



ESP Wankdorf

Monitoring und Controlling Luftbelastung 2014 – 2018

Impressum

Auftraggeber Kontaktperson Adresse	Projektkoordination ESP Wankdorf Katja Bessire (AÖV) / Manuel Flückiger (AGR) Reiterstrasse 11 3011 Bern
Datum Aktuelle Version Ältere Versionen Projektnummer Datei	29.05.2019 Schlussbericht - 19_0041 luftbelastung_esp_wankdorf_jahre_2014-2018.docx
Erstellt durch Kontrolliert durch Genehmigt durch	Thomas Künzle 13.05.2019 Simon Albrecht 13.05.2019 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 Grenzwert für den Jahresmittelwert von NO₂ (30 µg/m³) wurde im Messjahr 2018 im Untersuchungsgebiet nur entlang der Hauptverkehrsachsen überschritten. In den Quartieren abseits stark befahrener Strassen lagen die Jahresmittelwerte unter dem Grenzwert.

Feinstaub (PM10)

Die Jahresmittelwerte von Feinstaub lagen im Messjahr 2018 etwas höher als 2017. Der Grenzwert für den Jahresmittelwert (20 µg/m³) sowie der Kurzzeitgrenzwert (24-h-Mittelwert) wurden im Messjahr 2018 im Untersuchungsgebiet 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 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an den Standorten mit NO₂-Passivsammler-Messungen in den vergangenen fünf Jahren.	8
Tabelle 2:	Jahresmittelwerte ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von NO ₂ an den Fixstationen in den Jahren 2014 – 2018.	10
Tabelle 3:	Jahresmittelwerte ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von PM10 an den Fixstationen in den Jahren 2014 – 2018.	11
Tabelle 4:	Anzahl Tage mit Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2014 – 2018.	14
Tabelle 5:	Standorte mit Luftschadstoffmessungen (Fixstationen).....	19
Tabelle 6:	Standorte mit Luftschadstoffmessungen (Passivsammler).....	19
Tabelle 7:	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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) des Jahres 2018 eingefärbt.	7
Abbildung 2:	Verlauf der Jahresmittelwerte an den NO ₂ - Passivsammlerstationen von 2014 – 2018.	9
Abbildung 3:	Darstellung der NO ₂ -Jahresmittelwerte an den Fixstationen 2014 – 2018.	10
Abbildung 4:	PM10-Jahresmittelwerte an den Fixstationen 2014 – 2018.	11
Abbildung 5:	Monatsmittelwerte und Anzahl Tage mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes an der Station Bern-Wankdorf 2014 – 2018.	12
Abbildung 6:	Monatsmittelwerte und Anzahl Tage mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes an der Station Bern-Morgartenstrasse (ab 2017).	12
Abbildung 7:	Zusammenhang zwischen Emission, Transmission und Immission.	13
Abbildung 8:	Zeitlicher Verlauf der Anzahl Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2014 – 2018.	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 2014 bis 2018 aufzuzeigen. Dieser Bericht ist eine Weiterführung des Berichtes aus dem letzten Jahr (Meteotest 2018).

Das Untersuchungsgebiet ist das 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 (beco, 2019a).

Ergänzend werden 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. Die 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

Die Interpretation der zeitlichen Entwicklung der Belastungssituation an den verschiedenen Messstationen seit dem Jahr 2014 ist nicht Hauptgegenstand dieses Berichtes. Im Jahr 2018 wurden an allen Stationen geringere Jahreswerte gegenüber dem Vorjahr registriert. Insgesamt kann über alle betrachteten Messstationen jedoch noch kein deutlicher Trend festgestellt werden.

In den nachfolgenden Tabellen sind Jahresmittelwerte grün dargestellt, wenn der Grenzwert eingehalten ist. Orange dargestellt sind Werte über dem Grenzwert. Violett dargestellt sind Werte mehr als 25% ($37.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) über dem Grenzwert.

Tabelle 1: Entwicklung der Luftbelastung in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an den Standorten mit NO₂-Passivsammler-Messungen in den vergangenen fünf Jahren¹.

Messstandorte	Abkürzung	2014	2015	2016	2017	2018
Breitenrainplatz 40	Breit.pl 40	30.2	33.1	29.7	29.9	26.3
Breitenrainplatz 40b	Breit.pl 40b	19.8	21.0	19.2	19.9	17.2
Grosse Allmend A6	Gr. Allmend	33.8	38.0	33.0	33.6	28.6
Kleine Allmend A6	Kl. Allmend	40.1	44.4	41.8	37.8	34.9
Morgartenstrasse 23-25	Morgartenstr	20.6	24.9	24.9	25.2	23.2
Papiermühlestr. / Viktoriastr.	Papierm.str	33.8	34.1	33.3	30.8	27.5
Standstrasse 50	Standstr 50	25.6	27.9	25.9	26.7	22.4
Standstrasse 54	Standstr 54	20.5	---	24.8	25.0	22.2
Standstrasse 61	Standstr 61	28.6	35.3	36.2	36.7	32.1
Stauffacherstr. A1 Nord	Stauff.str N	40.4	---	---	50.9	45.3
Stauffacherstr. A1 Süd	Stauff.str S	42.8	---	---	53.2	49.0
Tellstrasse 20-22	Tellstr	19.9	23.7	19.2	19.8	16.8
Wankdorf Kreisel Nord	Wankdorfkr N	30.9	37.3	38.2	38.1	35.4
Wankdorf Kreisel Süd	Wankdorfkr S	31.2	36.7	36.5	35.9	35.6
Winkelriedstrasse 50	Winkelriedstr 50	21.8	25.3	26.3	26.1	23.7
Winkelriedstrasse 55	Winkelriedstr 55	27.6	32.4	32.4	32.8	32.4
Wylter Stauffacherstr. 65	Wylter St.str 65	24.2	27.1	27.5	27.5	24.8

