



ESP Wankdorf

Monitoring und Controlling Luftbelastung 2012 – 2016

Impressum

Auftraggeber Kontaktperson Adresse	Projektkoordination ESP Wankdorf Katja Bessire (AÖV) / Manuel Flückiger (AGR) Reiterstrasse 11 3011 Bern
Datum Aktuelle Version Ältere Versionen Projektnummer Datei	18.05.2017 Schlussbericht - 17_016 luftbelastung_esp_wankdorf_jahre_2012-2016.docx
Erstellt durch Kontrolliert durch Genehmigt durch	Thomas Künzle 18.05.2017 Simon Albrecht 18.05.2017 René Cattin
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 (NO₂)

Der Jahresmittelwert von NO₂ wird im Untersuchungsgebiet nur entlang der Hauptverkehrsachsen überschritten. In den Quartieren abseits stark befahrener Strassen liegt der Jahresmittelwert unter dem Grenzwert von 30 µg/m³.

Feinstaub (PM10)

Die Jahresmittelwerte von Feinstaub lagen im Messjahr 2016 in einem ähnlichen Bereich wie im Jahr 2014, also unterhalb des Grenzwertes von 20 µg/m³. Der Kurzzeitgrenzwert (24-h-Mittelwert) wurde im Messjahr 2016 in der Stadt Bern nicht überschritten.

Inhalt

1	Einleitung, Projektrahmen, Zielsetzungen	6
2	Messdaten und Analyse	6
2.1	Jahresmittelwerte Stickstoffdioxid (NO ₂)	6
2.2	Jahresmittelwerte Feinstaub (PM10)	11
2.3	Monatsmittelwerte Stickstoffdioxid (NO ₂) und Feinstaub (PM10).....	12
2.4	Meteorologische Situation.....	13
2.5	Verkehrszählungen	14
3	Literatur	15
A	Anhang	16
A.1	Luftschadstoffe	16
	Stickoxide (NO _x), Stickstoffdioxid (NO ₂)	16
	Feinstaub (PM10).....	17
A.2	Standorte mit Luftschadstoffmessungen	19
A.3	Standorte mit meteorologischen Messdaten	20
A.4	Hintergründe	20
A.5	Verkehrszahlen im ESP Wankdorf	21
A.6	Abkürzungen und Begriffserläuterungen	24

Tabellen

Tabelle 1:	Entwicklung der Luftbelastung an den Standorten mit NO ₂ -Passivsammler-Messungen in den vergangenen fünf Jahren.....	8
Tabelle 2:	Jahresmittelwerte (µg/m ³) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von NO ₂ an den Fixstationen in den Jahren 2012 – 2016.	10
Tabelle 3:	Jahresmittelwerte (µg/m ³) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von PM10 an den Fixstationen in den Jahren 2012 – 2016.	11
Tabelle 4:	Anzahl Tage mit Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2012 – 2016.	13
Tabelle 6:	Standorte mit Luftschadstoffmessungen (Fixstationen).....	19
Tabelle 7:	Standorte mit Luftschadstoffmessungen (Passivsammler).....	19
Tabelle 8:	Standorte mit meteorologischen Messdaten.	20

Abbildungen

Abbildung 1:	Stickstoffdioxid-Messstandorte im Untersuchungsgebiet des ESP Wankdorf. Die Symbole und Stationsnamen sind entsprechend den klassierten NO ₂ -Jahresmittelwerten des Jahres 2016 eingefärbt.	7
Abbildung 2:	Darstellung der Jahresmittelwerte an den Passivsammlerstationen des AfU von 2012 – 2016.	9
Abbildung 3:	Darstellung der NO ₂ -Jahresmittelwerte an den Fixstationen 2012 – 2016.	10
Abbildung 4:	Darstellung der PM10-Jahresmittelwerte an den Fixstationen 2012 – 2016.	11
Abbildung 5:	Monatsmittelwerte und Anzahl Tage mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes an der Brunnghasshalde (bis Ende 2015).....	12
Abbildung 6:	Monatsmittelwerte und Anzahl Tage mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes an der Station Bern-Wankdorf 2012 – 2016.	12
Abbildung 7:	Zusammenhang zwischen Emission, Transmission und Immission.	13
Abbildung 8:	Zeitlicher Verlauf der Anzahl Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2012 – 2016.....	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 (NO₂) und Feinstaub (PM10) im Gebiet des ESP Wankdorf und des Nordquartiers in Bern auf der Basis von Messungen für die Jahre 2012 bis 2016 aufzuzeigen. Dieser Bericht ist eine Weiterführung des Berichtes aus dem letzten Jahr (Meteotest 2016).

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 von rund 20 NO₂-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 Bern-Zollikofen und Bantiger zur Verfügung (SwissMetNet).

2.1 Jahresmittelwerte Stickstoffdioxid (NO₂)

Abbildung 1 zeigt das Untersuchungsgebiet ESP Wankdorf mit den Standorten der Luftschadstoffmessungen. Stationen sind grün dargestellt, wenn der Grenzwert gemäss LRV (30 µg/m³; 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 NO₂-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 Messstandorte, um das Querprofil der Belastung entlang stark befahrener Strassen in die angrenzenden Wohnzonen zu erfassen. Die Messungen 2012 bis 2016 zeigen, dass an den beiden strassennahen Standorten deutlich höhere NO_2 -Werte auftreten als bei den beiden dazugehörigen Quartierstandorten. Dort wurden NO_2 -Werte deutlich unter $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert der LRV) gemessen (siehe Tabelle 1).

