

IMMISSIONSBELASTUNG AUTOBAHNANSCHLUSS BUCHRAIN



Russ- und NO₂-Passivsammlermessungen Juni 2014 bis Januar 2015

Version: 22.06.2015

Autor: Christian Ruckstuhl, inNET Monitoring AG
Susanne Bieri, inNET Monitoring AG

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	- 2 -
2	Räumlicher Überblick.....	- 3 -
3	Messtechnik.....	- 5 -
3.1	Qualitätssicherung.....	- 5 -
3.2	Quellenzuordnung der Russbelastung.....	- 6 -
4	Verkehrszahlen	- 8 -
5	Messresultate	- 9 -
5.1	Meteorologische Bedingungen	- 9 -
5.2	Einordnung der Messperiode.....	- 10 -
5.3	Monatsmittel.....	- 12 -
5.3.1	Stickstoffdioxid NO ₂	- 12 -
5.3.2	Russ EBC, BC und EC.....	- 13 -
5.4	Mittlere Wochengänge Russ.....	- 14 -
5.5	Mittlere Tagesgänge Russ.....	- 15 -
6	Quellenzuordnung Russ im Feinstaub.....	- 17 -
6.1	Monatsmittel.....	- 17 -
6.2	Mittlere Tagesgänge	- 17 -
6.3	Windrichtungsanalyse	- 19 -
6.4	Ausgewählte Zeitperiode	- 19 -
7	Fazit und Ausblick	- 21 -
8	Anhang	- 22 -
8.1	Standortübersicht.....	- 22 -
8.2	Standortfotos und –karten.....	- 22 -
8.3	NO ₂ -Periodenmittel	- 24 -

1 Einleitung

Am 22. Juli 2011 wurden der Autobahnanschluss Buchrain und der Tunnel-Zubringer Rontal dem Verkehr übergeben. Mit den beiden Bauwerken wurden der Wirtschafts- und Lebensraum Rontal an das Autobahnnetz angeschlossen und Siedlungsgebiete – insbesondere in Ebikon, Root und Buchrain – vom Durchgangsverkehr entlastet. Der neue Autobahnanschluss führt durch veränderte Verkehrsflüsse, verstärkte wirtschaftliche Entwicklung und folglich wachsenden Gesamtverkehr im Anschlussperimeter an gewissen Orten zu einer deutlichen Zunahme der Immissionsbelastung der Luft.

Um die Luftbelastung im Gebiet des Autobahnanschlusses und seines näheren Einzugsgebietes nach der Eröffnung der Bauten zu erheben, beauftragte die Dienststelle Umwelt und Energie (uwe) Luzern die Firma inNET Monitoring AG, die Immissionsbelastung über ein halbes Jahr (Juni 2014 bis Anfang Januar 2015) messtechnisch zu erfassen.

Im Rahmen eines gemeinsam erstellten Messkonzeptes wurde entschieden, direkt beim Autobahnanschluss die Russbelastung zeitlich hochaufgelöst mittels Aethalometer zusammen mit den meteorologischen Parametern Wind, Temperatur und Feuchte zu erfassen. Zusätzlich wurde am Messstandort ein NO₂-Passivsammler installiert. Des Weiteren wurde ein NO₂-Passivsammler-Netz entlang von Zufahrtsstrassen erstellt und bestehende langjährige in-LUFT-NO₂-Passivsammlermessungen in die Auswertungen mit einbezogen.



Abbildung 1: Blick über die Messstation Buchrain in Richtung Nord.

2 Räumlicher Überblick

Abbildung 2 zeigt die Situation mit den Messstellen im näheren Einzugsgebiet des Autobahnan schlusses Buchrain. Der rote Punkt steht für die Online-Messstation (Russmessgerät Aethalometer AE33 und Meteomessungen) und einen NO₂-Passivsammler. Die blauen Punkte stehen für die weite ren NO₂-Passivsammler der Projektmessungen. Die grünen Punkte symbolisieren die Standorte der langjährigen in-LUFT-Passivsammler im Einzugsgebiet. Der genaue Standort der Online-Messstation bei der Autobahnauffahrt und der Tunnelportal-Zubringer Rontal sind in Abbildung 3 dargestellt. Die detaillierten Standortangaben der Messstation und der Passivsammler sind mit Detailkarten und Standortfotos in den Anhängen 8.1 und 8.2 zu finden.

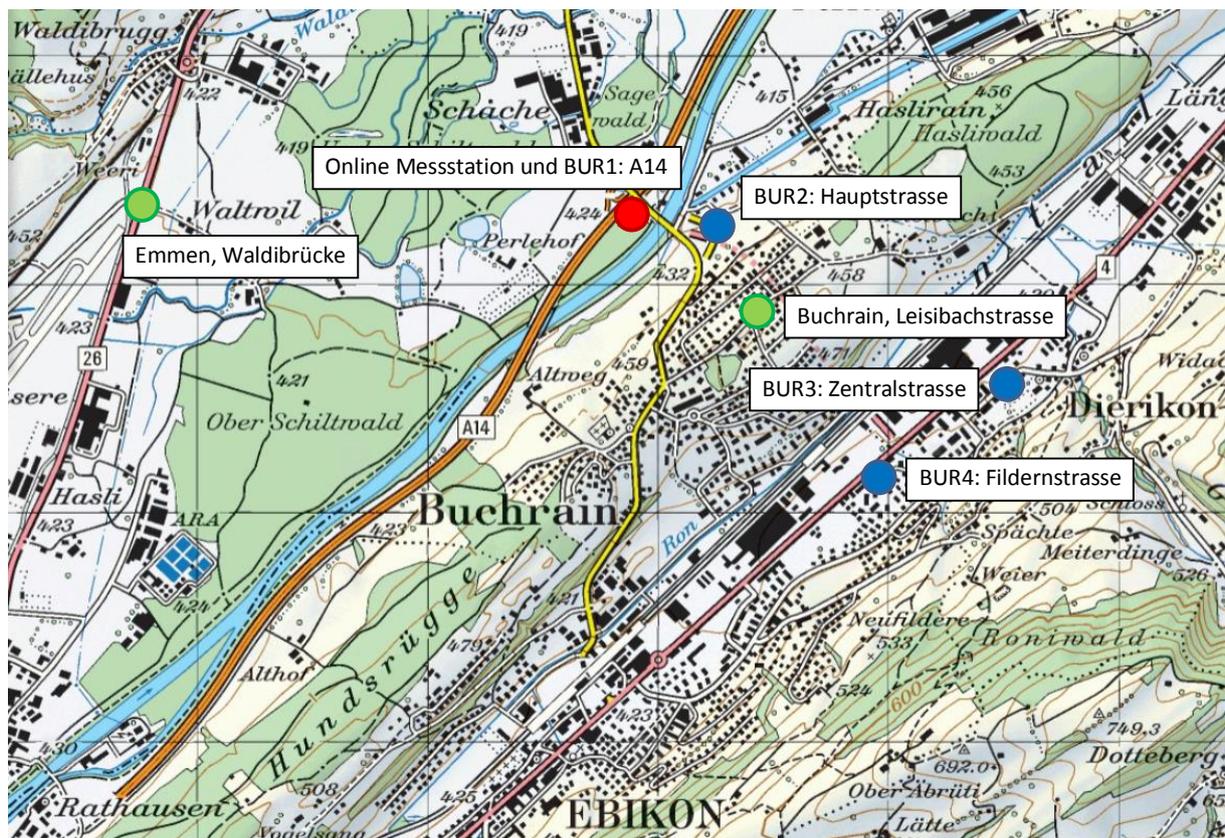


Abbildung 2: Räumlicher Überblick Online-Messstation Buchrain (roter Punkt), in-LUFT-NO₂-Passivsammler (grüne Punkte) und NO₂-Passivsammler-Projektmessung (blaue Punkte).



Abbildung 3: Autobahneinfahrt Buchrain und Tunnelportal-Zubringer Rontal mit Online-Messtation und NO_2 -Passivsammler BUR1 (roter Punkt) und NO_2 -Passivsammlerstandort BUR2 (blauer Punkt).



Abbildung 4: Messcontainer mit NO_2 -Passivsammler.