¹ Die Jahresmittelwerte basieren bis und mit 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.
--- keine Messdaten

Das beco hat 2018 die Messstandorte z.T. umbenannt. Im Bericht wurden diese Anpassungen übernommen. Die Standorte sind alphabetisch sortiert.

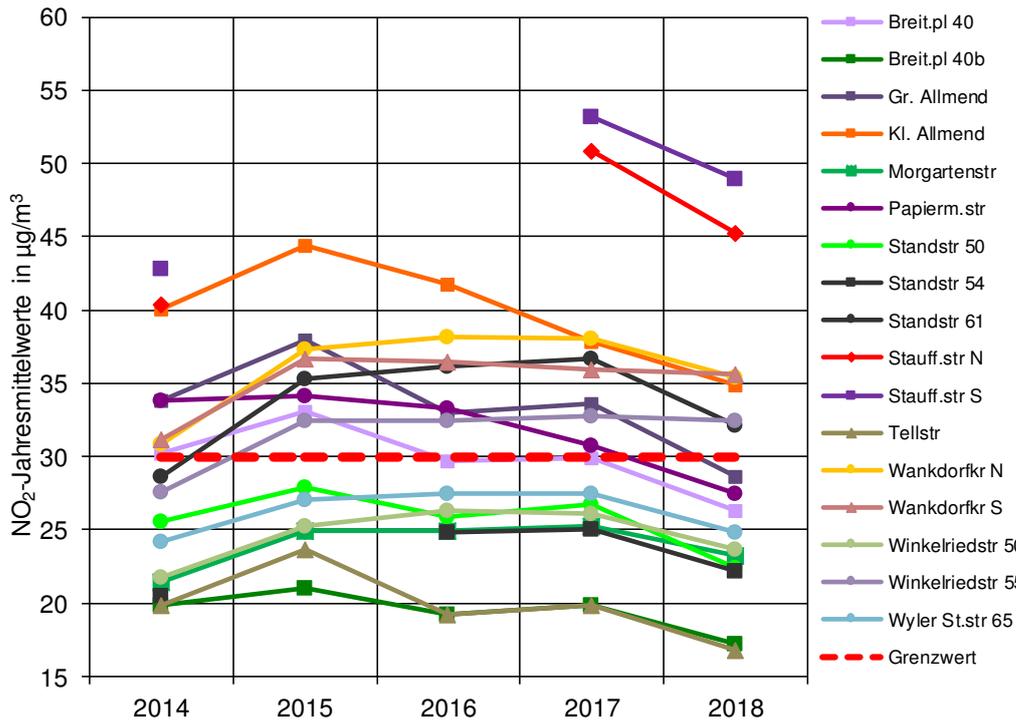


Abbildung 2: Verlauf der Jahresmittelwerte an den NO₂-Passivsammlerstationen von 2014 – 2018.

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.

Tabelle 2: Jahresmittelwerte ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von NO_2 an den **Fixstationen** in den Jahren 2014 – 2018.

Jahresmittelwerte	2014	2015	2016	2017	2018
Bern-Brunggasshalde (AfU) ²	24.9	---	---	---	---
Bern-Morgartenstrasse (AfU) ²	---	---	---	20.8	18.3
Bern-Bollwerk (NABEL)	38.7	40.1	36.8	36.6	36.1
Bern-Wankdorf (beco)	31.9	34.1	29.7	30.6	28.3
Ittigen (beco)	21.0	21.5	20.1	19.5	16.9
Anzahl Tage > Grenzwert	2014	2015	2016	2017	2018
Bern-Brunggasshalde (AfU) ²	0	---	---	---	---
Bern-Morgartenstrasse (AfU) ²	---	---	---	0	0
Bern-Bollwerk (NABEL)	0	0	0	1	1
Bern-Wankdorf (beco)	0	1	0	1	0
Ittigen (beco)	0	0	0	0	0