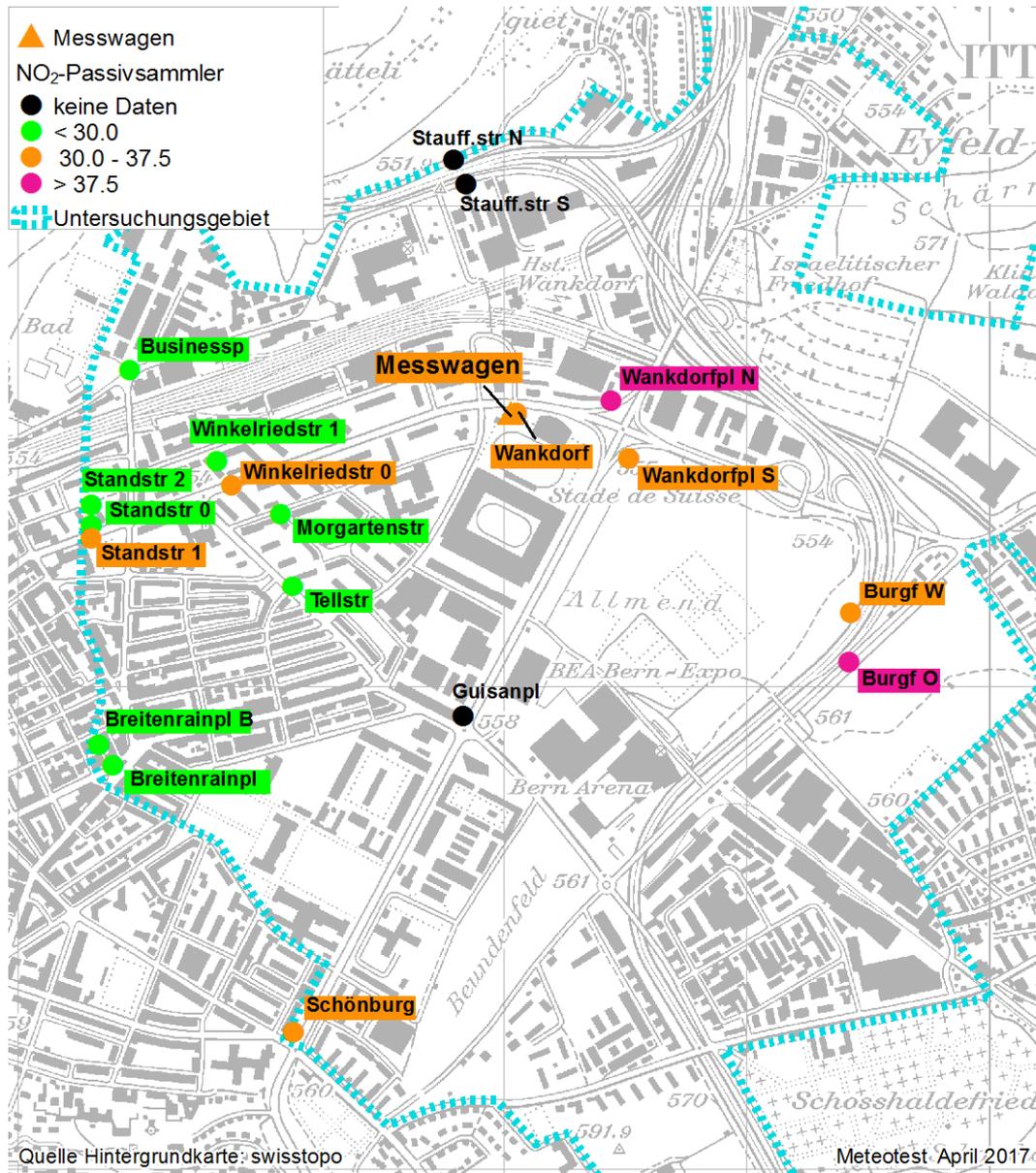


Abbildung 1: Stickstoffdioxid-Messstandorte im Untersuchungsgebiet des ESP Wankdorf. Die Symbole und Stationsnamen sind entsprechend den klassierten NO_2 -Jahresmittelwerten des Jahres 2016 eingefärbt.

Die Interpretation der zeitlichen Entwicklung der Belastungssituation an den verschiedenen Messstationen seit dem Jahr 2012 ist nicht Hauptgegenstand dieses Berichtes. Im Jahr 2016 wurden sowohl geringere als auch 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 NO₂-
Passivsammler-Messungen in den vergangenen fünf Jahren¹.

Jahresmittelwerte	Abkürzung	2012	2013	2014	2015	2016
Breitenrainplatz	Breitenrainpl	34.5	29.9	30.2	33.1	29.7
Breitenrainplatz B	Breitenrainpl B	22.2	19.1	19.8	21.0	19.2
Burgfeld Ost	Burgf O	43.1	40.3	40.1	44.4	41.8
Burgfeld West	Burgf W	32.3	31.4	33.8	38.0	33.0
Businesspark	Businessp	26.1	24.5	24.2	27.1	27.5
Guisanplatz	Guisanpl	36.2	---	---	---	---
Morgartenstrasse	Morgartenstr	22.0	19.9	20.6	24.9	24.9
Schönburg	Schönburg	36.5	32.3	33.8	34.1	33.3
Standstrasse	Standstr 0	29.3	26.7	25.6	27.9	25.9
Standstrasse Strasse	Standstr 1	30.8	30.4	28.6	35.3	36.2
Standstrasse Quartier	Standstr 2	24.2	22.6	20.5	---	24.8
Stauffacherstr. Nord	Stauff.str N	---	---	40.4	---	---
Stauffacherstr. Süd	Stauff.str S	50.0	48.7	42.8	---	---
Tellstrasse	Tellstr	23.2	19.2	19.9	23.7	19.2
Wankdorf beco	Wankdorf	34.0	32.7	33.1	33.0	31.0
Wankdorfplatz Nord	Wankdorfpl N	33.1	---	30.9	37.3	38.2
Wankdorfplatz Süd	Wankdorfpl S	34.0	---	31.2	36.7	36.5
Winkelriedstr. Strasse	Winkelriedstr 0	28.6	28.1	27.6	32.4	32.4
Winkelriedstr. Quartier	Winkelriedstr 1	24.2	23.2	21.8	25.3	26.3

¹ Die Jahresmittelwerte basieren bis 2014 auf den vom AfU gemessenen Monatsmittelwerten. 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. Seit 2015 wird ein Teil der Standorte vom beco betreut. Diese Jahresmittelwerte basieren auf Zweiwochenperioden. Bei fehlenden Werten wird der gewichtete Mittelwert berechnet. Die verbleibenden Standorte werden wie bisher vom AfU betreut.