3 Messtechnik

Die Russbelastung wurde mit einem neuentwickelten Aethalometer AE33 erfasst. Mit einem AE33-Aethalometer wird die Lichtabsorption von Feinstaubpartikeln bei sieben verschiedenen Wellenlängen (vom nahen Ultraviolett [UV] bis ins nahe Infrarot [IR]) gemessen. Dazu werden die Feinstaubpartikel auf einem Quarzfaserfilter gesammelt und durch Messen des durch den Filter transmittierten Lichts wird danach der Lichtabsorptionskoeffizient des Feinstaubes bestimmt. Mithilfe der verschiedenen Wellenlängen kann zudem der Anteil von Russ aus Holzfeuerungen und Dieselmotoren unterschieden werden (siehe Kapitel 3.2).

3.1 Qualitätssicherung

Als qualitätssichernde Massnahme wurde an 9 Tagen parallel zur Messung der BC-Konzentration mit dem AE33 die EC-Konzentration am Standort Buchrain gemessen. Die EC-Konzentration im Feinstaub wurde mit einem OC/EC Analysator der Firma Sunset Labs (PM10-Proben mit High-Volume-Sampler auf Quarzfaserfilter) bestimmt. Die EC-Konzentration wird thermisch-optisch bestimmt und erfolgt nach dem EUSAAR2-Protokoll (TOT-Methode).¹

Basierend auf diesen Vergleichsmessungen werden die gemessenen BC-Werte mithilfe der EC-Werte umgerechnet, so dass die ausgewiesenen Messwerte konsistent mit thermisch-optisch gemessenem EC sind. Nach dieser Umrechnung werden die Werte als EBC („equivalent BC“) bezeichnet. Abbildung 5 zeigt die Anbindung der Aerosol-Absorptionskoeffizienten b_{abs} an die EC-Werte. Der Umrechnungsfaktor zwischen EC und b_{abs} ist der massenspezifische Aerosol-Lichtabsorptionsquerschnitt σ_{abs} . Für die Wellenlänge $\lambda = 880 \text{ nm}$ am Standort Buchrain beträgt $\sigma_{\text{abs}} = 13.93 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$.

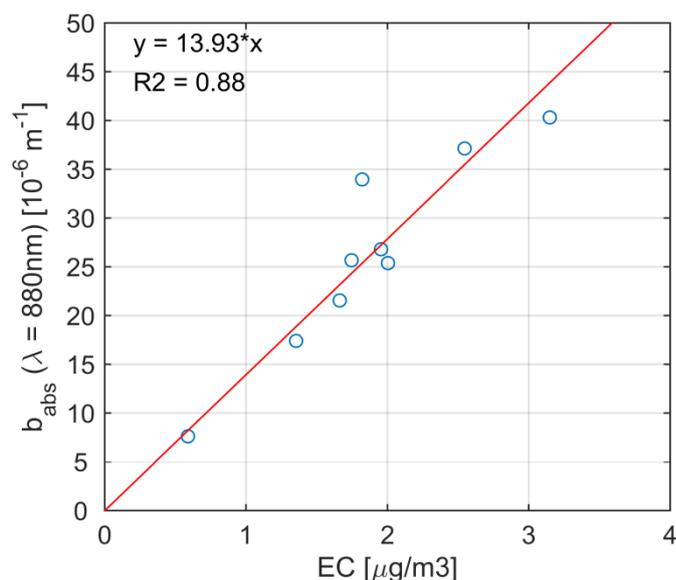


Abbildung 5: Anbindung der Aerosol-Absorptionskoeffizienten ($\lambda = 880 \text{ nm}$) an thermisch-optisch bestimmte EC-Werte anhand der 9-tägigen Vergleichsmessung. Die rote Linie stellt den linearen Fit dar.

¹ Cavalli, F. et al. (2010): Toward a standardized thermal-optical protocol for measuring atmospheric organic and elemental carbon: the EUSAAR protocol. Atmos. Meas. Tech., 3:79-89.

3.2 Quellenzuordnung der Russbelastung

Mit der Messung der Russbelastung mit Mehrwellenlängen-Aethalometern ist es möglich, den Anteil von Russ aus fossilen und aus nicht-fossilen Quellen abzuschätzen. Hierbei werden die Messungen der verschiedenen Wellenlängen ausgenutzt: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und andere organische Verbindungen absorbieren verstärkt Licht im ultravioletten Bereich, schwarzer (graphitähnlicher) Kohlenstoff absorbiert vor allem im nahen Infrarot.

Das Aethalometer-Quellenmodell wurde in verschiedenen Studien erarbeitet.^{2,3} Es geht von der Annahme aus, dass während der Wintermonate die Verkehrs- (FF = fossil fuel) und Holzfeuerungsmissionen (WB = wood burning) die Hauptquellen von Russ darstellen und somit der Absorptionskoeffizient b_{abs} in b_{absFF} und b_{absWB} aufgeteilt werden kann. Der Absorptionskoeffizient (b_{abs}) ist proportional zu $\lambda^{-\alpha}$, wobei λ die Wellenlänge und α den Absorptionsexponenten (oder Angstrom-Exponenten) bezeichnet. Der Absorptionsexponent α kann somit mithilfe des Absorptionskoeffizienten b_{abs} und der Wellenlänge berechnet werden (Abbildung 6). Verkehrsemissionen zeigen eine schwache Wellenlängenabhängigkeit und somit ein α zwischen 0.8 und 1.1, Holzfeuerungspartikel zeigen hingegen starke Wellenlängenabhängigkeit und entsprechend höhere α .

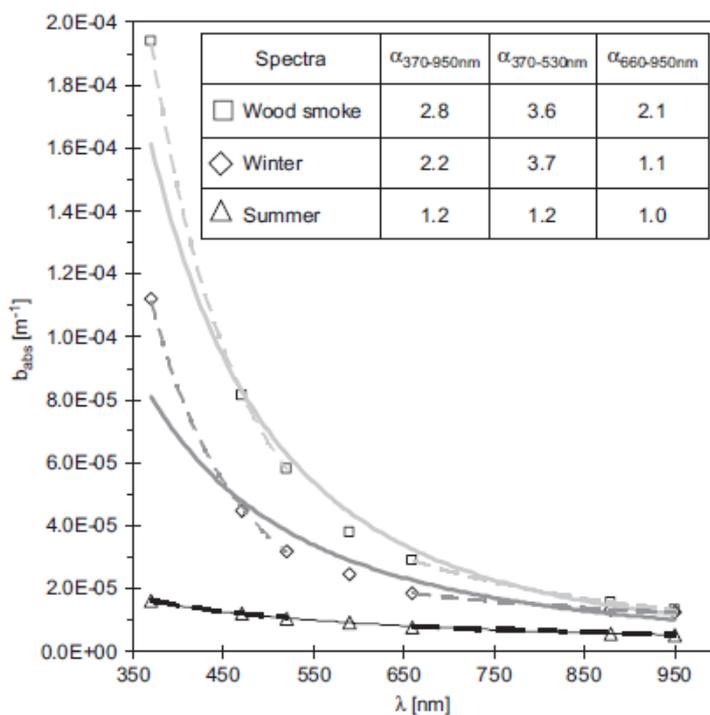


Abbildung 6: Beispiele von gefitteten Daten eines Holzfeuers im Labor und den Messdaten in Roveredo während einer Sommer- und einer Wintermesskampagne. Die ausgezogenen Linien wurden mithilfe von Fits von b_{abs} über alle Wellenlängen generiert. Die gestrichelten Linien entsprechen den Power-Fits von b_{abs} über 370 - 520 und 660 - 950 nm. Verändert nach Sandradewi et al. (2008).³

² Sandradewi et al. (2008): Using aerosol light absorption measurements for the quantitative determination of wood burning and traffic emission contributions to particulate matter. Environmental Science & Technology, 42.

³ Sandradewi et al. (2008): A study of wood burning and traffic aerosols in an Alpine valley using a multi-wavelength Aethalometer, Atmospheric Environment, 42.

