielsetzungen</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Messdaten und Analyse</b> .....	<b>6</b>
2.1	Jahresmittelwerte Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) .....	6
2.2	Jahresmittelwerte Feinstaub (PM10) .....	11
2.3	Monatsmittelwerte Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) und Feinstaub (PM10) .....	12
2.4	Meteorologische Situation .....	13
2.5	Verkehrszählungen .....	14
<b>3</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>15</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>16</b>
A.1	Luftschadstoffe .....	16
	Stickoxide (NO <sub>x</sub> ), Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) .....	16
	Feinstaub (PM10) .....	17
	Grenzwerte .....	18
A.2	Standorte mit Luftschadstoffmessungen .....	18
A.3	Standorte mit meteorologischen Messdaten .....	19
A.4	Hintergründe .....	19
A.5	Verkehrszahlen im ESP Wankdorf .....	20
A.6	Abkürzungen und Begriffserläuterungen .....	23

## Tabellen

Tabelle 1:	Entwicklung der Luftbelastung an den Standorten mit NO <sub>2</sub> -Passivsammler-Messungen in den vergangenen fünf Jahren.....	8
Tabelle 2:	Jahresmittelwerte (µg/m <sup>3</sup> ) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von NO <sub>2</sub> an den Fixstationen in den Jahren 2011 – 2015. ....	10
Tabelle 3:	Jahresmittelwerte (µg/m <sup>3</sup> ) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von PM10 an den Fixstationen in den Jahren 2011 – 2015. ....	11
Tabelle 4:	Anzahl Tage mit Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2011 – 2015. ....	13
Tabelle 5:	Grenzwerte für NO <sub>2</sub> und PM10 gemäss LRV.....	18
Tabelle 6:	Standorte mit Luftschadstoffmessungen (Fixstationen).....	18
Tabelle 7:	Standorte mit Luftschadstoffmessungen (Passivsammler).....	18
Tabelle 8:	Standorte mit meteorologischen Messdaten.....	19

## 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 2015 eingefärbt. ....	7
Abbildung 2:	Darstellung der Jahresmittelwerte an den Passivsammlerstationen des AfU von 2011 – 2015. ....	9
Abbildung 3:	Darstellung der NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwerte an den Fixstationen 2011 – 2015. ....	10
Abbildung 4:	Darstellung der PM10-Jahresmittelwerte an den Fixstationen 2011 – 2015. ....	11
Abbildung 5:	Monatsmittelwerte und Anzahl Tage mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes an der Brunngasshalde 2011 – 2015. ....	12
Abbildung 6:	Monatsmittelwerte und Anzahl Tage mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes an der Station Bern-Wankdorf 2011 – 2015. ....	12
Abbildung 7:	Zusammenhang zwischen Emission, Transmission und Immission. ....	13
Abbildung 8:	Zeitlicher Verlauf der Anzahl Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2011 – 2015.....	14

# 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 2011 bis 2015 aufzuzeigen. Dieser Bericht ist eine Weiterführung des Berichtes aus dem letzten Jahr (Meteotest 2015).

Die Grenzen des Untersuchungsgebietes werden wie folgt definiert: Gebiet des Perimeters ESP gemäss BVE-Bericht (BVE 2009) inklusive der Zusatzgebiete bis zum Breitenrainplatz (siehe Abbildung 1).

## 2 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.

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

Abbildung 1 zeigt das Untersuchungsgebiet ESP Wankdorf mit den Standorten der Luftschadstoffmessungen. Stationen sind grün dargestellt, wenn der Grenzwert gemäss LRV (30 µg/m<sup>3</sup>; LRV 1985) eingehalten ist. Orange dargestellt sind Stationen mit Werten über dem Grenzwert. Violett dargestellt sind Stationen mit Werten mehr als 25% über dem Grenzwert. Die Grenze des Untersuchungsgebietes ist hellblau gepunktet dargestellt.

Tabelle 1 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 bestehen zwei oder mehrere Standorte, um das Querprofil der Belastung entlang stark befahrener Strassen in die angrenzenden Wohnzonen zu erfassen. Die Messungen 2011 bis 2015 zeigen, dass an den beiden strassennahen Standorten deutlich höhere  $\text{NO}_2$ -Werte auftreten als bei den beiden dazugehörigen Quartierstandorten. Dort wurden  $\text{NO}_2$ -Werte deutlich unter  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Grenzwert der LRV) gemessen (siehe Tabelle 1).