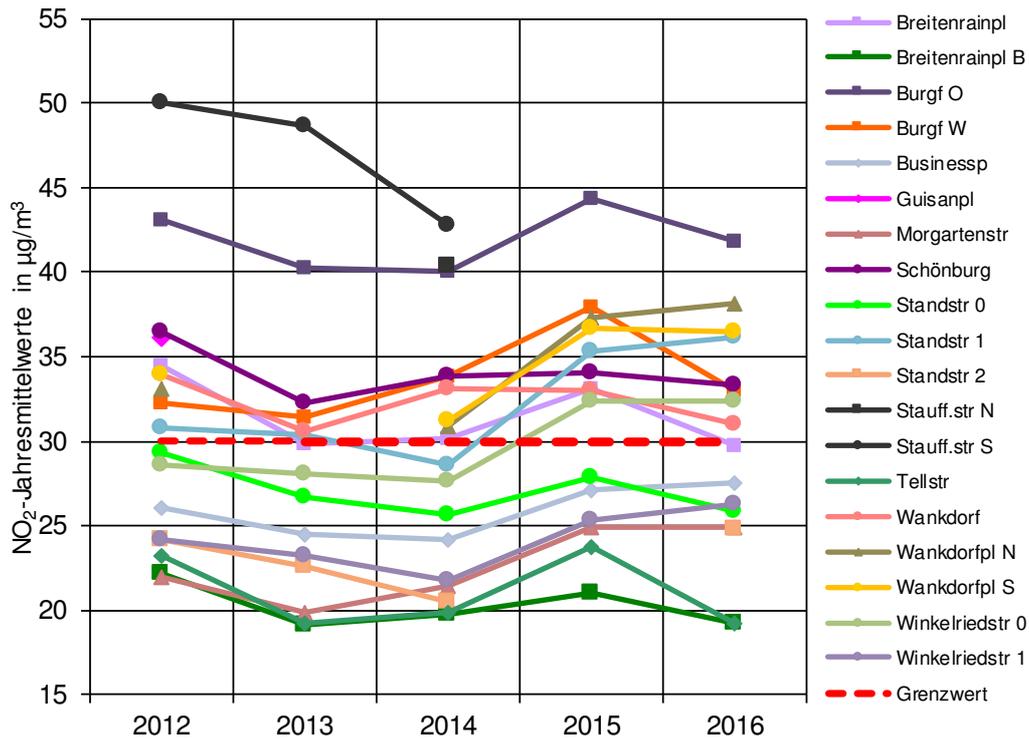


Abbildung 2: Darstellung der Jahresmittelwerte an den **Passivsammlerstationen** des AfU von 2012 – 2016.

In Tabelle 2 sind die Stickstoffdioxid-Daten der Fixstationen dargestellt. An der innenstädtischen Messstation am Bollwerk (NABEL, Strassenschlucht) wird der Grenzwert für den Jahresmittelwert nicht eingehalten. In den letzten Jahren konnte aber ein Trend zur Reduktion der Immissionsbelastung festgestellt werden.

Im Anhang 4 sind schematische Verteilungen der NO₂- und PM₁₀-Belastung in der Stadt Bern dargestellt.

Tabelle 2: Jahresmittelwerte ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von NO_2 an den **Fixstationen** in den Jahren 2012 – 2016.

Jahresmittelwerte	2012	2013	2014	2015	2016
Bern-Brunngasshalde (AfU)	27.8	27.2	24.9	--- ²	--- ²
Bern-Bollwerk (NABEL)	41.7	43.0	38.7	40.1	36.8
Bern-Wankdorf (beco)	34.0	33.3	31.9	34.1	29.7
Ittigen (beco)	23.8	24.2	21.0	21.5	20.1
Anzahl Tage > Grenzwert	2012	2013	2014	2015	2016
Bern-Brunngasshalde (AfU)	0	0	0	--- ²	--- ²
Bern-Bollwerk (NABEL)	2	2	0	0	0
Bern-Wankdorf (beco)	1	5	0	1	0
Ittigen (beco)	2	0	0	0	0

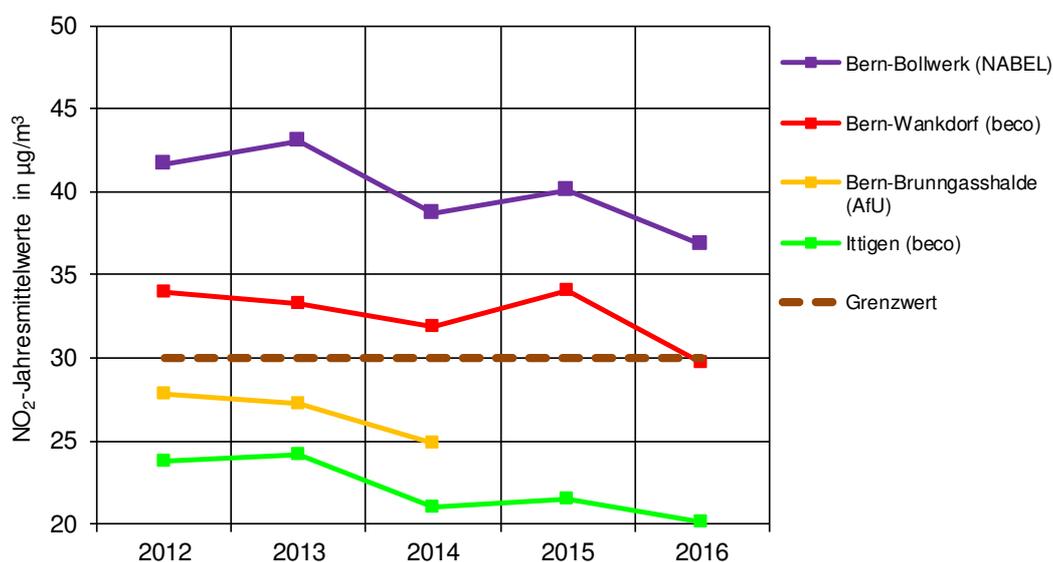


Abbildung 3: Darstellung der NO_2 -Jahresmittelwerte an den **Fixstationen** 2012 – 2016.