Das Lambert-Beer'sche Gesetz beschreibt die Abschwächung der Intensität einer Strahlung beim Durchgang durch ein Medium mit einer absorbierenden Substanz in Abhängigkeit des Absorptionskoeffizienten b_{abs} und der Dicke. Mithilfe dieses Gesetzes können zwei Gleichungen ausgearbeitet werden, welche den Absorptionskoeffizienten b_{abs} , die Wellenlänge und den Absorptionsexponenten α für die Verkehrs- (FF) und Holzfeuerungsmissionen (WB) beschreiben.

$$\frac{b_{abs}(\lambda_1)_{FF}}{b_{abs}(\lambda_2)_{FF}} = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^{-\alpha_{FF}}$$

$$\frac{b_{abs}(\lambda_1)_{WB}}{b_{abs}(\lambda_2)_{WB}} = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^{-\alpha_{WB}}$$

Bei der hier vorliegenden Auswertung wurde für $\lambda_1 = 470 \text{ nm}$ und für $\lambda_2 = 880 \text{ nm}$ verwendet.⁴

Mithilfe dieser Relationen kann der Anteil der Verkehrs- und Holzfeuerungsmissionen am Russ abgeschätzt werden. Die Absorptionsexponenten können durch Werte aus der wissenschaftlichen Literatur^{5,6} abgeschätzt werden. In dem hier vorliegenden Bericht wurden $\alpha_{FF} = 0.9$ und $\alpha_{WB} = 1.68$ verwendet. Diese beiden Werte sind die aktuell vom PSI vorgeschlagenen Exponenten.⁷ Entsprechend der Vergleichsmessung mit EC-Werten (siehe Kapitel 3.1) wird die Quellenzuordnung abschliessend mit dem Lichtabsorptionsquerschnitt korrigiert, damit die Vergleichbarkeit mit den EC-Konzentrationen bestehen bleibt:⁴

$$EBC_{FF} = \frac{b_{absFF}(880 \text{ nm})}{\sigma_{abs}(880 \text{ nm})}$$

$$EBC_{WB} = \frac{b_{absWB}(470 \text{ nm})}{\sigma_{abs}(470 \text{ nm})}$$

⁴ Herich et al. (2011): A 2.5 year's source apportionment study of black carbon from wood burning and fossil fuel combustion at urban and rural sites in Switzerland. Atmos. Meas. Tech., 4.

⁵ Sandradewi et al. (2008): Using aerosol light absorption measurements for the quantitative determination of wood burning and traffic emission contributions to particulate matter. Environmental Science & Technology, 42.

⁶ Herich et al. (2013): Russbelastung in der Schweiz. Messungen im Rahmen des NABEL, Schlussbericht 2012, EMPA.

⁷ Mündliche Mitteilung von Peter Zotter, HSLU, und André Prévôt, PSI, 21.04.2015.

4 Verkehrszahlen

Bei einem Vergleich der Immissionsbelastung an verschiedenen Standorten ist immer auch die Verkehrssituation mitentscheidend. Tabelle 1 zeigt als Zusammenfassung den durchschnittlichen täglichen Verkehr aller Wochentage (DTV) für die Jahre 2013 und 2014 für diverse Zählstellen rund um Buchrain. Weiter ist in der Tabelle der DTV an der in-LUFT-Messstation Luzern Moosstrasse aufgeführt. Auf der A14 fahren täglich zwischen 61'000 und 71'000 Fahrzeuge an der Messstation Buchrain vorbei. Die Zubringerstrasse Schachenstrasse und der Zubringertunnel werden zusätzlich von täglich 11'000 bis 18'000 Fahrzeugen befahren.

Tabelle 1: Durchschnittlicher täglicher Verkehr aller Wochentage (DTV) für die Jahre 2013 und 2014 an verschiedenen Verkehrszählstellen nahe der Online-Messstation Buchrain und der in-LUFT-Messstationen Sedel und Luzern Moosstrasse.⁸

Verkehrszählstelle	DTV 2013	DTV 2014
Buchrain, Schachen	11'507	12'224
Buchrain, Zubringertunnel	17'737	17'884
A14 Root	61'349	61'991
A14 Rathausen	69'029	71'166
Luzern Moosstrasse	37'000 ⁹	36'900 ⁹

⁸ <https://vif.lu.ch/mobilitaet/verkehrszahlen> [Stand: 22.04.2015]

⁹ Daten Tiefbauamt Stadt Luzern, Summe der Zählstellen Obergrundstrasse Nr. 9 (213), Spuren: D8_8, D8_9, D6_8, D1_8, D1_9 jeweils für 2013 und 2014, und der Zählstelle Moosstrasse Nr. 8 (230), Spuren: Z02 und Z01 von Februar 2014 bis Februar 2015

5 Messresultate

5.1 Meteorologische Bedingungen

Abbildung 7 zeigt die gemittelten Windrosen über die gesamte Messperiode aus den Windmessungen am Standort Buchrain (linke Spalte) und am Referenzstandort Sedel (rechte Spalte) jeweils für die Nachtstunden 21 bis 06 Uhr (oben) und die Tagstunden 06 bis 21 Uhr (unten).

Am Standort Buchrain muss wegen der räumlichen Lage des Windmasts mit einer leichten Unterschätzung der Windgeschwindigkeit und gewissen zusätzlichen Turbulenzen infolge der Brücke und der Autobahn in Stationsnähe gerechnet werden. Nichtsdestotrotz sind die Hauptwindrichtungen ersichtlich: Über das halbe Jahr waren am Standort Buchrain Südwest-Winde, insbesondere während der Nachtstunden, vorherrschend. Am Tag halten sich Winde aus südwestlicher und nordöstlicher Richtung in etwa die Waage. Es ist die Frage aufgekommen, ob durch den Fahrzeugschlepp die Windmessungen stark beeinflusst werden. Um dies zu untersuchen, wurden die Windrosen gemittelt über die Werktage Montag bis Freitag und die Sonntage separat geplottet (hier nicht dargestellt). Da an Sonntagen praktisch kein Schwerverkehr unterwegs ist, hätte dies bei einem bedeutenden Einfluss des Windschlepps auf die Windmessung zu unterschiedlichen Windrosen führen müssen. Ein solcher Unterschied konnte aber nicht festgestellt werden. Folglich geht die ausgeprägte Südwestwindrichtung, insbesondere während der Nacht, mit einem Reuss abwärts gerichtetem Windsystem einher.

Am frei anströmbaren Referenzstandort Sedel sind während der Nacht Winde aus westlicher Richtung dominierend. Tagsüber ist die Windrichtung stark von der Grosswetterlage abhängig und die Windrose zeigt ein indifferentes Bild.