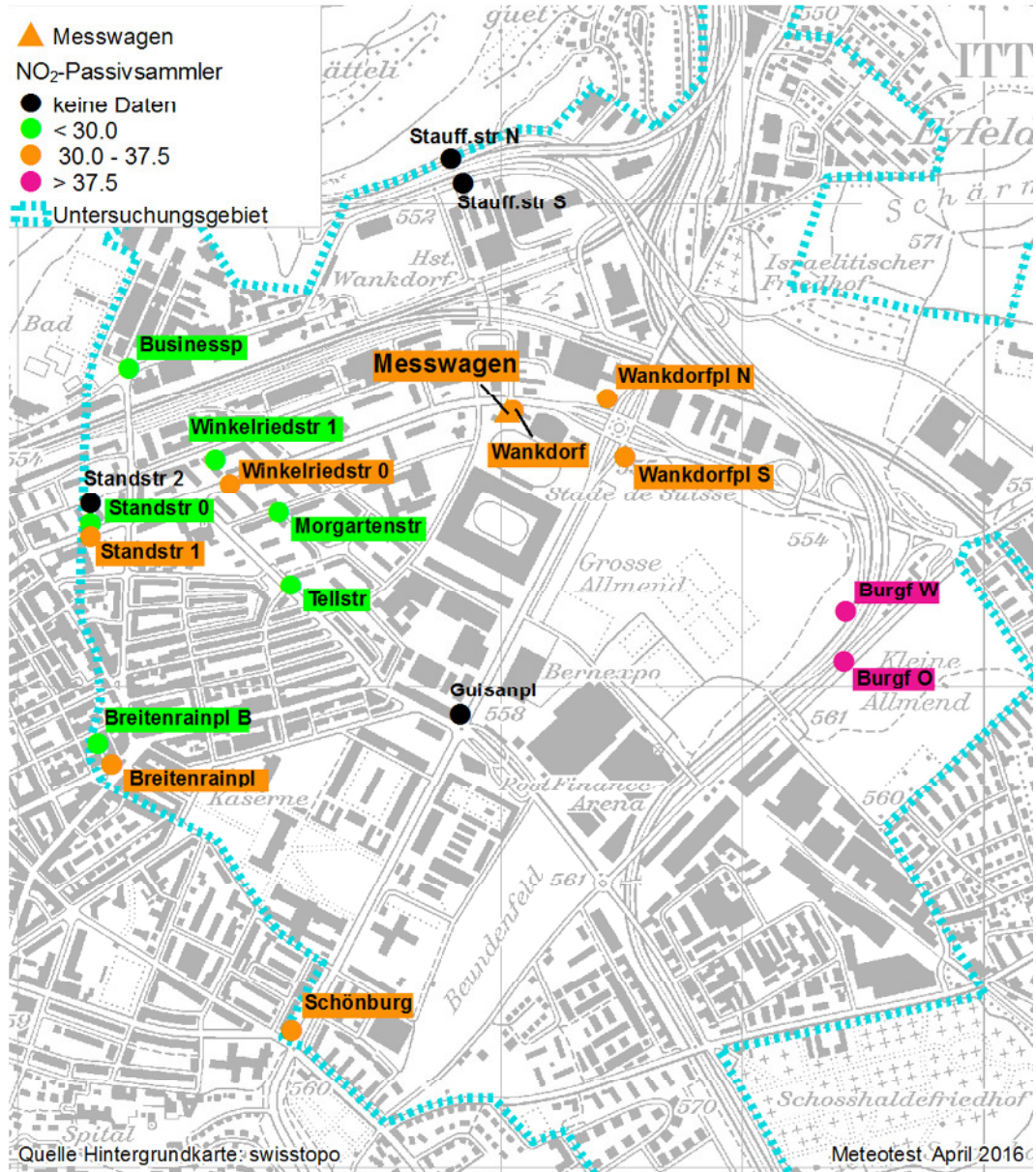


Abbildung 1: Stickstoffdioxid-Messstandorte im Untersuchungsgebiet des ESP Wankdorf. Die Symbole und Stationsnamen sind entsprechend den klassierten  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerten des Jahres 2015 eingefärbt.

Die Interpretation der zeitlichen Entwicklung der Belastungssituation an den verschiedenen Messstationen seit dem Jahr 2011 ist nicht Hauptgegenstand dieses Berichtes. Im Jahr 2015 wurden zum Teil deutlich höhere Jahreswerte gegenüber dem Vorjahr registriert. Insgesamt kann über alle betrachteten Messstationen kein deutlicher Trend festgestellt werden.

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

Tabelle 1: Entwicklung der Luftbelastung an den Standorten mit NO<sub>2</sub>-Passivsammler-Messungen in den vergangenen fünf Jahren<sup>1</sup>.

Jahresmittelwerte	Abkürzung	2011	2012	2013	2014	2015
Breitenrainplatz	Breitenrainpl	34.2	34.5	29.9	30.2	33.1
Breitenrainplatz B	Breitenrainpl B	22.9	22.2	19.1	19.8	21.0
Burgfeld Ost	Burgf O	42.9	43.1	40.3	40.1	44.4
Burgfeld West	Burgf W	39.5	32.3	31.4	33.8	38.0
Businesspark	Businessp	25.4	26.1	24.5	24.2	27.1
Guisanplatz	Guisanpl	36.5	36.2	--- <sup>2</sup>	---	---
Morgartenstrasse	Morgartenstr	22.7	22.0	19.9	20.6	24.9
Schönburg	Schönburg	--- <sup>3</sup>	36.5	32.3	33.8	34.1
Standstrasse	Standstr 0	29.7	29.3	26.7	25.6	27.9
Standstrasse Strasse	Standstr 1	30.6	30.8	30.4	28.6	35.3
Standstrasse Quartier	Standstr 2	24.0	24.2	22.6	20.5	---
Stauffacherstr. Nord	Stauff.str N	---	---	--- <sup>3</sup>	40.4	---
Stauffacherstr. Süd	Stauff.str S	47.8	50.0	48.7	42.8	---
Tellstrasse	Tellstr	20.1	23.2	19.2	19.9	23.7
Wankdorf beco	Wankdorf	34.2	34.0	32.7	33.1	33.0
Wankdorfplatz Nord	Wankdorfpl N	36.7	33.1	--- <sup>3</sup>	30.9	37.3
Wankdorfplatz Süd	Wankdorfpl S	33.6	34.0	--- <sup>3</sup>	31.2	36.7
Winkelriedstr. Strasse	Winkelriedstr 0	30.2	28.6	28.1	27.6	32.4
Winkelriedstr. Quartier	Winkelriedstr 1	24.8	24.2	23.2	21.8	25.3

<sup>1</sup> Die Jahresmittelwerte basieren auf den gemessenen Monatsmittelwerten des AfU. Fehlende Monatsmittelwerte wurden ergänzt, indem mit einer Regressionsanalyse diese Werte auf Grund von gut korrelierenden Messstationen ergänzt wurden. Ohne Ergänzungen von fehlenden Monatswerten wären die Jahresmittelwerte verfälscht.

<sup>2</sup> wegen Baustelle wurden die Messungen eingestellt.