² Die Messstation an der Brunngasshalde wurde Ende 2015 aufgehoben. Aus diesem Grund liegen ab dem Jahr 2015 keine Jahreswerte mehr vor. Im Dezember 2015 wurde eine neue Messstation an der Morgartenstrasse in Betrieb genommen. Für das Jahr 2016 stehen mangels ausreichender Daten noch keine Jahresmittelwerte zur Verfügung.

2.2 Jahresmittelwerte Feinstaub (PM10)

In Tabelle 3 sind die Feinstaub-Daten der Fixstationen dargestellt. Die Jahresmittelwerte von Feinstaub lagen im Messjahr 2016 in einem ähnlichen Bereich wie im Jahr 2014, unterhalb des Grenzwertes von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Kurzzeitgrenzwert (24-h-Mittelwert, Anzahl Tage) von Feinstaub wird nur an der NABEL-Station am Bollwerk leicht überschritten. Die Anzahl Tagesmittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ waren tiefer 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 2012 – 2016.

Jahresmittelwerte	2012	2013	2014	2015	2016
Bern-Brunngasshalde (AfU)	19.2	21.7	16.0	--- ³	--- ³
Bern-Bollwerk (NABEL)	23.5	27.2	19.3	21.5	19.3
Bern-Wankdorf (AfU)	18.5	20.6	15.2	17.8	15.4
Ittigen (beco)	18.0	17.5	14.9	17.0	14.7
Anzahl Tage > Grenzwert	2012	2013	2014	2015	2016
Bern-Brunngasshalde (AfU)	11	22	1	--- ³	--- ³
Bern-Bollwerk (NABEL)	18	30	6	11	2
Bern-Wankdorf (AfU)	12	19	2	5	0
Ittigen (beco)	8	9	0	3	0

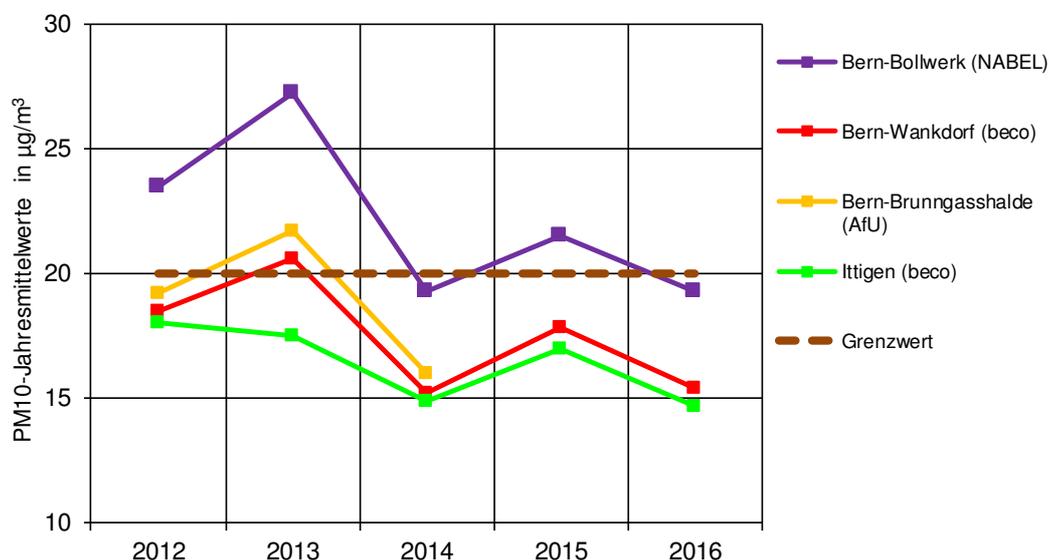


Abbildung 4: Darstellung der PM10-Jahresmittelwerte an den **Fixstationen** 2012 – 2016.

³ Die Messstation an der Brunngasshalde wurde Ende 2015 aufgehoben. Aus diesem Grund liegen ab dem Jahr 2015 keine Jahreswerte mehr vor. Im Dezember 2015 wurde eine neue Messstation an der Morgartenstrasse in Betrieb genommen. Für das Jahr 2016 stehen mangels ausreichender Daten noch keine Jahresmittelwerte zur Verfügung.