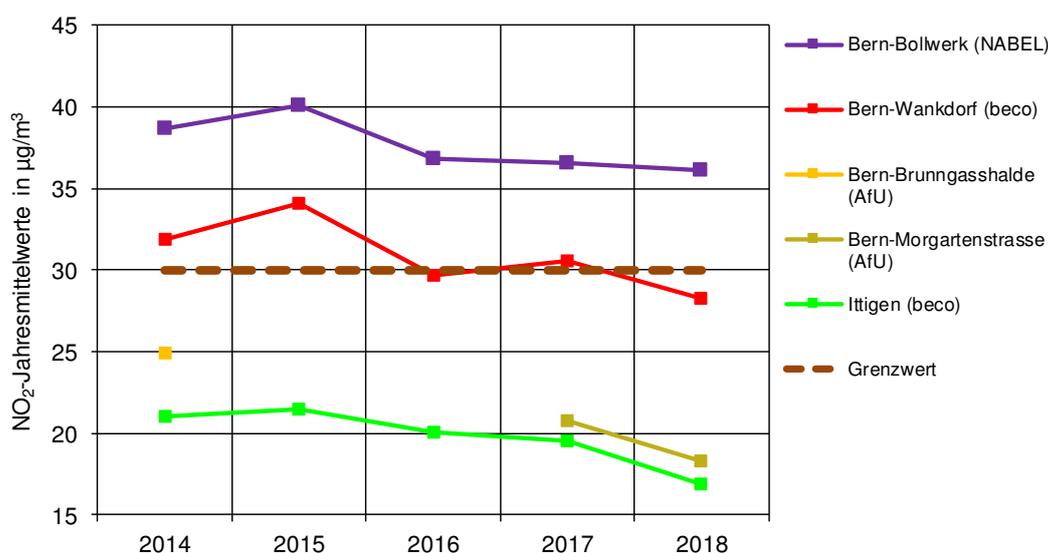


Abbildung 3: Darstellung der NO_2 -Jahresmittelwerte an den **Fixstationen** 2014 – 2018.

² Die Messstation an der Brunggasshalde 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 standen mangels ausreichender Daten noch keine Jahresmittelwerte zur Verfügung.
--- keine Messdaten

2.2 Jahresmittelwerte Feinstaub (PM10)

In Tabelle 3 sind die Feinstaub-Jahresmittelwerte der Fixstationen dargestellt. Die Jahresmittelwerte von Feinstaub waren im Messjahr 2018 (abgesehen von Ittigen) leicht höher als im Vorjahr. Nur am Bollwerk wurde der Grenzwert von 20 µg/m³ überschritten. Der Kurzzeitgrenzwert (24-h-Mittelwert, Anzahl Tage) von Feinstaub wurde an allen Messstationen überschritten.

Tabelle 3: Jahresmittelwerte (µg/m³) und Anzahl Tage über dem Grenzwert von PM10 an den **Fixstationen** in den Jahren 2014 – 2018.

Jahresmittelwerte	2014	2015	2016	2017	2018
Bern-Brunngasshalde (AfU) ³	16.0	---	---	---	---
Bern-Morgartenstrasse (AfU) ³	---	---	---	14.5	15.6
Bern-Bollwerk (NABEL)	19.3	21.5	19.3	20.8	21.5
Bern-Wankdorf (AfU)	15.2	17.8	15.4	16.2	16.5
Ittigen (beco) ⁴	14.9	17.0	14.7	13.5	---
Anzahl Tage > Grenzwert	2014	2015	2016	2017	2018
Bern-Brunngasshalde (AfU) ³	1	---	---	---	---
Bern-Morgartenstrasse (AfU) ³	---	---	---	4	1
Bern-Bollwerk (NABEL)	6	11	2	13	6
Bern-Wankdorf (AfU)	2	5	0	6	1
Ittigen (beco) ⁴	0	3	0	4	---

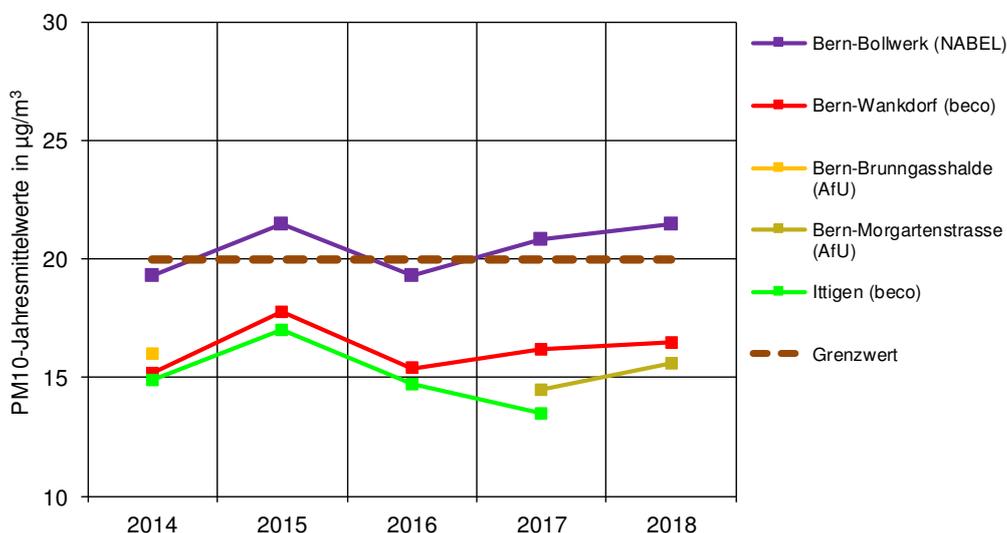


Abbildung 4: PM10-Jahresmittelwerte an den **Fixstationen** 2014 – 2018.