<sup>3</sup> unvollständige Messreihe



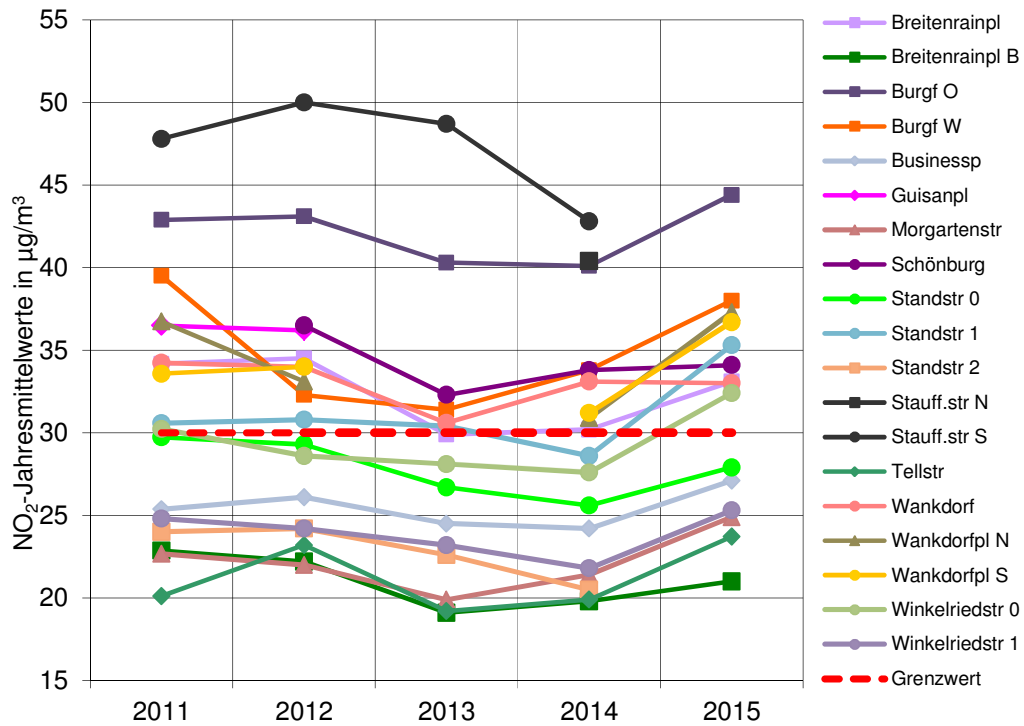


Abbildung 2: Darstellung der Jahresmittelwerte an den Passivsammlerstationen des AfU von 2011 – 2015.

In Tabelle 2 sind die Stickstoffdioxid-Daten der Fixstationen dargestellt. An den innenstädtischen Messstationen wird der Grenzwert für den Jahresmittelwert teilweise nicht eingehalten. In den letzten Jahren konnte eine Reduktion der Immissionsbelastung festgestellt werden.

Tabelle 2: Jahresmittelwerte ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von  $\text{NO}_2$  an den Fixstationen in den Jahren 2011 – 2015.

Jahresmittelwerte	2011	2012	2013	2014	2015
Bern-Brunngasshalde (AfU)	28.2	27.8	27.2	24.9	--- <sup>4</sup>
Bern-Bollwerk (NABEL)	42.4	41.7	43.0	38.7	40.1
Bern-Wankdorf (beco)	35.7	34.0	33.3	31.9	34.1
Ittigen (beco)	--- <sup>5</sup>	23.8	24.2	21.0	21.5
Anzahl Tage > Grenzwert	2011	2012	2013	2014	2015
Bern-Brunngasshalde (AfU)	0	0	0	0	---
Bern-Bollwerk (NABEL)	0	2	2	0	0
Bern-Wankdorf (beco)	1	1	5	0	1
Ittigen (beco)	---	2	0	0	0

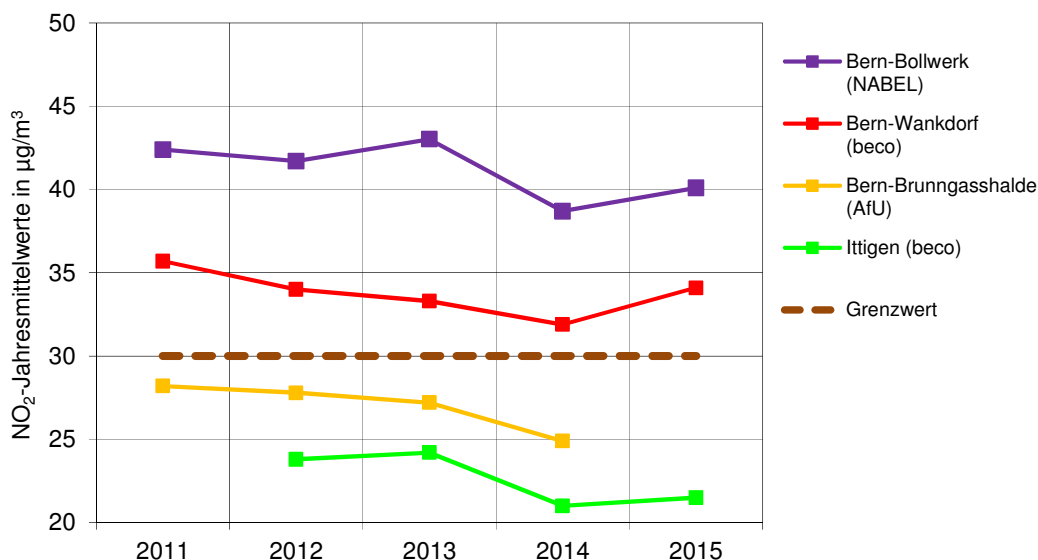


Abbildung 3: Darstellung der  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte an den Fixstationen 2011 – 2015.

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

<sup>4</sup> Die Messstation an der Brunngasshalde wurde Ende 2015 an die Morgartenstrasse verschoben. Aus diesem Grund lagen für das Jahr 2015 keine gültigen Jahreswerte vor.

<sup>5</sup> Aufgrund von Gebäudesanierung war die Station Ittigen im Jahr 2011 nur bis 7. März und ab dem 8. Dezember in Betrieb.

## 2.2 Jahresmittelwerte Feinstaub (PM10)

In Tabelle 3 sind die Feinstaub-Daten der Fixstationen dargestellt. Die Jahresmittelwerte von Feinstaub lagen im Messjahr 2015 meteorologisch bedingt in einem ähnlichen Bereich wie im Jahr 2012, z.T. unterhalb des Grenzwertes von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , an der strassennahen Station Bollwerk hingegen über dem Grenzwert. Hinzu kommt der Einfluss der Emissionen, welcher hier jedoch nicht untersucht wurde. Der Kurzzeitgrenzwert (24-h-Mittelwert, Anzahl Tage) von Feinstaub wird überall leicht überschritten. Die Anzahl Tagesmittelwerte über  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  war höher als im Jahr 2014.

Tabelle 3: Jahresmittelwerte ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von PM10 an den Fixstationen in den Jahren 2011 – 2015.