2.3 Monatsmittelwerte Stickstoffdioxid (NO₂) 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.

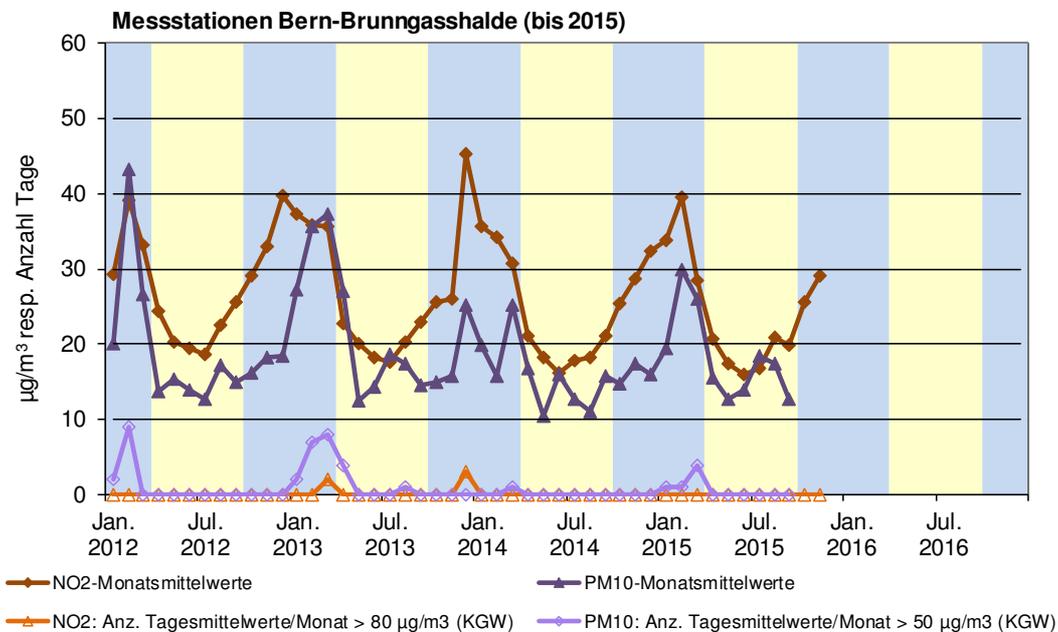


Abbildung 5: Monatsmittelwerte und Anzahl Tage mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes an der Brunngasshalde (bis Ende 2015).

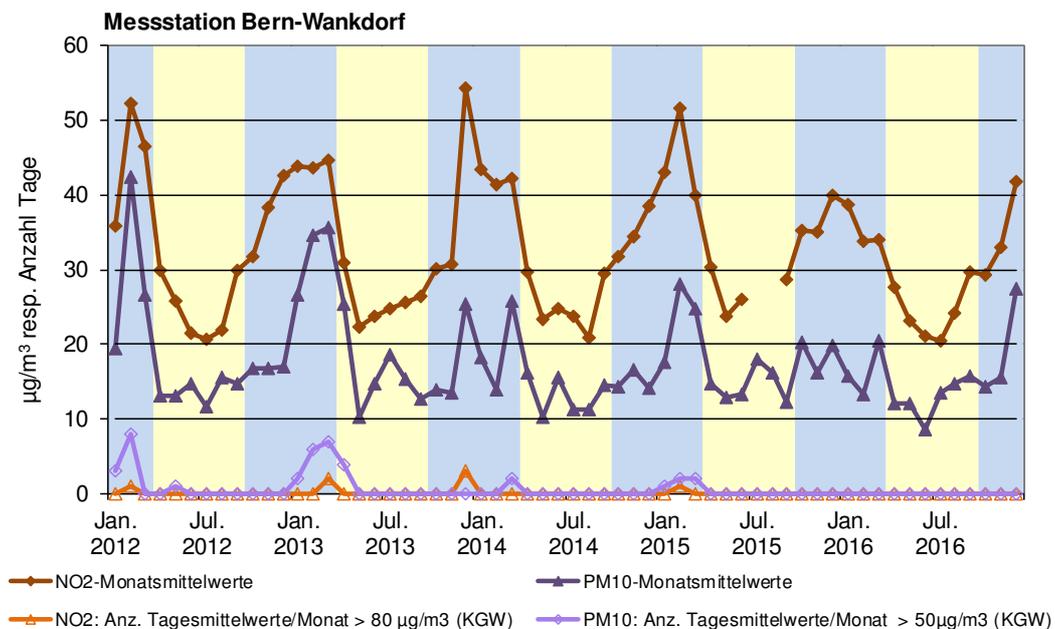


Abbildung 6: Monatsmittelwerte und Anzahl Tage mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes an der Station Bern-Wankdorf 2012 – 2016.

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.

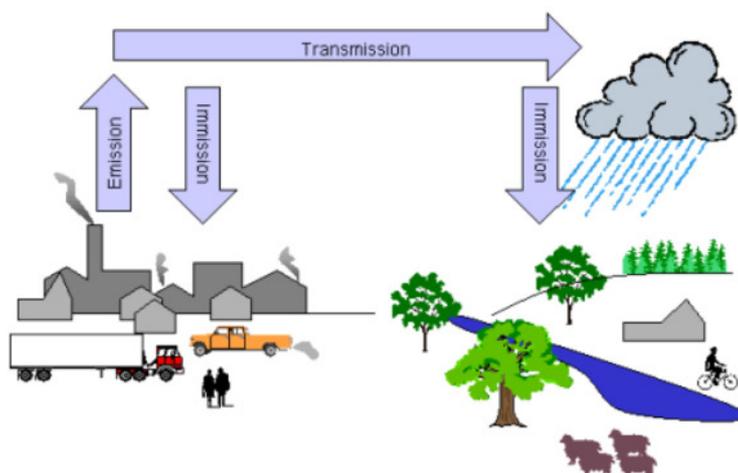


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen Emission, Transmission und Immission⁴.

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). 2016 gab es mehr Tage (37) mit Inversionen als 2015.

Tabelle 4: Anzahl Tage mit Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2012 – 2016.

	2012	2013	2014	2015	2015		2012	2013	2014	2015	2016
Jan	3	9	4	6	4	Jul	0	0	0	0	0
Feb	2	0	0	4	1	Aug	0	0	0	0	0
Mrz	0	1	0	0	0	Sep	0	0	0	0	0
Apr	0	0	0	0	0	Okt	2	1	0	2	3
Mai	0	0	0	0	0	Nov	7	1	10	5	6
Jun	0	0	0	0	0	Dez	3	14	2	17	23
						Summe	17	26	16	34	37

⁴ aus <http://www.umwelt.sg.ch/home/Themen/Luft/luftmessergebnisse/umgewandelt.html>