³ Die Messstation an der Brunngasshalde wurde Ende 2015 aufgehoben, siehe Fussnote 2. Für das Jahr 2016 standen an der neuen Messstation an der Morgartenstrasse mangels ausreichender Daten noch keine Jahresmittelwerte zur Verfügung.
--- keine Messdaten

⁴ Die PM10-Messstation in Ittigen wurde aufgehoben, ab dem Jahr 2018 stehen keine Jahresmittelwerte mehr 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 drei Stationen dargestellt. Höhere Belastungswerte treten im Winterhalbjahr (Oktober–März, hellblau hinterlegt) auf, je nach meteorologischen Einflüssen.

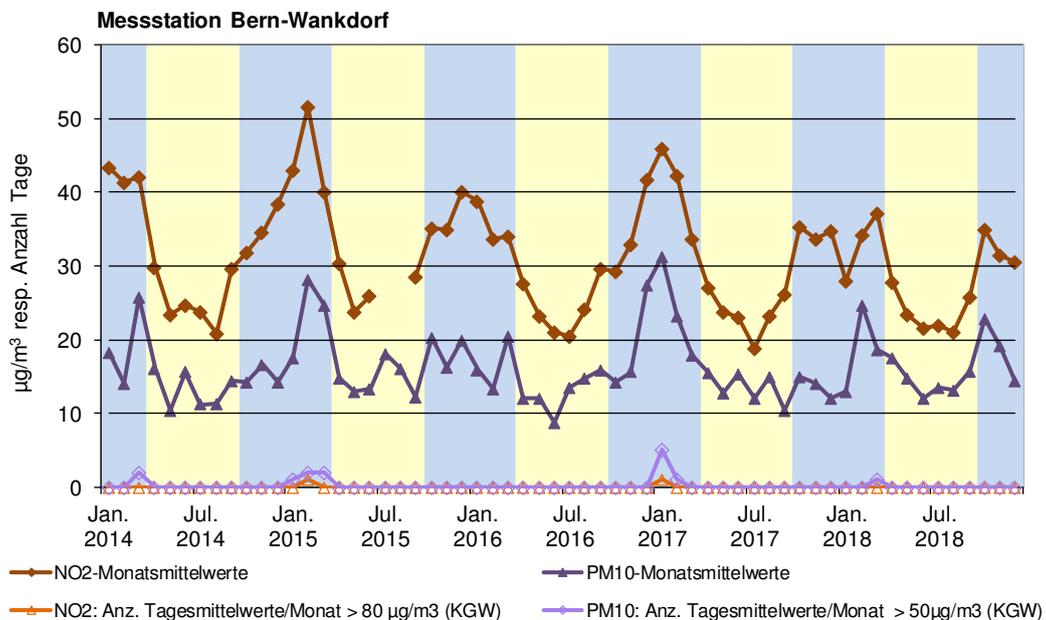


Abbildung 5: Monatsmittelwerte und Anzahl Tage mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes an der Station Bern-Wankdorf 2014 – 2018.