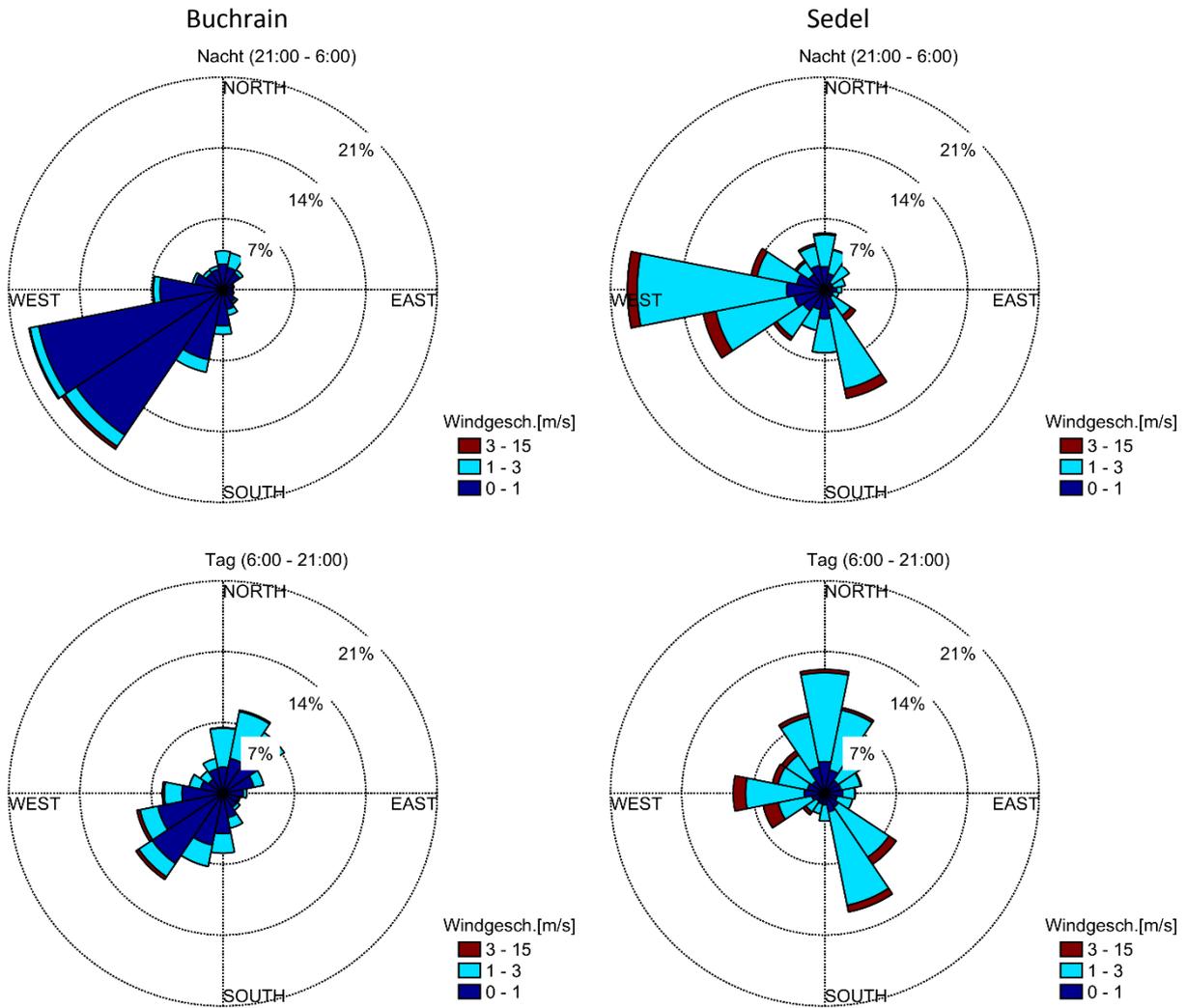


Abbildung 7: Windrose am Standort Buchrain in der Nacht (links oben) und am Tag (links unten) und dieselben Perioden am Standort Sedel (gemittelt über die Daten vom 25.06.2014 bis 08.01.2015).

5.2 Einordnung der Messperiode

Die Station Buchrain war gute 6 Monate (26.06.2014 bis 08.01.2015) in Betrieb. Um die Messresultate besser einordnen zu können, wird im Folgenden auf langjährige Messreihen in der Region zurückgegriffen.

Abbildung 8 zeigt den Verlauf der NO_2 -Jahresmittelwerte der letzten 10 Jahre an den zwei in-LUFT-PS-Stationen Buchrain und Waldibrücke sowie den drei Online-Referenzstationen im Kanton Luzern (in-LUFT-Stationen Sedel und Luzern Moosstrasse sowie MfM-U-Station Reiden). Das Jahr 2014 war meteorologisch bedingt für die Luftqualität ein äusserst günstiges Jahr. Die zwei stark belasteten Stationen Reiden und Luzern Moosstrasse zeigen im 2014 die tiefsten NO_2 -Jahresmittelwerte seit 2005. Über die letzten 10 Jahre ist an den ausgewählten Standorten aber kein statistisch signifikanter Trend der NO_2 -Belastung ersichtlich.

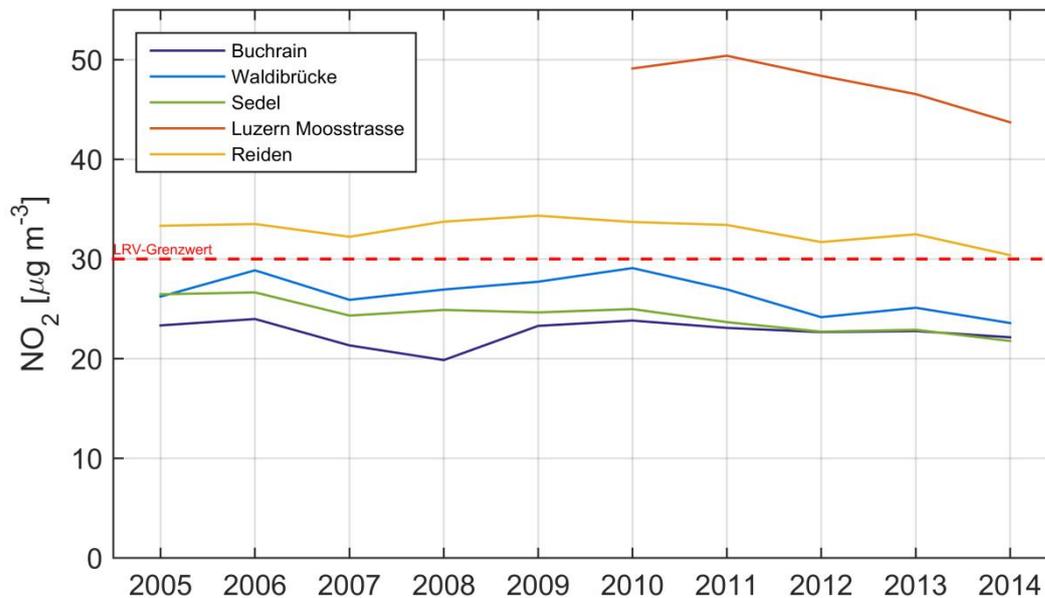


Abbildung 8: Verlauf der NO₂-Jahresmittelwerte seit 2005 an den zwei in-LUFT-PS-Stationen Buchrain und Waldibrücke sowie den drei Referenzstationen Sedel, Luzern Moosstrasse und Reiden.

Tabelle 2 zeigt den Vergleich der Messperiode (01.07.2014 bis 31.12.2014) mit dem mehrjährigen Halbjahresmittel (2009 bis 2013) der Stationen Reiden (Messung von NO₂ und EC vorhanden) und Sedel (Messung von NO₂). Die EC-Konzentration liegt im Halbjahresmittel 2014 25 % tiefer als im langjährigen Halbjahresmittel, entspricht aber in etwa dem Halbjahresmittel von 2013. Die Stickstoffdioxidkonzentration liegt zwischen 8 % und 12 % tiefer. Ähnlich tiefe Werte im Vergleich zu mehrjährigen Mitteln wurden auch an Urner Messstationen ermittelt.¹⁰

Tabelle 2: Einordnung Messperiode 2014 im Vergleich zur mehrjährigen Messperiode 2009 bis 2013 der Stationen Reiden und Sedel.

	Halbjahresmittelwert 01.07.2014 – 31.12.2014	Mittelwert 2009 bis 2013 jeweils Periode 01.07. bis 31.12.	Unterschied
Reiden NO ₂	28.6 µg m ⁻³	32.6 µg m ⁻³	-12 %
Sedel NO ₂	21.0 µg m ⁻³	22.9 µg m ⁻³	-8 %
Reiden EC	1.2 µg m ⁻³	1.6 µg m ⁻³	-25 %

¹⁰ inNET Monitoring AG (2015): Immissionsmessungen Bürglen. Immissions- und Verkehrsbelastung an der Gotthardstrasse in Bürglen von April bis November 2014.

5.3 Monatsmittel

5.3.1 Stickstoffdioxid NO₂

In Abbildung 9 ist der Jahresgang 2014 der NO₂-Konzentration der Passivsammlerstandorte Buchrain (BUR1 bis BUR4)¹¹ und der in-LUFT-PS Buchrain und Waldibrücke dargestellt. Die Projektmessungen Buchrain starteten im Juli und liefen bis Anfang Januar 2015. Deutlich ist an allen Stationen ein meteorologischer Jahresgang mit höheren Werten im Winter und tieferen im Sommer zu erkennen. Der Passivsammler BUR1 direkt bei der Messstation weist die deutlich höchsten NO₂-Werte auf und zeigt selbst während der Sommermonate hohe Monatswerte über dem LRV-Jahresmittelgrenzwert von 30 µg m⁻³.