Jahresmittelwerte	2011	2012	2013	2014	2015
Bern-Brunngasshalde (AfU)	22.6	19.2	21.7	16.0	---
Bern-Bollwerk (NABEL)	25.7	23.5	27.2	19.3	21.5
Bern-Wankdorf (beco)	21.7	18.5	20.6	15.2	17.8
Ittigen (beco)	---	18.0	17.5	14.9	17.0
Anzahl Tage > Grenzwert	2011	2012	2013	2014	2015
Bern-Brunngasshalde (AfU)	15	11	22	1	---
Bern-Bollwerk (NABEL)	24	18	30	6	11
Bern-Wankdorf (beco)	18	12	19	2	5
Ittigen (beco)	---	8	9	0	3

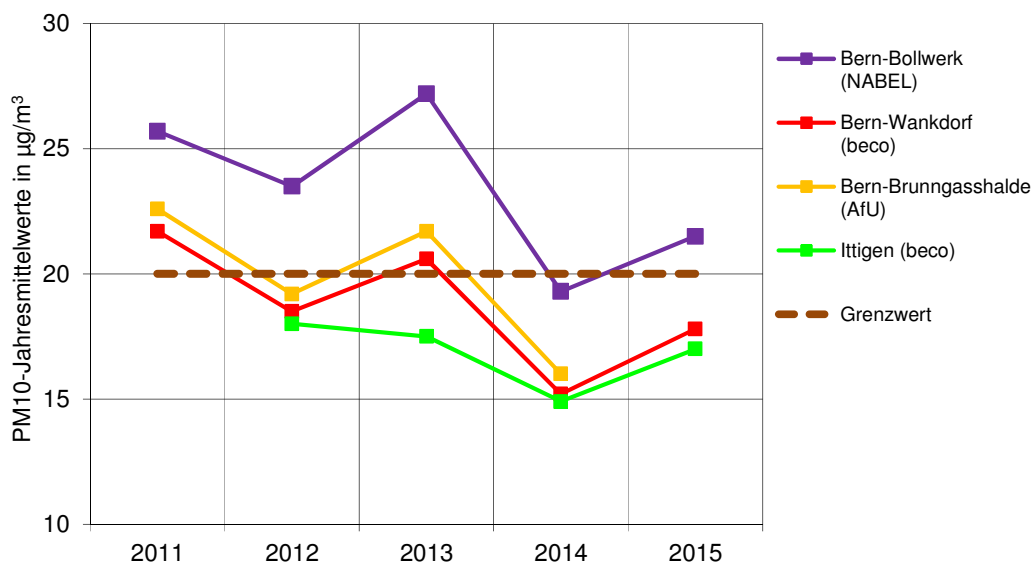


Abbildung 4: Darstellung der PM10-Jahresmittelwerte an den Fixstationen 2011 – 2015.

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

In Abbildung 5 und Abbildung 6 sind die Monatsmittelwerte und die Anzahl Tage über dem Kurzzeitgrenzwert der letzten fünf Jahre an zwei Stationen dargestellt. Höhere Belastungswerte treten im Winterhalbjahr (Oktober–März, hellblau hinterlegt) auf, je nach meteorologischen Einflüssen.

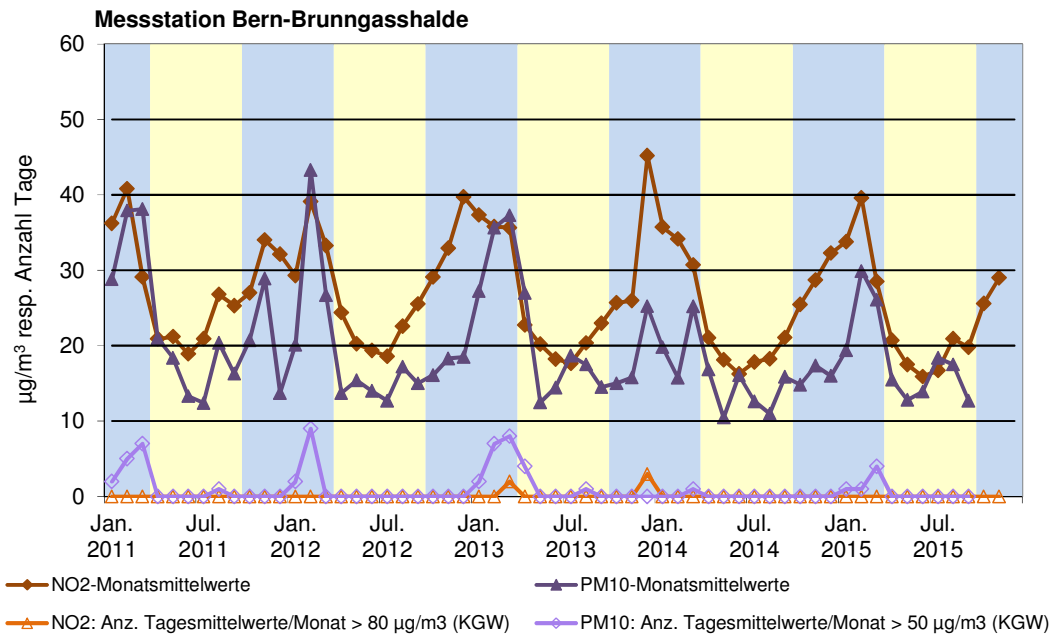


Abbildung 5: Monatsmittelwerte und Anzahl Tage mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes an der Brunngasshalde 2011 – 2015.