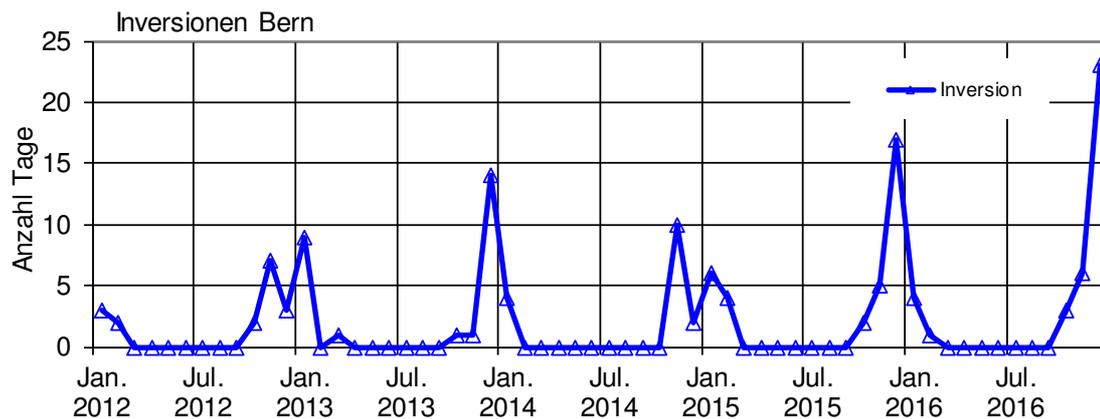


Abbildung 8: Zeitlicher Verlauf der Anzahl Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2012 – 2016.

2.5 Verkehrszählungen

Die Verkehrszahlen wurden von der Projektkoordination ESP Wankdorf AÖV/AGR für diesen Bericht zur Verfügung gestellt und sind in Anhang A.5 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/navi/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
- Meteotest 2016: Monitoring und Controlling ESP Wankdorf. Luftbelastung 2011 – 2015.
http://www.wankdorf.info/index.php?fid=der_raum&sid=monitoring_xx_controlling
http://www.espwankdorf.bve.be.ch/espwankdorf_bve/de/index/navi/index/ueber_uns/downloads.html

A Anhang

A.1 Luftschadstoffe

Als Indikatoren für die Luftbelastung werden die zwei Schadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaub (PM10) definiert. Nachfolgend wird kurz auf die Eigenschaften von NO_x, NO₂ und PM10 eingegangen⁵. Weiterführende Angaben und Links sind in den Anhängen A.4 und A.6 zu finden.

Stickoxide (NO_x), Stickstoffdioxid (NO₂)

Eigenschaften

- umfassen u. a. Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂)
- gesamte Emissionen als Stickstoffdioxid-Äquivalente
- Stickstoffmonoxid: farbloses Gas
- Stickstoffmonoxid: in der Atmosphäre Umwandlung zu Stickstoffdioxid

Hauptquellen

- motorisierter Strassenverkehr (Verbrennungsprozesse, bei hohen Temperaturen)
- Feuerungen

Auswirkungen

- Erkrankung der Atemwege
- vielfältige Schädigung von Pflanzen und empfindlichen Ökosystemen bei kombinierter Einwirkung mehrerer Schadstoffe
- Überdüngung von Ökosystemen
- Stickstoffdioxid: Reizung von Augen, Atmungsorganen und Haut
- Stickoxide: wichtige Vorläufersubstanzen für die Bildung saurer Niederschläge und sekundärer Aerosole (Feinstaub)
- Stickoxide mit flüchtigen organischen Verbindungen: wichtige Vorläufersubstanzen für die Bildung von Photooxidantien wie z.B. Ozon

⁵ Quelle: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/luftschadstoff-glossar.html>.

Immissionsgrenzwerte Stickstoffdioxid

- 30 µg/m³ Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
- 100 µg/m³ 95 % der 1/2-h-Mittelwerte eines Jahres kleiner oder gleich 100 µg/m³
- 80 µg/m³ 24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden

Zustand und Entwicklung

Stickoxide zählen zu den Hauptluftschadstoffen. Die Belastung der Luft durch Stickstoffdioxid hat seit 1990 deutlich abgenommen. In grossen Städten und entlang stark befahrener Strassen werden die Immissionsgrenzwerte der Jahresmittel von Stickstoffdioxid zum Teil deutlich überschritten. In vorstädtischen Gebieten liegt die Belastung im Bereich des Grenzwerts oder darunter. Im ländlichen Raum abseits der Strassen wird der Grenzwert deutlich unterschritten. Mögliche Ursache für die schwächer sinkende Konzentration von Stickstoffdioxid ist die Zunahme des Anteils an Personenwagen mit Dieselmotor. Sie stossen mehr Stickstoffdioxid aus als Autos mit Benzinmotoren. Die bisherigen Massnahmen genügen nicht, um die Immissionsziele (Immissionsgrenzwerte Ozon) zu erreichen.

Feinstaub (PM10)

Eigenschaften

- feste und flüssige Teilchen unterschiedlicher Grösse (aerodynamischer Durchmesser von weniger als 10 Mikrometer) und Zusammensetzung: Schwermetalle, Sulfat, Nitrat, Ammonium, organischer Kohlenstoff, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Dioxine und Furane
- physikalisch-chemisches komplexes Gemisch aus primär emittierten und sekundär gebildeten Komponenten natürlichen und anthropogenen Ursprungs wie Russ, geologisches Material, Abriebspartikel und biologisches Material

Hauptquellen

- motorisierter Strassenverkehr (Verbrennungsprozesse, Abrieb)
- Schienenverkehr (Abrieb)
- Land- und Forstwirtschaft (Verbrennungsprozesse)
- Industrie, Gewerbe (Produktionsprozesse)

- Baustellen (Verbrennungsprozesse, mechanische Prozesse)
- Feuerungen, insbesondere mit Brennstoff Holz
- sekundäre Bildung aus Schwefeldioxid, Stickoxiden, Ammoniak und flüchtigen organischen Verbindungen

Auswirkungen

- Erkrankungen der Atemwege und des Herz-Kreislauf-Systems
- Zunahme der Mortalität und des Krebsrisikos
- Belastung des Bodens, der Pflanzen und der Menschen durch Schwermetalle und Dioxine und Furane (im Staub enthalten)

Immissionsgrenzwerte

- 20 µg/m³ Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
- 50 µg/m³ 24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden

Zustand und Entwicklung

Die Feinstaubbelastung hat seit 1991 deutlich abgenommen. Der Rückgang dürfte einerseits auf die Reduktion der sekundären Partikel (insbesondere Sulfat) und andererseits auf die Reduktion der primären Partikelemissionen zurückzuführen sein. Seit 2000 hat die Feinstaubbelastung weiter abgenommen. Ausnahmen bildeten die Jahre 2003 und 2006. Häufige Inversionslagen auf der Alpennordseite führten damals zu erhöhten Werten. Die Höhe der Feinstaubbelastung wird sehr stark von winterlichen Inversionslagen bestimmt. Sie unterbinden den Luftaustausch und führen zu hohen Konzentrationen von Feinstaub in Bodennähe.