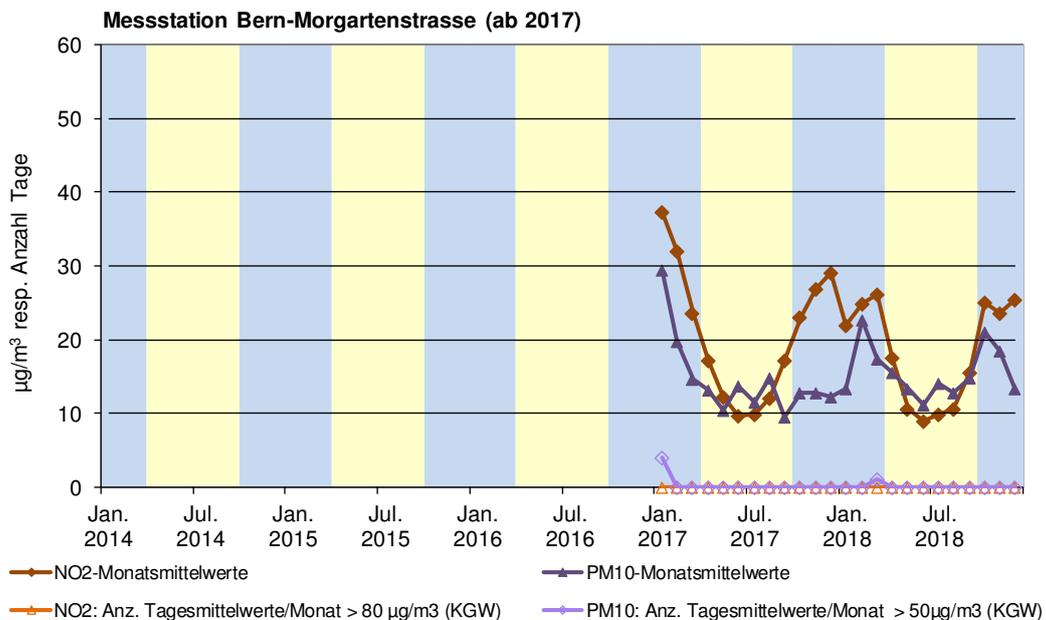


Abbildung 6: Monatsmittelwerte und Anzahl Tage mit Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes an der Station Bern-Morgartenstrasse (ab 2017).

2.4 Meteorologische Situation

Entscheidend für die effektive Luftbelastung (Immission) in einem Untersuchungsjahr sind die Menge an ausgestossenen Schadstoffen (Emissionen) sowie die Ausbreitungssituation (Transmission).

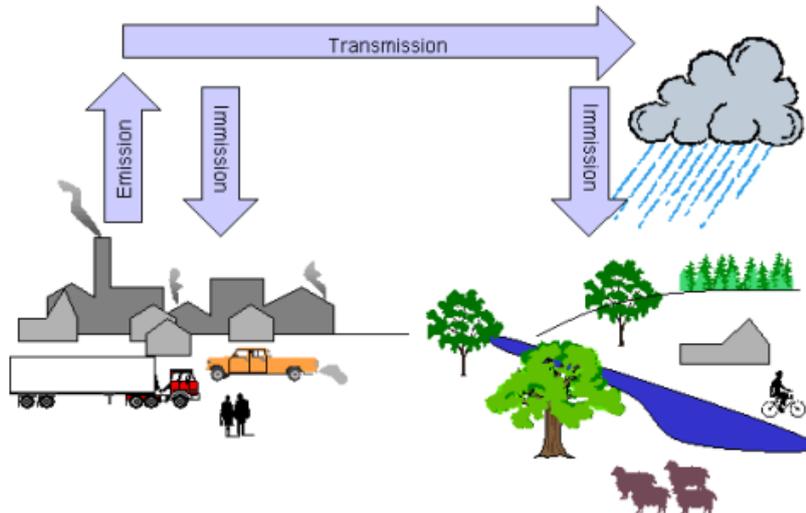


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen Emission, Transmission und Immission⁵.

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.

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). 2018 gab es gleich viele Tage (25) mit Inversionen wie 2017.

⁵ aus <http://www.umwelt.sg.ch/home/Themen/Luft/luftmessergebnisse/umgewandelt.html>
[05.03.2018, Seite ist aktuell nicht mehr in Betrieb]

Tabelle 4: Anzahl Tage mit Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2014 – 2018.

	2014	2015	2016	2017	2018		2014	2015	2016	2017	2018
Jan	4	6	4	11	3	Jul	0	0	0	0	
Feb	0	4	1	3	2	Aug	0	0	0	0	
Mrz	0	0	0	0	4	Sep	0	0	0	0	
Apr	0	0	0	0	0	Okt	0	2	3	0	1
Mai	0	0	0	0	0	Nov	10	5	6	1	8
Jun	0	0	0	0	0	Dez	2	17	23	10	7
						Summe	16	34	37	25	25

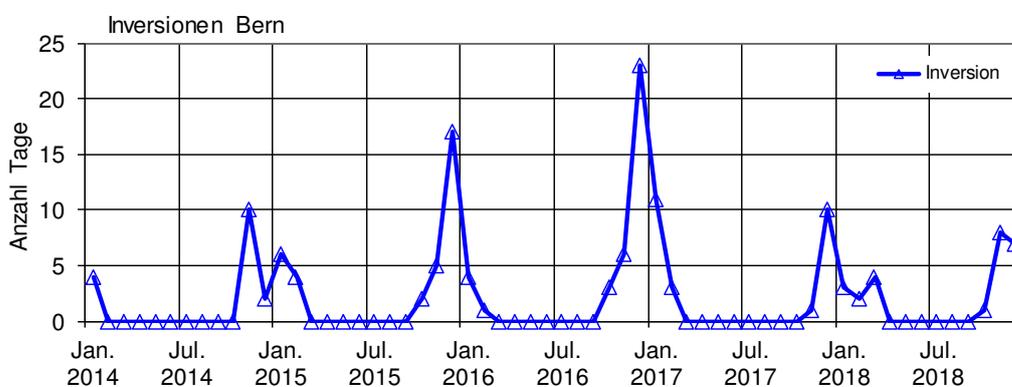


Abbildung 8: Zeitlicher Verlauf der Anzahl Inversionen in der Region Bern in den Jahren 2014 – 2018.