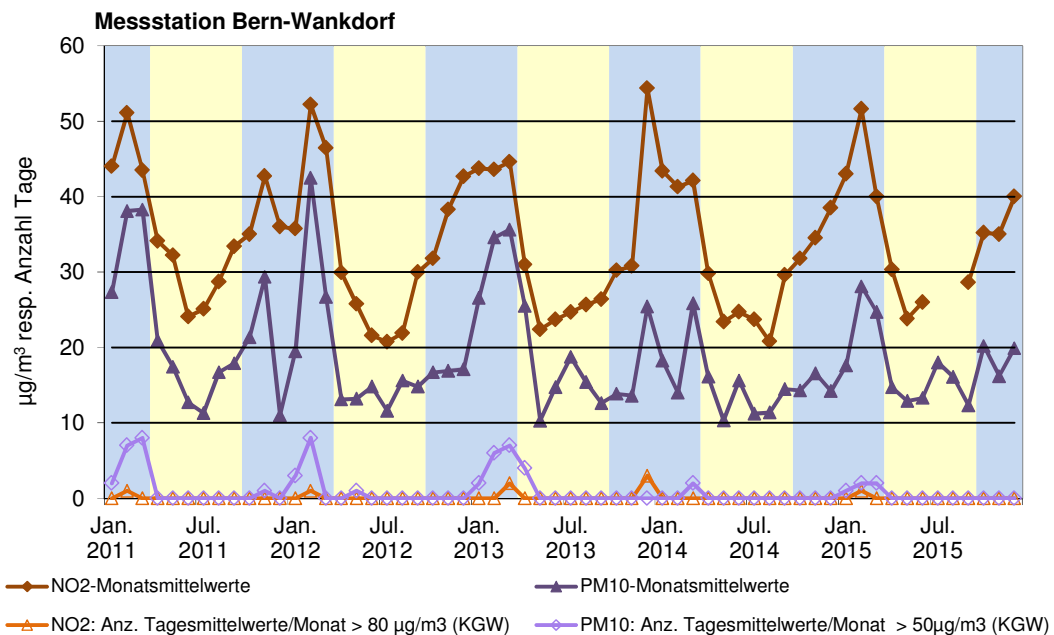


Abbildung 6: Monatsmittelwerte und Anzahl Tage mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes an der Station Bern-Wankdorf 2011 – 2015.

## 2.4 Meteorologische Situation

Entscheidend für die effektive Luftbelastung (Immission) in einem Untersuchungsjahr sind die Menge an ausgestossenen Schadstoffen (Emissionen) sowie die Ausbreitungssituation (Transmission). Die Qualität der Ausbreitung der Luftschadstoffe hängt u.a. von der Anzahl Frosttage (Heizperiode), der Stabilität der Atmosphäre (Anzahl Inversionen) und der Windgeschwindigkeit und Windrichtung ab. Abbildung 7 zeigt ein Schema zur Ausbreitung der Luftschadstoffe.

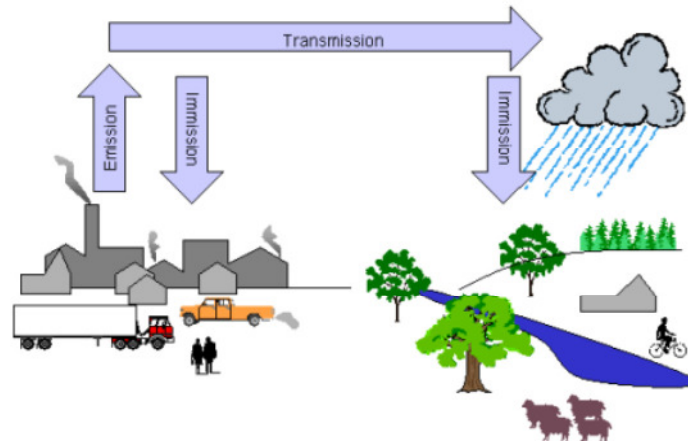


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen Emission, Transmission und Immission<sup>6</sup>.

In der Tabelle 4 sind die Anzahl Tage mit Inversionen in der Region Bern aufgelistet und in der Abbildung 8 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). 2015 gab es deutlich mehr Tage (34) mit Inversionen als 2014.

Tabelle 4: Anzahl Tage mit Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2011 – 2015.

	2011	2012	2013	2014	2015		2011	2012	2013	2014	2015
<b>Jan</b>	3	3	9	4	6	<b>Jul</b>	0	0	0	0	0
<b>Feb</b>	2	2	0	0	4	<b>Aug</b>	0	0	0	0	0
<b>Mrz</b>	0	0	1	0	0	<b>Sep</b>	0	0	0	0	0
<b>Apr</b>	0	0	0	0	0	<b>Okt</b>	3	2	1	0	2
<b>Mai</b>	0	0	0	0	0	<b>Nov</b>	17	7	1	10	5
<b>Jun</b>	0	0	0	0	0	<b>Dez</b>	4	3	14	2	17
						<b>Summe</b>	29	17	26	16	34

<sup>6</sup> aus <http://www.umwelt.sg.ch/home/Themen/Luft/luftmessergebnisse/umgewandelt.html>

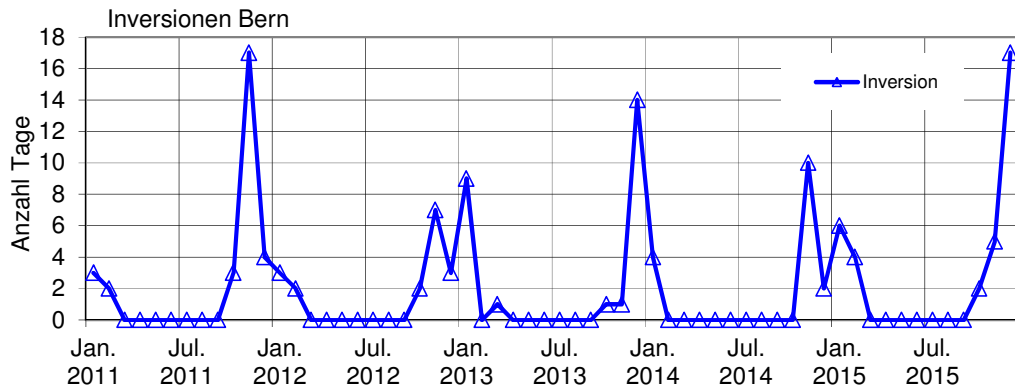


Abbildung 8: Zeitlicher Verlauf der Anzahl Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2011 – 2015.

## 2.5 Verkehrszählungen

Verkehrszählungen wurden letztmals im Bericht zum Messjahr 2011 dokumentiert (Meteotest, 2012) und sollen für diesen Bericht wiederum aufgezeigt werden. Die Verkehrszahlen wurden von der Projektkoordination ESP Wankdorf AÖV/AGR für diesen Bericht zur Verfügung gestellt und sind in Anhang A.2 dargestellt.