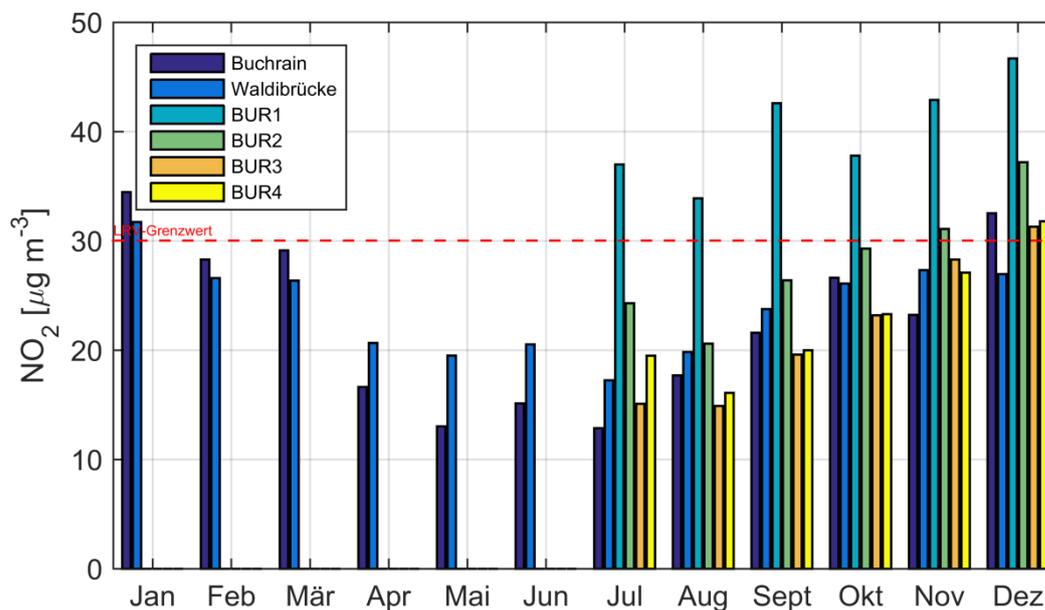


Abbildung 9: Verlauf der NO₂-Monatsmittelwerte der Passivsammlerstandorte im Projekt Buchrain sowie der nahegelegenen in-LUFT-NO₂-PS Buchrain und Waldibrücke im Jahr 2014.

Abbildung 10 zeigt als Übersicht die Halbjahresmittelwerte der NO₂-Konzentrationen der Passivsammlerstandorte sowie der zwei in-LUFT-Referenzstationen, dargestellt auf einer räumlichen Übersichtskarte. Direkt neben stark befahrenen Strassen (BUR1 sowie Luzern Moosstrasse) steigt der Halbjahresmittelwert trotz günstiger meteorologischer Bedingungen auf über 40 µg m⁻³. Je weiter weg eine Station von stark befahrenen Stationen liegt, desto geringer ist die NO₂-Konzentration (Sedel, BUR3).

¹¹ Bei den Passivsammler-Standorten des Projekts wurden aufgrund der Wechseldaten direkt die Periodenmittel als Monatsmittel verwendet (siehe im Anhang Kapitel 8.3).

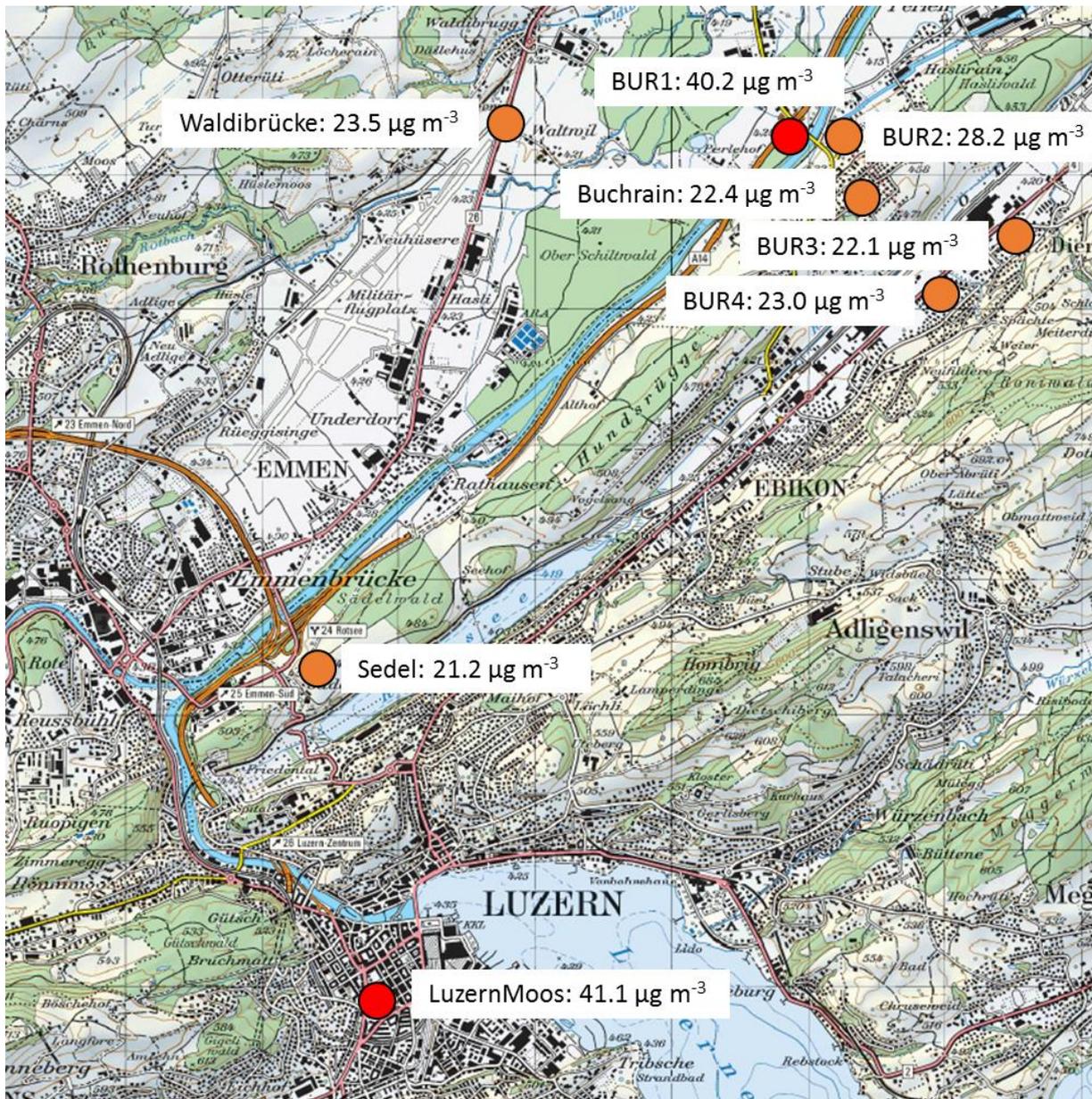


Abbildung 10: Übersichtskarte inklusive NO₂-Halbjahresmittelwerte der Passivsammlerstandorte im Raum Buchrain sowie der zwei in-LUFT-Referenzstationen.

5.3.2 Russ EBC, BC und EC

An diversen Stationen im Kantonsgebiet von Luzern wird die Russkonzentration erhoben. Dabei kommen allerdings unterschiedliche Messmethoden zum Einsatz. An den zwei in-LUFT-Referenzstationen wird die BC-Konzentration mit AE16-Aethalometern gemessen. Mit EC/OC-Parallelmessungen wurden für die zwei in-LUFT-Stationen ebenfalls EBC-Konzentrationen berechnet. An der MfM-U-Station Reiden wird jeden 4. Tag die EC-Konzentration bestimmt. Abbildung 11 zeigt den Jahresgang der Russkonzentration im 2014 an den vier verschiedenen Stationen. Entsprechend der Verkehrsbelastung weist die Station Sedel die niedrigste Russbelastung auf. Die Station Reiden –

gut durchlüftet – weist etwas geringere Russkonzentrationen auf als die Station Luzern Moosstrasse. Insbesondere in den Monaten Januar bis März 2014 zeigte die Station Luzern Moosstrasse eine hohe Russbelastung. Die Station Buchrain weist die höchste Russkonzentration auf und zeigt über die Monate September bis Dezember kontinuierlich hohe Werte. Das hohe Verkehrsaufkommen mit zusätzlicher starker Beschleunigungsstrecke und vielen Lichtsignalen bei der Autobahneinfahrt ist für die hohe Russbelastung in Buchrain mitverantwortlich.