2.5 Verkehrszählungen

Die Verkehrszahlen wurden von der Projektkoordination ESP Wankdorf AÖV/AGR für diesen Bericht zur Verfügung gestellt (beco, 2019b) und sind in Anhang A.5 dargestellt.

3 Literatur

- beco, 2019a: Datenlieferung der Luftschadstoffmessungen zur Aufbereitung und Integration in den Bericht. E-Mail von Claude Anthamatten vom 01.05.2019
- beco, 2019b: Lieferung Verkehrsdaten zur Integration in den Bericht. E-Mail von Claude Anthamatten vom 01.04.2019
- 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 [02.05.2019]
- LRV 1985: Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985; Stand am 1. Januar 2018.
www.admin.ch/ch/d/sr/c814_318_142_1.html [02.05.2019]
- Meteotest 2018: Monitoring und Controlling ESP Wankdorf. Luftbelastung 2013 – 2017.
http://www.wankdorf.info/index.php?fid=der_raum&sid=monitoring_xx_controlling [02.05.2019]
http://www.espwankdorf.bve.be.ch/espwankdorf_bve/de/index/avi/index/ueber_uns/downloads.html [02.05.2019]

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 eingegangen⁶. 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)

⁶ Quelle: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/luftschadstoff-glossar.html>.
[02.05.2019]

- Stickoxide mit flüchtigen organischen Verbindungen: wichtige Vorläufersubstanzen für die Bildung von Photo-Oxidantien wie z.B. Ozon

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-chemisch komplexes Gemisch aus primär emittierten und sekundär gebildeten Komponenten natürlichen und anthropogenen Ursprungs wie Russ, geologisches Material, Abriebpartikel 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	2'600'833 / 1'199'785
Bern-Morgartenstrasse (AfU)	Bern Nord	2'601'818 / 1'201'338
Bern-Bollwerk (NABEL)	NABEL	2'600'170 / 1'199'990
Bern-Wankdorf (beco/AfU)	Messwagen	2'602'040 / 1'201'565
Ittigen (beco)	Ittigen	2'603'050 / 1'202'815

Tabelle 6: Standorte mit Luftschadstoffmessungen (Passivsammler).

NO ₂ -Passivsammler ⁷	Koordinaten
Breitenrainplatz 40	2'601'195 / 1'200'838
Breitenrainplatz 40b	2'601'166 / 1'200'881
Grosse Allmend A6	2'602'715 / 1'201'153
Kleine Allmend A6	2'602'710 / 1'201'052
Morgartenstrasse 23-25	2'601'532 / 1'201'363
Papiermühlestrasse/Viktoriastrasse	2'601'564 / 1'200'285
Standstrasse 50	2'601'150 / 1'201'338
Standstrasse 54	2'601'099 / 1'201'372
Standstrasse 61	2'601'155 / 1'201'316
Stauffacherstrasse A1 Nord	2'602'016 / 1'202'135
Stauffacherstrasse A1 Süd	2'601'922 / 1'202'043
Tellstrasse 20-22	2'601'574 / 1'201'203
Wankdorf Kreisel Nord	2'602'222 / 1'201'595
Wankdorf Kreisel Süd	2'602'257 / 1'201'476
Winkelriedstrasse 50	2'601'403 / 1'201'474
Winkelriedstrasse 55	2'601'472 / 1'201'407
Wyler Stauffacherstrasse 65	2'601'232 / 1'201'663

⁷ 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/luftqualitaet/infos-rund-um-das-stickstoffdioxid/uebersichtskarten-der-no2-belastung-in-bern> [02.05.2019] sowie <https://luftqualitaet.ch/messdaten/no2ps> [02.05.2019] dokumentiert.

A.3 Standorte mit meteorologischen Messdaten

Tabelle 7: Standorte mit meteorologischen Messdaten.

Station	Abkürzung	Koordinaten	Höhe [m.ü.M.]
Bern-Zollikofen (SwissMetNet)	Zollikofen	2'601'930 / 1'204'410	553
Bantiger (SwissMetNet)	Bantiger	2'606'850 / 1'202'975	942

A.4 Hintergründe⁸

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-

⁸ Auszüge aus Massnahmenplan zur Luftreinhaltung 2015 / 2030 resp. Standortbestimmung 2010
https://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftreinhaltung/downloads_publicationen/luftreinhaltung.html [02.05.2019]

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

(siehe nächste zwei Seiten)