### 3 Literatur

- BVE 2009: Monitoring und Controlling ESP Wankdorf. Monitoring Bericht 08. Stand März 2009. Projektorganisation ESP Wankdorf.  
[http://www.espwankdorf.bve.be.ch/espwankdorf\\_bve/de/index/avi/index/Raum.html](http://www.espwankdorf.bve.be.ch/espwankdorf_bve/de/index/avi/index/Raum.html)
- LRV 1985: Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985; Stand am 1. Januar 2016.  
[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.espwankdorf.bve.be.ch/espwankdorf\\_bve/de/index/avi/index/ueber\\_uns/downloads.html](http://www.espwankdorf.bve.be.ch/espwankdorf_bve/de/index/avi/index/ueber_uns/downloads.html)
- Meteotest 2015: Monitoring und Controlling ESP Wankdorf. Luftbelastung 2010 – 2014.  
[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)  
[http://www.espwankdorf.bve.be.ch/espwankdorf\\_bve/de/index/avi/index/ueber\\_uns/downloads.html](http://www.espwankdorf.bve.be.ch/espwankdorf_bve/de/index/avi/index/ueber_uns/downloads.html)

# A Anhang

## A.1 Luftschadstoffe

Als Indikatoren für die Luftbelastung werden die zwei Schadstoffe Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstaub (PM10) definiert. Nachfolgend wird kurz auf die Eigenschaften von NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> und PM10 eingegangen<sup>7</sup>. Weiterführende Angaben und Links sind im Anhang A5 zu finden.

### Stickoxide (NO<sub>x</sub>), Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)

Unter dem Begriff Stickoxide (NO<sub>x</sub>) werden Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Stickstoffmonoxid (NO) zusammengefasst. Da NO rasch zu NO<sub>2</sub> oxidiert, werden die Emissionen gesamthaft als Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)-Äquivalente angegeben.

Entsteht:

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

Hauptquelle:

- Strassenverkehr

Eigenschaften:

- NO: Farbloses Gas, wird in der Atmosphäre zu NO<sub>2</sub> umgewandelt
- NO<sub>2</sub>: 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)

---

<sup>7</sup> Quelle: <http://www.bafu.admin.ch/luft/00585>. Weiterführende Informationen gibt es auf dieser Website unter: "Faktenblatt: Stickoxide (NO<sub>x</sub>) im Blickfeld" oder "Feinstaub Dokumentation der AefU"



## Feinstaub (PM10)

Unter der Bezeichnung PM10 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, 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
- Durch mechanische Prozesse (Abrieb, Aufwirbelung)
- Durch 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 Herz-Kreislaufsystems
- 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

## Grenzwerte

In der Luftreinhalte-Verordnung (LRV 1985) sind die Immissionsgrenzwerte gemäss Tabelle 5 definiert.

Tabelle 5: 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

## A.2 Standorte mit Luftschadstoffmessungen

Tabelle 6: Standorte mit Luftschadstoffmessungen (Fixstationen).

Station	Abkürzung	Koordinaten
Bern-Brunngasshalde (AfU)	AfU	600'833 / 199'785
Bern-Bollwerk (NABEL)	NABEL	600'170 / 199'990
Bern-Wankdorf (beco)	Messwagen	602'015 / 201'570
Ittigen (beco)	Ittigen	603'040 / 202'810
Eigerplatz	Eigerpl	599'415 / 198'838

Tabelle 7: Standorte mit Luftschadstoffmessungen (Passivsammler).

NO <sub>2</sub> -Passivsammler <sup>8</sup>	Abkürzung	Koordinaten
Breitenrainplatz	Breitenrainpl	601'195 / 200'838
Breitenrainplatz B	Breitenrainpl B	601'166 / 200'881
Burgfeld Ost	Burgf O	602'710 / 201'052
Burgfeld West	Burgf W	602'715 / 201'153
Businesspark	Businessp	601'230 / 201'660
Guisanplatz	Guisanpl	601'916 / 200'939
Morgartenstrasse	Morgartenstr	601'536 / 201'365
Schönburg	Schönburg	601'568 / 200'284

<sup>8</sup> hier sind nur diejenigen Stationen aufgeführt, welche im Untersuchungsgebiet des ESP Wankdorf liegen. Die übrigen Stationen sind unter <http://www.bern.ch/themen/umwelt-natur-und-energie/luft/luftqualitat/infos-rund-um-das-stickstoffdioxid/uebersichtskarten-der-no2-belastung-in-bern> sowie <http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftmesswerte/mehrjahresvergleichstickstoffdioxid.html> dokumentiert.

<b>NO<sub>2</sub>-Passivsammler<sup>8</sup></b>	<b>Abkürzung</b>	<b>Koordinaten</b>
Standstrasse	Standstr 0	601'150 / 201'338
Standstrasse Strasse	Standstr 1	601'158 / 201'312
Standstrasse Quartier	Standstr 2	601'096 / 201'365
Stauffacherstrasse Nord	Stauff.str N	601'897 / 202'095
Stauffacherstrasse Süd	Stauff.str S	601'923 / 202'045
Tellstrasse	Tellstr	601'566 / 201'210
Wankdorf beco	Wankdorf	602'027 / 201'571
Wankdorfplatz Nord	Wankdorfpl N	602'222 / 201'595
Wankdorfplatz Süd	Wankdorfpl S	602'257 / 201'476
Winkelriedstrasse Strasse	Winkelriedstr 0	601'435 / 201'413
Winkelriedstrasse Quartier	Winkelriedstr 1	601'401 / 201'474

### A.3 Standorte mit meteorologischen Messdaten

Tabelle 8: Standorte mit meteorologischen Messdaten.