A.2 Standorte mit Luftschadstoffmessungen

Tabelle 5: Standorte mit Luftschadstoffmessungen (Fixstationen).

Station	Abkürzung	Koordinaten
Bern-Brunngasshalde (AfU)	AfU	600'833 / 199'785
Bern-Morgartenstrasse (AfU)	Bern Nord	601'818 / 201'338
Bern-Bollwerk (NABEL)	NABEL	600'170 / 199'990
Bern-Wankdorf (beco/AfU)	Messwagen	602'015 / 201'570
Ittigen (beco)	Ittigen	603'040 / 202'810

Tabelle 6: Standorte mit Luftschadstoffmessungen (Passivsammler).

NO ₂ -Passivsammler ⁶	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
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

⁶ 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/mehrfjahresvergleichstickstoffdioxid.html> dokumentiert.

A.3 Standorte mit meteorologischen Messdaten

Tabelle 7: 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

A.4 Hintergründe⁷

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 NO₂ 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 NO₂-Grenzwert auch in den verkehrsbelasteten Zentren der Agglomerationen einzuhalten, sieht der kantonale 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 Ae-

⁷ Auszüge aus Massnahmenplan zur Luftreinhaltung 2015 / 2030
<http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftreinhaltung/massnahmenplan2.html>
resp. Standortbestimmung 2010
<http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftreinhaltung/standortbestimmung.html>

rosolen), 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	8'760	-5.1%
Papiermühlestrasse 91	19'322	17'290						16'120	15'390	-20.3%
Winkelriedstrasse 10	17'226	17'245				13'970	14'630	14'850	15'080	-12.5%
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			6'137	-30.2%
A6-Einfahrt nach ZH (Kanton)	7'840	7'185				3'807			4'423	-43.6%
Bolligenstrasse Mitte	5'679	7'763	7'442	7'900		7'991		8'160	8'460	49.0%
Bolligenstrasse Stadtgrenze (Kanton)	19'925	18'697		24'444				20'768	21'303	6.9%
Mingerstrasse	6'840	5'058		7'708			7'261	7'560		10.5%
Papiermühlestrasse Nord	10'225	7'572				8'214		9'400	8'890	-13.1%
Papiermühlestrasse Süd	12'075	8'772	9'200	10'213				10'420	10'800	-10.6%
Pulverweg	5'262	5'313		6'686	6'290	6'050	6'110	5'530		5.1%
Rodtmattstrasse Sa	5'583	4'889		4'101				4'300	4'325	-22.5%
Rodtmattstrasse Se	6'023	4'474		4'101				4'300	4'325	-28.2%
Schermenweg 133	4'693	2'449	3'421	3'109				4'900	5'070	8.0%
Sempacherstrasse 7										
Standstrasse 15	10'096	11'097	9'587	9'979	9'530	8'550	8'480		8'840	-12.4%
Löchligut	6'167	3'510	5'890	5'820	5'500	3'450	3'010	2'990	3'010	-51.2%
Stauffacherstrasse 134	3'458			4'931	4'740	4'350	3'990		4'690	35.6%
Stauffacherstrasse 145	2'937					2'770	2'820	3'360	3'360	14.4%
Stauffacherstrasse 17a	4'233	5'520		5'340	4'890	4'540	4'410			4.2%
Stauffacherstrasse 44	9'057	7'386					4'840		6'330	-30.1%
Tellstrasse 18	1'494									
Wankdorffeldstrasse West	2'274	2'689	2'911	2'788	2'710	2'460	2'300			1.1%
Winkelriedstrasse Mitte	12'645	11'400		12'140	12'930	12'390	12'790	12'720	13'080	3.4%
Winkelriedstrasse West	14'363	12'230	11'458	11'240	11'150	10'730	11'110	11'020	11'390	-20.7%
Wölflistrasse (Kanton)	616								1'617	162.5%
Worblaufenstrasse Nord (Kanton)	4'611	8'590		8'938	8'490	8'290	8'220	8'080	8'470	83.7%
Zentweg West	3'854	4'000	5'074	4'040	4'050	5'180	4'130			7.2%
Summe*	382'250								374'452	-2.0%

Quellen:

für das Jahr 2008 jeweils Bericht Luftbelastung (siehe www.wankdorf.info)

für die Jahre 2009-2016:

ASTRA: Schweizerische automatische Strassenverkehrszählung (SASVZ)