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	2017	2018	Entwicklung 2008-neuste
Ostermundigenstrasse 61	9'232	9'560	10'712	10'497				8'760	8'760	8'380	8'230	-10.9%
Papiermühlestrasse 91	19'322	17'290						16'120	15'390	16'430	16'360	-15.3%
Winkelriedstrasse 10	17'226	17'245				13'970	14'630	14'850	15'080	15'060	14'990	-13.0%
Bern, Felsenauviadukt (ASTRA)	98'428	97'881	86'460			96'830	100'505	102'965		107'010	107'258	9.0%
Umfahrung Bern Ost (ASTRA)	70'791	70'398	67'409	67'582	68'946	70'982	72'873	73'807		75'934	76'859	8.6%
A6-Ausfahrt von ZH (Kanton)	8'795	8'038				4'670			6'137	6'200	6'150	-30.1%
A6-Einfahrt nach ZH (Kanton)	7'840	7'185				3'807			4'423		3'922	-50.0%
Bolligenstrasse Mitte	5'679	7'763	7'442	7'900		7'991		8'160	8'460	8'380	8'470	49.1%
Bolligenstrasse Stadtgrenze (Kanton)	19'925	18'697		24'444				20'768	21'303	21'397	20'393	2.3%
Mingerstrasse (2016 aufgelöst)	6'840	5'058		7'708			7'261	7'560				10.5%
Papiermühlestrasse Nord	10'225	7'572				8'214		9'400	8'890	8'770	8'700	-14.9%
Papiermühlestrasse Süd	12'075	8'772	9'200	10'213				10'420	10'800	10'410	9'980	-17.3%
Pulverweg	5'262	5'313		6'686	6'290	6'050	6'110	5'530		4'920	5'620	6.8%
Rodtmattstrasse Sa	5'583	4'889		4'101				4'300	4'325	4'240	3'840	-31.2%
Rodtmattstrasse Se	6'023	4'474		4'101				4'300	4'325	4'240	4'260	-29.3%
Schermenweg 133	4'693	2'449	3'421	3'109				4'900	5'070	4'830	4'840	3.1%
Sempacherstrasse 7												
Standstrasse 15	10'096	11'097	9'587	9'979	9'530	8'550	8'480		8'840	8'760		-13.2%
Löchligut	6'167	3'510	5'890	5'820	5'500	3'450	3'010	2'990	3'010	2'620	2'450	-60.3%
Stauffacherstrasse 134	3'458			4'931	4'740	4'350	3'990		4'690	4'880		41.1%
Stauffacherstrasse 145	2'937					2'770	2'820	3'360	3'360	4'310	4'420	50.5%
Stauffacherstrasse 17a	4'233	5'520		5'340	4'890	4'540	4'410				4'050	-4.3%
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	13'050	beschädigt	3.2%
Winkelriedstrasse West	14'363	12'230	11'458	11'240	11'150	10'730	11'110	11'020	11'390	11'310	beschädigt	-21.3%
Wölflistrasse (Kanton)	616								1'617		3'824	520.8%
Worblaufenstrasse Nord (Kanton)	4'611	8'590		8'938	8'490	8'290	8'220	8'080	8'470	8'350	8'160	77.0%
Zentweg West	3'854	4'000	5'074	4'040	4'050	5'180	4'130				3'890	0.9%
Summe*	382'250										380'856	-0.4%

Quellen:

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

für die Jahre 2009-2018:

ASTRA: Schweizerische automatische Strassenverkehrszählung (SASVZ)

Kanton: periodische Verkehrszählung

Stadt Bern: jährliche Verkehrsmessungen

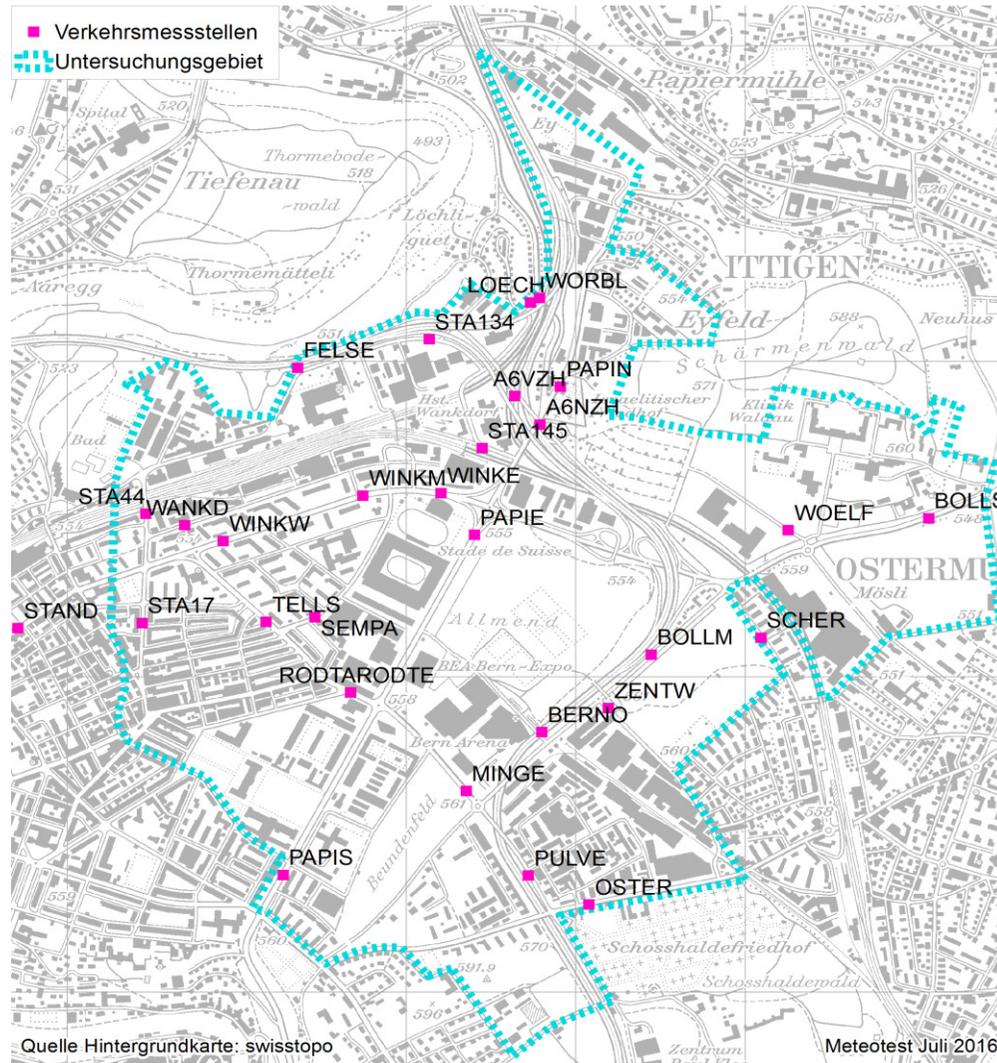
* Summe 2008: ohne graue Stationen; Summe 2018 entspricht der Summe der jeweils neusten Werte
 grün hinterlegte Messstellen: Controlling gemäss Vereinbarung
 blau hinterlegt: Zählstellen mit periodischen Messungen, 2018 keine Messung