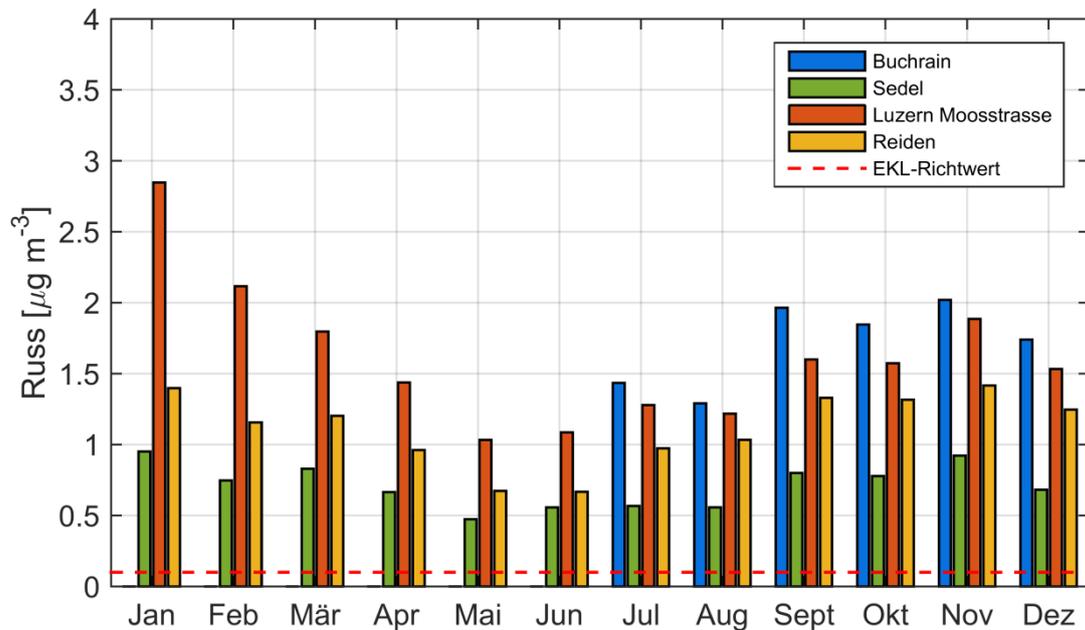


Abbildung 11: Verlauf der Russ-Monatsmittelwerte an diversen Stationen (Buchrain, Sedel und Luzern Moosstrasse als EBC und Reiden als EC) im Jahr 2014. Die rote Linie steht für den EKL-Jahresmittelrichtwert.

5.4 Mittlere Wochengänge Russ

Die zeitlich hoch aufgelösten Daten erlauben es, mittlere Immissions-Wochengänge zu berechnen. Mithilfe dieser Wochengänge kann der Verkehrseinfluss an den verschiedenen Stationen abgeschätzt werden. Abbildung 12 zeigt den mittleren Wochengang der Russkonzentration der Stationen Buchrain, Sedel und Luzern Moosstrasse (alle dargestellt als EBC). Bei allen Stationen ist ein deutlicher Unterschied zwischen den Werktagen Montag bis Freitag und Sonntag erkennbar. Am deutlichsten tritt dieser Unterschied an der Station Buchrain hervor: Die Russbelastung ist im Mittel in Buchrain an den Sonntagen im Vergleich zu den Werktagen 41 % tiefer. Die Station Luzern Moosstrasse weist an den Sonntagen eine höhere Russbelastung auf als die Station Buchrain.

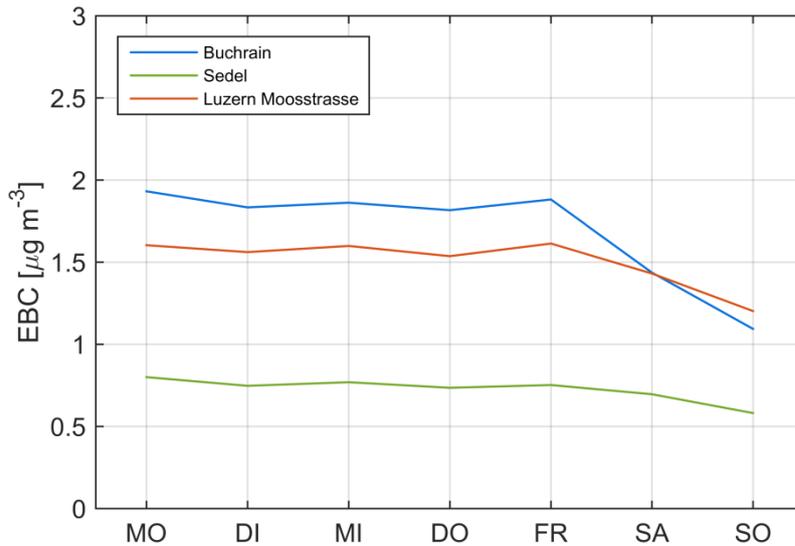


Abbildung 12: Mittlerer Wochengang der EBC- Konzentration der Messstationen Buchrain, Sedel und Luzern Moosstrasse (gemittelt über den Zeitraum vom 25.06.2014 bis 08.01.2015).

5.5 Mittlere Tagesgänge Russ

Weiter können mittlere Tagesgänge der Russkonzentration berechnet werden. Abbildung 13 zeigt den gemittelten Tagesgang der EBC-Konzentration der Messstationen Buchrain, Sedel und Luzern Moosstrasse. Alle Stationen zeigen geringe Werte während der Nachtstunden sowie einen zeitgleichen ersten Peak um 07:00 Uhr. Dieser Morgenpeak ist auf das Verkehrsaufkommen zurückzuführen. Über die Mittagsstunden nimmt die Russbelastung nochmals ab, um schlussendlich am späteren Nachmittag erneut anzusteigen. Dabei zeigt sich eine Verschiebung des Peaks je nach Messstation: Die Station Buchrain zeigt den Abendpeak bereits um 16:00 Uhr, die Station Sedel verzögert erst um 20:00 Uhr. Bei geringem Verkehrsaufkommen auf der A14 in den Abendstunden und während der Nacht zeigen die zwei Stationen Buchrain und Luzern Moosstrasse sehr ähnliche Russbelastungen.

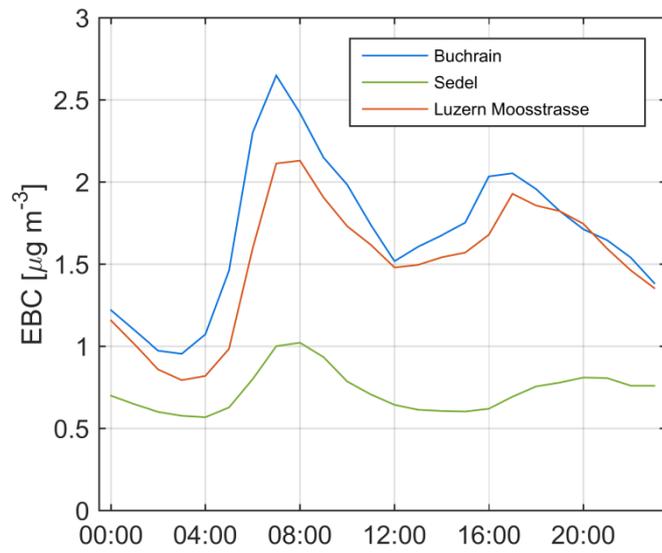


Abbildung 13: Mittlerer Tagesgang der EBC-Konzentration der Messstationen Buchrain, Sedel und Luzern Moosstrasse (gemittelt über die Daten vom 25.06.2014 bis 08.01.2015).

6 Quellenzuordnung Russ im Feinstaub

Wie im Kapitel 3.2 erläutert, ist es mit den AE33-Daten möglich, eine Quellenzuordnung des Russes im Feinstaub durchzuführen. Dabei wird zwischen fossilem und nichtfossilem Russ unterschieden.