Kanton: periodische Verkehrszählung

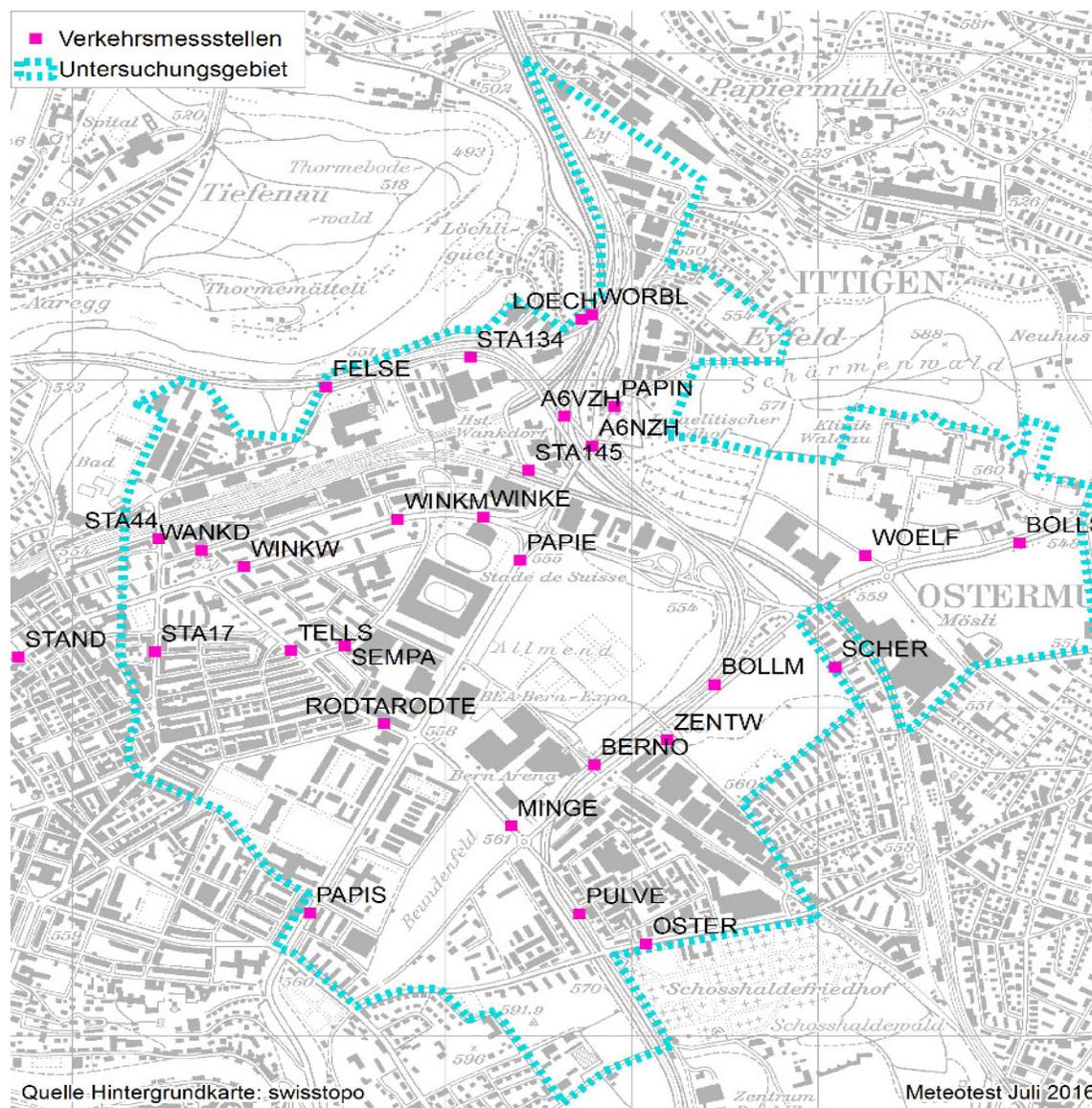
Stadt Bern: jährliche Verkehrsmessungen

* Summe 2008: ohne graue Stationen; Summe 2016 entspricht der Summe der jeweils 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 http://www.bern.ch/politik-und-verwaltung/stadtverwaltung/sue/amt-fur-umweltschutz
BAFU	Bundesamt für Umwelt https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft.html
beco	Berner Wirtschaft, Immissionsschutz http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft.html
BVE	Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern http://www.bve.be.ch
ESP	Programm Entwicklungsschwerpunkte http://www.jgk.be.ch/jgk/de/index/raumplanung/raumplanung/kantonale_raumplanung/entwicklungsschwerpunkte.html
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) http://www.feinstaub.ch
Immissionen	Messbare Luftbelastung in der Umwelt http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftmesswerte.html http://www.bern.ch/themen/umwelt-natur-und-energie/luft/luftqualitat/aktuelle-luftbelastung-in-bern https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/daten/luftbelastung--aktuelle-daten.html
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. http://de.wikipedia.org/wiki/Inversionswetterlage
LRV	Luftreinhalte-Verordnung http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_318_142_1.html

NABEL	<p>Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/daten/nationales-beobachtungsnetz-fuer-luftfremdstoffe--nabel-.html https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/daten/luftbelastung--historische-daten/jahres--und-monatsberichte-nabel.html</p>
NO _x	<p>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 (NO₂) umgewandelt wird). http://www.bafu.admin.ch/chemikalien/prtr/07159/07183</p>
NO ₂	<p>Stickstoffdioxid (Immissionen) http://www.bern.ch/themen/umwelt-natur-und-energie/luft/luftqualitat/infos-rund-um-das-stickstoffdioxid http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftschaedstoffe/stickstoffdioxid.html</p>
Passivsammler	<p>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 NO₂-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 NO₂ 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://www.bern.ch/leben_in_bern/sicherheit/umweltschutz/Luft/passivsammler; diese Seite wurde in der Zwischenzeit ausser Betrieb genommen.)</p>
PM10	<p>siehe auch Feinstaub. Kleine Partikel des Gesamtstaubs mit einem Durchmesser von weniger als 10 µm; Bezeichnung sowohl als Emissionen wie auch Immissionen. http://www.bern.ch/themen/umwelt-natur-und-energie/luft/luftqualitat/infos-rund-um-den-feinstaub http://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftschaedstoffe/feinstaub.html http://www.bafu.admin.ch/chemikalien/prtr/07159/07227</p>
Stickoxide	siehe NO _x
Stickstoffdioxid	siehe NO ₂

SwissMetNet Das neue meteorologische Messnetz der MeteoSchweiz.
<http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/mess-und-prognosesysteme/bodenstationen/automatisches-messnetz.html>

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