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
Löchlighut	LOECH
Stauffacherstrasse 134	STA134
Stauffacherstrasse 145	STA145
Stauffacherstrasse 17a	STA17
Stauffacherstrasse 44	STA44
Tellstrasse 18	TELLS
Wankdorfstrasse 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 [02.05.2019]
BAFU	Bundesamt für Umwelt https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft.html [02.05.2019]
beco	Berner Wirtschaft, Immissionsschutz https://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftreinhaltung.html [02.05.2019]
BVE	Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern http://www.bve.be.ch [02.05.2019]
ESP	Programm Entwicklungsschwerpunkte http://www.jgk.be.ch/jgk/de/index/raumplanung/raumplanung/kantonale_raumplanung/entwicklungsschwerpunkte.html [02.05.2019]
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) https://www.feinstaub.ch [02.05.2019]
Immissionen	Messbare Luftbelastung in der Umwelt https://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftreinhaltung/das-wichtigste-in-kuerze/immissionen.html [02.05.2019] http://www.bern.ch/themen/umwelt-natur-und-energie/luft/luftqualitat/aktuelle-luftbelastung-in-bern [02.05.2019] https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/daten/luftbelastung--aktuelle-daten.html [02.05.2019]
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 [02.05.2019]
LRV	Luftreinhalte-Verordnung http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_318_142_1.html [02.05.2019]
NABEL	Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/daten/nationales-beobachtungsnetz-fuer-luftfremdstoffe--nabel-.html [02.05.2019] https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/daten/luftbelastung--historische-daten/jahres--und-monatsberichte-nabel.html [02.05.2019]
NO _x	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 ₂) umgewandelt wird). https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/chemikalien/schadstoffglossar/stickstoffoxide.html [02.05.2019]
NO ₂	Stickstoffdioxid (Immissionen) http://www.bern.ch/themen/umwelt-natur-und-energie/luft/luftqualitat/infos-rund-um-das-stickstoffdioxid [02.05.2019] https://www.vol.be.ch/vol/de/index/luft/luftreinhaltung/das-wichtigste-in-kuerze/entstehung-von-luftschadstoffen.html [02.05.2019]
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 ₂ -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 ₂ 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.) www.passam.ch/wp/wp-content/uploads/2017/01/de_NO2lt_2012.pdf [02.05.2019]

PM10	<p>siehe auch Feinstaub. Kleine Partikel des Gesamtstaubs mit einem Durchmesser von weniger als 10 µm; Bezeichnung sowohl als Emissionen wie auch Immissionen.</p> <p>http://www.bern.ch/themen/umwelt-natur-und-energie/luft/luftqualitat/infos-rund-um-den-feinstaub [02.05.2019]</p> <p>https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/chemikalien/schadstoffglossar/feinstaub.html [02.05.2019]</p>
Stickoxide	siehe NO _x
Stickstoffdioxid	siehe NO ₂
SwissMetNet	<p>Das neue meteorologische Messnetz der MeteoSchweiz.</p> <p>http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/mess-und-prognosesysteme/bodenstationen/automatisches-messnetz.html [02.05.2019]</p>
µg/m ³	Mikrogramm pro Kubikmeter