6.1 Monatsmittel

Mithilfe dieser Quellenzuordnung können in einem ersten Schritt die Monatsmittel untersucht werden. Abbildung 14 zeigt den Verlauf der Russ-Monatsmittelwerte, aufgeteilt in EBC_{wb} und EBC_{ff} am Standort Buchrain. Der grösste Anteil des Russes im Feinstaub wird am Standort Buchrain von den Verkehrsemissionen verursacht. In den Monaten Juli bis Oktober macht der Anteil der Holzfeuerungen durchschnittlich ca. 24 % aus. In den Monaten November und Dezember steigt dieser Anteil auf etwa 35 % an.

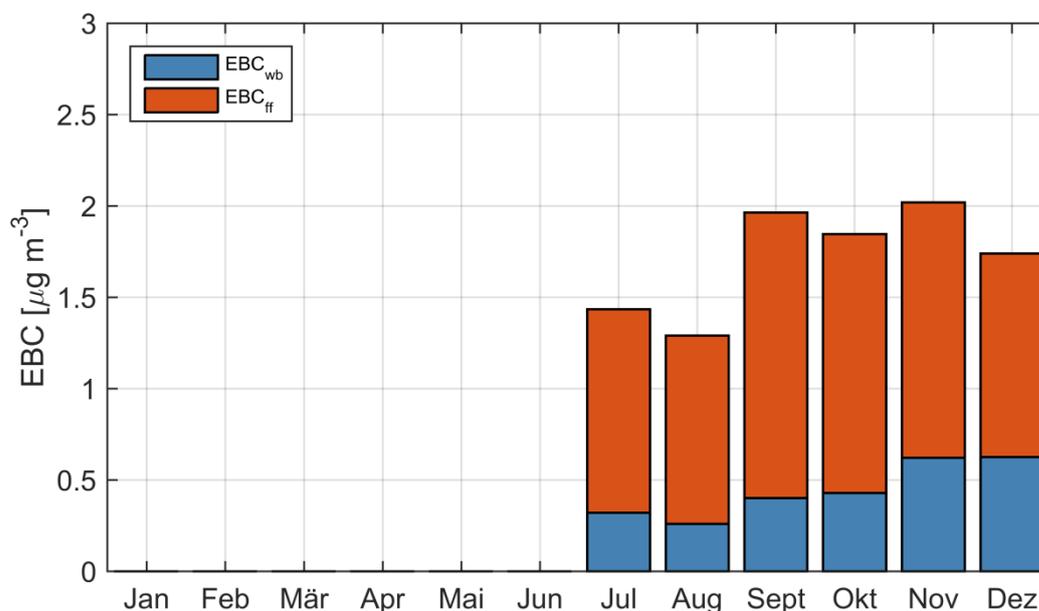


Abbildung 14: Verlauf der Russ-Monatsmittelwerte, aufgeteilt in EBC_{wb} und EBC_{ff} am Standort Buchrain für die Messung von Juli bis Dezember 2014.

6.2 Mittlere Tagesgänge

Abbildung 15 zeigt den mittleren Tagesgang der EBC-Konzentration sowie aufgeteilt nach EBC_{ff} und EBC_{wb} , gemittelt über alle Daten der Messperiode. Wiederum ist deutlich ersichtlich, dass der grösste Anteil der EBC-Konzentration am Standort Buchrain von Verkehrsemissionen generiert wird. Wie zu erwarten war, widerspiegelt sich der typische Morgen- und Abendpeak im Verlauf von EBC_{ff} , während der Tagesgang von EBC_{wb} relativ flach verläuft.

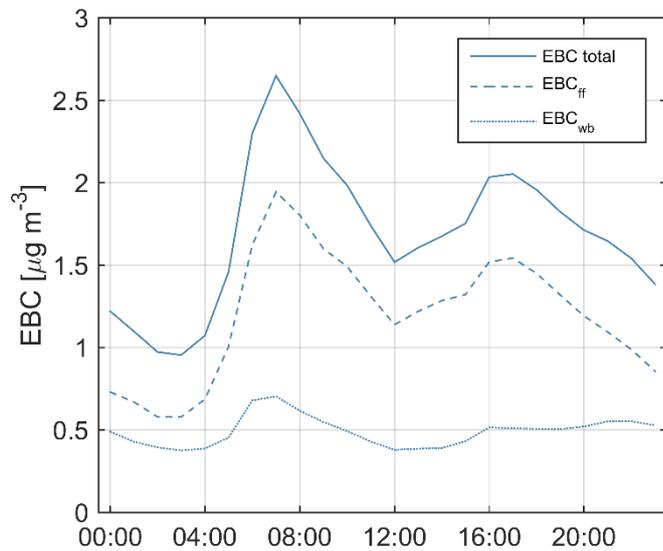


Abbildung 15: Mittlerer Tagesgang der EBC-Konzentration sowie Aufteilung in EBC_{ff} und EBC_{wb} an der Station Buchrain (gemittelt über die Daten vom 25.06.2014 bis 08.01.2015).

Abbildung 16 zeigt im Tagesverlauf die prozentualen Anteile der fossilen Immissionen und der Immissionen von Holzfeuerungen an der gesamten Russkonzentration. Durchschnittlich machen die Immissionen von Holzfeuerungen am Standort Buchrain 30 % aus, die fossilen Immissionen liegen dementsprechend bei 70 %. Im Tagesverlauf sind die Holzfeuerungsimmisionen während der Nachtstunden höher als während des Tages, immer in Relation zu den fossilen Immissionen.

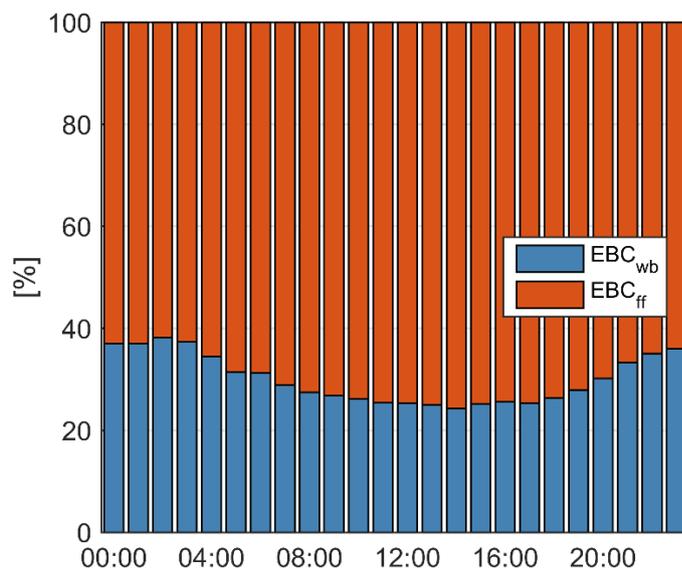


Abbildung 16: Verlauf der prozentualen Anteile der fossilen Immissionen (als EBC_{ff}) und Holzfeuerungsimmisionen (als EBC_{wb}) an der Station Buchrain, dargestellt im Tagesgang (gemittelt über die Daten vom 25.06.2014 bis 08.01.2015).

6.3 Windrichtungsanalyse

Abbildung 17 zeigt die EBC-Konzentration als Funktion der vorherrschenden Windrichtung für die gesamte EBC-Konzentration (EBC_{sum} , links), für nicht-fossiles EBC (EBC_{wb} , Mitte) und für fossiles EBC (EBC_{ff} , rechts). EBC_{sum} und EBC_{ff} zeigen die höchsten Konzentrationen bei Winden aus nordöstlicher Richtung. Zwei Gründe dürften für dieses Phänomen mitverantwortlich sein: a) Bei Bisenlage herrscht schlechte Durchmischung der Luft, was generell zu höheren Schadstoffkonzentrationen führt, und b) das Industriearéal Papierfabrik Perlen liegt nur gerade 1.5 km nordöstlich der Messstation.