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

### A.4 Hintergründe

#### Stickstoffdioxid

Obschon die Belastung mit Stickstoffdioxid in den letzten 20 Jahren markant zurückgegangen ist, stellt sie, vor allem an stark befahrenen Verkehrsachsen, nach wie vor ein Problem dar. Untersuchungen zeigen, dass die Stickoxidemissionen aus dem Verkehr weniger stark abgenommen haben, als dies aufgrund der Entwicklung der Emissionsfaktoren zu erwarten war. Dazu beigetragen hat der stark gestiegene Anteil von Dieselfahrzeugen bei den Personen- und Lieferwagen, die im Vergleich zu Benzinfahrzeugen ein Mehrfaches an Stickoxid ausstossen. Zudem wird in Dieselfahrzeugen durch den Einsatz von Oxidationskatalysatoren ein zunehmender Teil des NO bereits im Abgas direkt zu NO<sub>2</sub> umgewandelt. Dies ist ein Grund, weshalb die Belastung an einigen Hauptverkehrsachsen in den letzten Jahren nicht im erwarteten Ausmass zurückgegangen ist. Die Stickoxid-Emissionen aus dem motorisierten Strassenverkehr werden aufgrund der zu erwartenden technischen Verbesserungen bei den Abgasnormen weiter zurückgehen. Da dies alleine nicht genügen wird, um den NO<sub>2</sub>-Grenzwert auch in den verkehrsbelasteten Zentren der Agglomerationen einzuhalten, sieht der kantona-

le Massnahmenplan zur Luftreinhaltung entsprechende Vorgehensweisen und Massnahmen für die Raum- und Verkehrsplanung vor.

### **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.

## **A.5 Verkehrszahlen im ESP Wankdorf**

# Verkehrszahlen im ESP Wankdorf



DTV: durchschnittlicher täglicher Verkehr (Mo-So); Messstellen der Stadt Bern (wo nicht anders vermerkt)

Station	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Entwicklung 2008-neuste
Ostermundigenstrasse 61	9'232	9'560	10'712	10'497				8'760		-5.1%
Papiermühlestrasse 91	19'322	17'290						16'120		-16.6%
Winkelriedstrasse 10	17'226	17'245						14'850		-13.8%
Bern, Felsenauviadukt (ASTRA)	98'428	97'881	86'460			96'830	100'505	102'965		4.6%
Umfahrung Bern Ost (ASTRA)	70'791	70'398	67'409	67'582	68'946	70'982	72'873	73'807		4.3%
A6-Ausfahrt von ZH (Kanton)	8'795	8'038				4'670				-46.9%
A6-Einfahrt nach ZH (Kanton)	7'840	7'185				3'807				-51.4%
Bolligenstrasse Mitte	5'679	7'763	7'442	7'900		7'991		8'160		43.7%
Bolligenstrasse Stadtgrenze (Kanton)	19'925	18'697		24'444				20'768		4.2%
Mingerstrasse	6'840	5'058		7'708			7'261	7'560		10.5%
Papiermühlestrasse Nord	10'225	7'572				8'214		9'400		-8.1%
Papiermühlestrasse Süd	12'075	8'772	9'200	10'213				10'420		-13.7%
Pulverweg	5'262	5'313		6'686				5'530		5.1%
Rodtmattstrasse Sa	5'583	4'889		4'101				4'300		-23.0%
Rodtmattstrasse Se	6'023	4'474		4'101				4'300		-28.6%
Schermenweg 133	4'693	2'449	3'421	3'109				4'900		4.4%
Sempacherstrasse 7										
Standstrasse 15	10'096	11'097	9'587	9'979						-1.2%
Löchligut	6'167		5'848	5'821				2'990		-51.5%
Stauffacherstrasse 134	3'458			4'931						42.6%
Stauffacherstrasse 145	2'937					2'587		3'360		14.4%
Stauffacherstrasse 17a	4'233	5'257		5'338						26.1%
Stauffacherstrasse 44	9'057	7'386								
Tellstrasse 18	1'494									
Wankdorffeldstrasse West	2'274	2'689	2'911	2'788						22.6%
Winkelriedstrasse Mitte	12'645	10'769		10'051				12'720		0.6%
Winkelriedstrasse West	14'363	11'585	11'458	11'093				11'020		-23.3%
Wölflistrasse (Kanton)	616								1'617	162.5%
Worblaufenstrasse Nord (Kanton)	4'611			8'938				8'080		75.2%
Zentweg West	3'854	3'678	5'074	4'042						4.9%
<b>Summe*</b>	<b>373'193</b>								<b>367'182</b>	<b>-1.6%</b>

Quellen:

für die Jahre 2008-2011 jeweils Bericht Luftbelastung (siehe [www.wankdorf.info](http://www.wankdorf.info))

für die Jahre 2012-2016:

ASTRA: Schweizerische automatische Strassenverkehrszählung (SASVZ)

Kanton: periodische Verkehrszählung

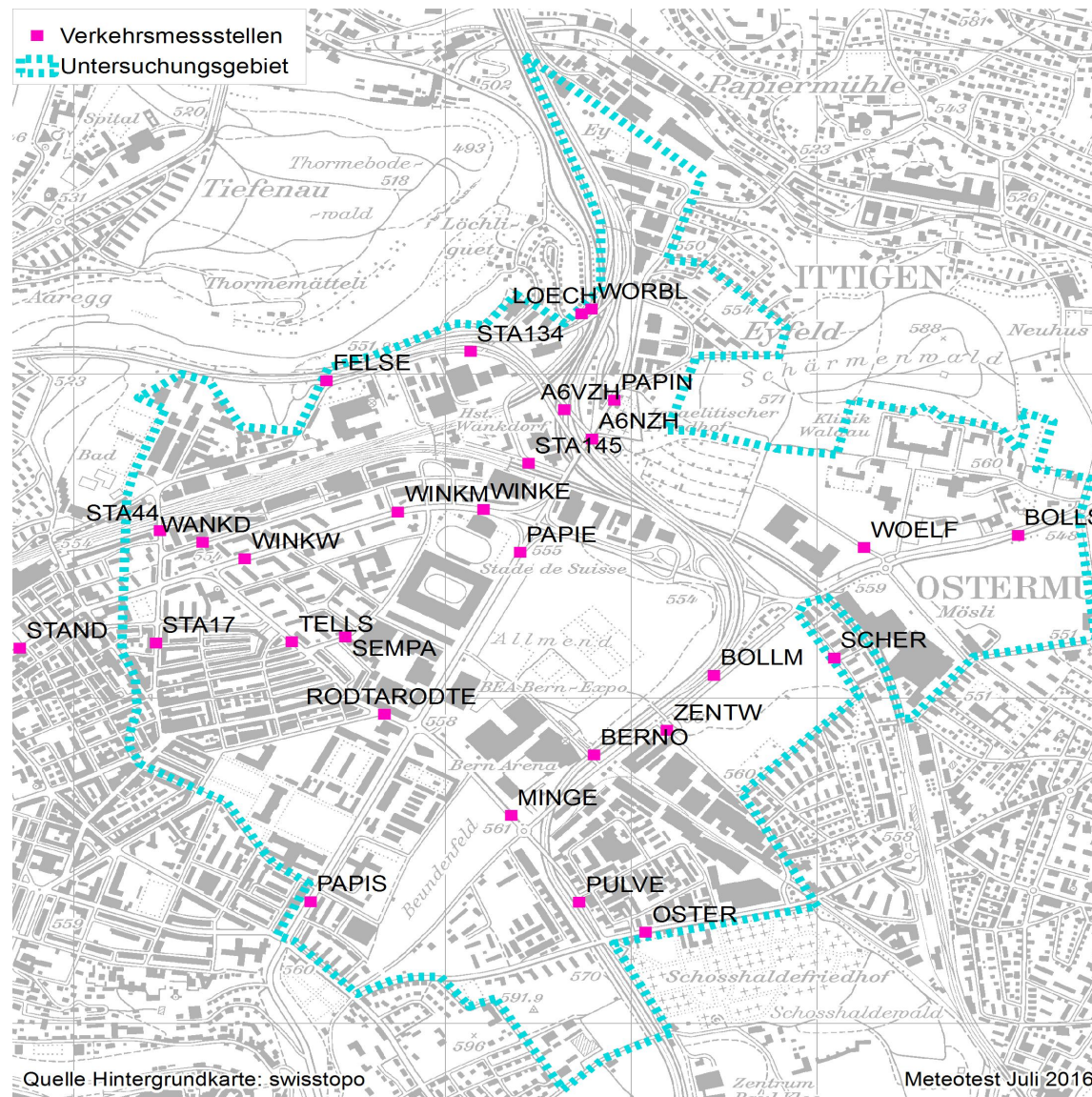
Stadt Bern: jährliche Verkehrsmessungen

\* Summe 2008: ohne graue Stationen; Summe 2016 entspricht der Summe der neusten Werte  
grün hinterlegte Messstellen: Controlling gemäss Vereinbarung

# Übersichtskarte der Messstellen

Station	Abkürzung
Ostermundigenstrasse 61	OSTER
Papiermühlestrasse 91	PAPIE
Winkelriedstrasse 10	WINKE
Bern, Felsenauviadukt (ASTRA)	FELSE
Umfahrung Bern Ost (ASTRA)	BERNO
A6-Ausfahrt von ZH (Kanton)	A6VZH
A6-Einfahrt nach ZH (Kanton)	A6NZH
Bolligenstrasse Mitte	BOLLM
Bolligenstrasse Stadtgrenze (Kanton)	BOLLS
Mingerstrasse	MINGE
Papiermühlestrasse Nord	PAPIN
Papiermühlestrasse Süd	PAPIS
Pulverweg	PULVE
Rodtmattstrasse Sa	RODTA
Rodtmattstrasse Se	RODTE
Schermenweg 133	SCHER
Sempacherstrasse 7	SEMPA
Standstrasse 15	STAND
Löchligut	LOECH
Stauffacherstrasse 134	STA134
Stauffacherstrasse 145	STA145
Stauffacherstrasse 17a	STA17
Stauffacherstrasse 44	STA44
Tellstrasse 18	TELLS
Wankdorffeldstrasse West	WANKD
Winkelriedstrasse Mitte	WINKM
Winkelriedstrasse West	WINKW
Wölflistrasse (Kanton)	WOELF
Worblaufenstrasse Nord (Kanton)	WORBL
Zentweg West	ZENTW

Messstellen der Stadt Bern (wo nicht anders vermerkt) grün hinterlegte Messstellen gemäss Vereinbarung



## A.6 Abkürzungen und Begriffserläuterungen

AfU	Amt für Umweltschutz der Stadt Bern <a href="http://www.bern.ch/politik-und-verwaltung/stadtverwaltung/sue/amt-fur-umweltschutz">http://www.bern.ch/politik-und-verwaltung/stadtverwaltung/sue/amt-fur-umweltschutz</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/entwicklungsschwerpunkte.html">http://www.jgk.be.ch/jgk/de/index/raumplanung/raumplanung/kantonale_raumplanung/entwicklungsschwerpunkte.html</a>
Feinstaub	Particulate Matter <10 Mikrometer (PM10, Feinpartikel): feindisperse Schwebestoffe mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 10 Mikrometer. Partikel dieser Gröszenfraktion 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/themen/umwelt-natur-und-energie/luft/luftqualitat/aktuelle-luftbelastung-in-bern">http://www.bern.ch/themen/umwelt-natur-und-energie/luft/luftqualitat/aktuelle-luftbelastung-in-bern</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/chemikalien/prtr/07159/07183">http://www.bafu.admin.ch/chemikalien/prtr/07159/07183</a>
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid (Immissionen) <a href="http://www.bern.ch/themen/umwelt-natur-und-energie/luft/luftqualitat/infos-rund-um-das-stickstoffdioxid">http://www.bern.ch/themen/umwelt-natur-und-energie/luft/luftqualitat/infos-rund-um-das-stickstoffdioxid</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://www.bern.ch/leben_in_bern/sicherheit/umweltschutz/Luft/passivsammler;_diese_Seite_wurde_in_der_Zwischenzeit_ausser_Betrieb_genommen.">http://www.bern.ch/leben_in_bern/sicherheit/umweltschutz/Luft/passivsammler; diese Seite wurde in der Zwischenzeit ausser Betrieb genommen.</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/themen/umwelt-natur-und-energie/luft/luftqualitat/infos-rund-um-den-feinstaub">http://www.bern.ch/themen/umwelt-natur-und-energie/luft/luftqualitat/infos-rund-um-den-feinstaub</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/chemikalien/prtr/07159/07227">http://www.bafu.admin.ch/chemikalien/prtr/07159/07227</a>
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/home/mess-und-prognosesysteme/bodenstationen/automatisches-messnetz.html">http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/mess-und-prognosesysteme/bodenstationen/automatisches-messnetz.html</a>
µg/m <sup>3</sup>	Mikrogramm pro Kubikmeter