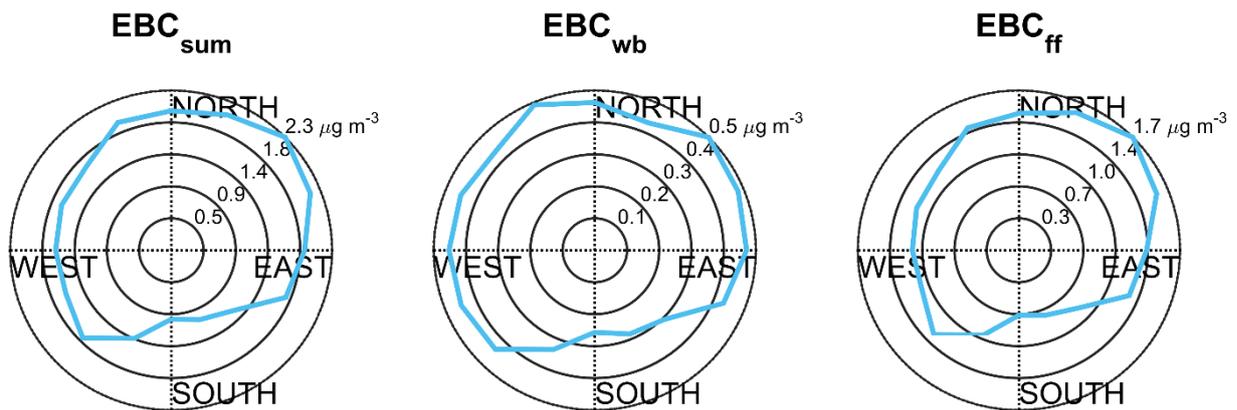


Abbildung 17: Windrichtungsabhängigkeit der durchschnittlichen EBC-Konzentration (Summe) sowie unterteilt nach EBC_{wb} (Holzfeuerung) und EBC_{ff} (Verkehr) für die Station Buchrain.

6.4 Ausgewählte Zeitperiode

Mithilfe der hochaufgelösten Daten können auch einzelne Ereignisse betrachtet werden. Hierbei wurde zusätzlich die Temperaturmessung an der Station Luzern Moosstrasse hinzugezogen, um den Einfluss der Holzfeuerungsmissionen betrachten zu können. Abbildung 18 zeigt die Situation in der KW43 vom 20.10.2014 bis 26.10.2014. Einerseits ist der Verlauf des prozentualen Anteils der Holzfeuerungsmissionen dargestellt (oben, EBC_{wb} in Prozent), andererseits die Temperatur (unten). Am 21.10.2014 kommt es zu einem Temperatursturz um die 10°C . Darauf folgend steigt die prozentuale EBC_{wb} -Konzentration kontinuierlich an. Dies ist auf die zunehmenden Emissionen von Holzfeuerungsanlagen zurückzuführen.

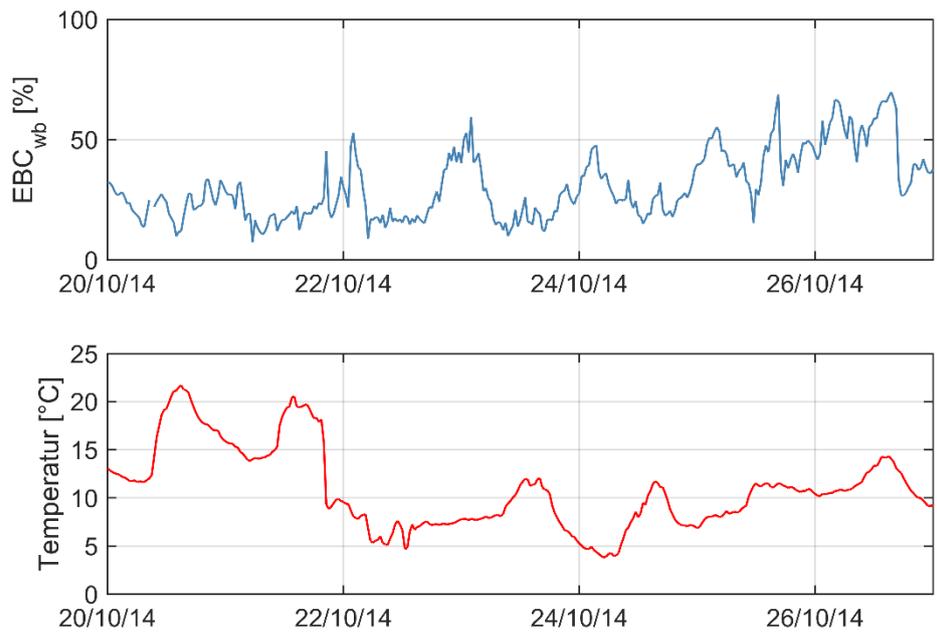


Abbildung 18: Verlauf des prozentualen Anteils der Holzfeuerungsmissionen (oben) und Verlauf der Temperatur an der Station Luzern Moosstrasse (unten) für die KW43 im 2014.

7 Fazit und Ausblick

- Rund um den Messstandort Autobahnanschluss Buchrain herrscht grosses Verkehrsaufkommen mit einem DTV von ca. 70'000 Fahrzeugen auf der A14 und bis zu 18'000 Fahrzeugen auf den Zubringerstrecken.
- Neue Verkehrszähltechnologien (beispielsweise mit SICK-Zähler) könnten gerade auf den Zubringerstrecken helfen, die Verkehrszusammensetzung – insbesondere den Schwerverkehrsanteil – zu erfassen, um bezüglich Verkehrsemissionen und auch deren Prognosen genauere Aussagen machen zu können.
- Bei der Autobahnauffahrt herrscht selbst bei sehr günstigen meteorologischen Bedingungen eine sehr hohe NO₂-Luftbelastung (massive Überschreitung des LRV-Jahresmittel-Grenzwertes).
- Im Gebiet des Tunnelportals Zubringer Rontal liegt die NO₂-Belastung im Bereich des Grenzwertes.
- An den übrigen Projektstandorten liegen die Halbjahresmittelwerte zurzeit unterhalb des LRV-Jahresmittel-Grenzwertes.
- Die Russbelastung liegt am Messstandort 15- bis 20-mal höher als der von der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene (EKL) empfohlene Richtwert von 0.1 µg m⁻³ im Jahresmittel.
- Der Holzfeuerungsanteil liegt im Monatsmittel zwischen 22.5 % (August) und 37.9 % (Dezember); somit sollten an diesem Standort in ein paar Jahren Erfolge von Luftreinhaltemassnahmen (Partikelfilter) nachweisbar sein.
- Der grosse Einfluss des Verkehrs, insbesondere des Schwerverkehrs, auf die Russbelastung am Messstandort Buchrain kommt beim Betrachten des Russ-Wochengangs zum Vorschein. An Sonntagen liegt die Russbelastung im Mittel 41 % tiefer als an den Werktagen Montag bis Freitag.
- Es wird empfohlen, am selben Standort in einigen Jahren die Russ- und NO₂-Messungen zu wiederholen. Der Standort ist für eine Erfolgskontrolle der Partikelfilterpflicht sehr gut geeignet.

8 Anhang

8.1 Standortübersicht

Tabelle 3: Standortübersicht der Projekt- und in-LUFT-Passivsammler im Gebiet des Autobahnanschlusses Buchrain.

Bezeichnung	Strasse	Ort	Bemerkung	X-Koord.	Y-Koord.
BUR1 und Messstation	A14	Buchrain	-	668'895	217'362
BUR2	Hauptstrasse	Buchrain	Kandelaber H1-43	669'240	217'259
BUR3	Zentralstrasse	Dierikon	Kandelaber R11-4	670'578	216'627
BUR4	Fildernstrasse	Ebikon	Kandelaber F1-6	669'948	216'136
Emmen, Wal- dibrücke	Waldibrücke	Emmen	-	666'860	217'690
Buchrain, Leisibachstr.	Leisibachstr.	Buchrain	-	669'450	216'915

8.2 Standortfotos und -karten

BUR1 und Messstation



BUR2



BUR3



BUR4



Emmen, Waldibrücke (in-LUFT-PS)



Buchrain, Leisibachstrasse (in-LUFT-PS)



8.3 NO₂-Periodenmittel

Tabelle 4: NO₂-Periodenmittel in µg m⁻³ für die 4 Passivsammler-Standorte im Projekt Buchrain.

Beginn	Ende	BUR1	BUR2	BUR3	BUR4
01.07.2014	29.07.2014	37.0	24.3	15.1	19.5
29.07.2014	29.08.2014	33.9	20.6	14.9	16.1
29.08.2014	30.09.2014	42.6	26.4	19.6	20.0
30.09.2014	30.10.2014	37.8	29.3	23.2	23.3
30.10.2014	02.12.2014	42.9	31.1	28.3	27.1
02.12.2014	03.01.2015	46.7	37.2	31.3	31.8