

Immissionsbelastung Altdorf Zentrum

**Auswertung der Verkehrs- und Immissionsmessdaten im Zentrum
von Altdorf für die Messperiode November 2022 – Mai 2023**



Immissionsmessstation im Zentrum von Altdorf

Altdorf, 01.12.2023

Impressum

Auftraggeber

Amt für Umwelt
Kanton Uri
Klausenstrasse 4
6460 Altdorf

Projektbearbeitung und Bericht

Daria Göllnitz
Sebastian Wey
Dr. Christian Ruckstuhl
inNET Monitoring AG
Dätwylerstrasse 15
6460 Altdorf

Projektleitung

Niklas Joos
Leiter Abteilung Immissionsschutz
Amt für Umwelt

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Zusammenfassung | 2 |
| 1. Einleitung | 3 |
| 1.1. Hintergrund zu diesem Bericht | 3 |
| 1.2. Gesundheitliche Relevanz der Luftverschmutzung | 3 |
| 1.3. Messstandorte | 5 |
| 2. Immissionsmessungen | 7 |
| 2.1. Methoden | 7 |
| 2.2. Ergebnisse | 7 |
| 2.2.1. Stickstoffdioxid (NO ₂) | 7 |
| 2.2.2. Feinstaub (PM10) | 11 |
| 2.2.3. Russ (EBC) | 14 |
| 2.3. Fazit | 17 |
| 3. Verkehrszahlen | 19 |
| 3.1. Methoden | 19 |
| 3.2. Ergebnisse | 19 |
| 4. Verkehrsemissionsberechnungen | 23 |
| 4.1. Methoden | 23 |
| 4.2. Ergebnisse | 24 |
| 4.2.1. Anteil der Fahrzeugkategorien | 24 |
| 4.2.2. Wochengang nach Fahrzeugkategorie | 24 |
| 4.2.3. Emissionsfaktoren 2013 – 2028 | 25 |
| 4.3. Fazit | 27 |
| 5. Schlussfolgerung und Ausblick | 28 |
| 6. Anhang | 29 |
| 6.1. Verkehrszahlen für die Zählstelle 6010 | 29 |

Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht werden Immissionsmessungen der Messperiode November 2022 bis Mai 2023 am Standort «Altdorf Zentrum» analysiert und mit den Ergebnissen der Messperiode 2013 verglichen. Ebenfalls werden Verkehrsemissionsberechnungen vorgenommen, um den Einfluss des Verkehrs auf die Immissionen zu bestimmen. Hintergrund des Berichts sind die im Rahmen des regionalen Gesamtverkehrskonzepts (rGVK) geplanten Verkehrsumlagerungen im unteren Urner Reusstal. Das Zentrum von Altdorf ist eines der luftimmissionsmässig am stärksten belasteten Gebiete im Kanton Uri. Dies ist umso bedeutsamer, da es das am dichtesten besiedelte Gebiet des Kantons ist.

Die absoluten Werte der Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂), Feinstaub (PM10) und Russ (gemessen in EBC) sind im Vergleich zur Analyseperiode 2013 in der vorliegenden Analyseperiode 2022/23 gesunken, dies teilweise deutlich. Trotz des festgestellten Rückgangs der Luftschadstoffe in den letzten zehn Jahren sind die gemessenen Belastungen aber im Vergleich mit anderen Urner Standorten immer noch hoch und kommen in den Wintermonatsmitteln teilweise deutlich über den empfohlenen Jahresmittelgrenzwerten zu liegen. Dies verdeutlicht die Bedeutung und Notwendigkeit von Massnahmen zur weiteren Verbesserung der Luftqualität im Zentrum von Altdorf. In Europa stellt die Luftverschmutzung heute immer noch das grösste umweltbedingte Gesundheitsrisiko dar.

Für die gemessenen Luftschadstoffe NO₂ und EBC am Standort «Altdorf Zentrum» ist der Einfluss des Verkehrsaufkommens deutlich erkennbar – eine Schlussfolgerung, welche durch die Emissionsberechnungen des Verkehrs bekräftigt wird. Auch für PM10 lassen die Wochengänge einen Einfluss des Verkehrs vermuten, allerdings weniger deutlich als bei den anderen Luftschadstoffen. Es ist insgesamt davon auszugehen, dass eine Umfahrung des Zentrums von Altdorf und eine damit verbundene Reduktion des Verkehrsvolumens zu einer lokalen Verbesserung der Luftqualität führen wird. Hingegen wird die Verringerung der Immissionen nicht proportional zur Reduktion der Verkehrszahlen verlaufen, da unterschiedliche Verkehrskategorien verschiedene Anteile der Luftverschmutzung ausmachen. Die Ergebnisse des Berichts verdeutlichen die Notwendigkeit der WOV-Umsetzung mit den flankierenden Massnahmen. Zusätzlich sollten weitere spezifische Massnahmen im Bereich von Holzfeuerungen und auch im Bereich des motorisierten Individualverkehrs geprüft werden, um die Luftqualität im Zentrum von Altdorf weiter zu verbessern.

Aus wissenschaftlicher Sicht ist es zentral, die Immissionsmessungen in Zukunft weiterzuführen bzw. nach Umsetzung der Massnahmen zu wiederholen. Die Messungen erlauben detaillierte Einblicke in die lokale Luftqualität und damit eine genaue Beurteilung der Wirkung der umgesetzten Massnahmen.

1. Einleitung

1.1. Hintergrund zu diesem Bericht

Im Rahmen des regionalen Gesamtverkehrskonzepts (rGVK) sind im unteren Urner Reusstal grössere Verkehrsumlagerungen geplant. Ein Ziel des rGVK ist unter anderen zentrale Siedlungsgebiete zu entlasten und so die Lebensqualität zu steigern. Nebst einer neuen Ost-West-Verbindung (WOV) mit einem neuen A2-Halbanschluss bei Attinghausen sind flankierende Massnahmen zur Verkehrsberuhigung im Zentrum von Altdorf zentrale Elemente des rGVKs. Damit soll die verkehrs-, lärm- und lufthygienische Situation massiv verbessert werden.

Das Zentrum von Altdorf ist heute eines der luftimmissionsmässig am stärksten belastete Gebiete im Kanton Uri^{1,2}. Dies ist umso bedenklicher, da das Zentrum von Altdorf das am dichtesten besiedelte und am stärksten genutzte Gebiet des Kantons ist.

Um die aktuelle lufthygienische Situation vor der Umsetzung von Massnahmen genauer erfassen und den Einfluss des Verkehrs und anderer Quellen besser beurteilen zu können, wurde die Firma inNET Monitoring AG vom Amt für Umwelt des Kantons Uri beauftragt, im Zentrum von Altdorf während des Jahres 2013 einen Immissionsmesscontainer zu betreiben und die Messdaten zusammen mit Verkehrszählungen und Emissionsberechnungen detailliert zu analysieren. Die Ergebnisse dieser Auswertungen wurden in einem Bericht zusammengefasst³. Es ist allerdings davon auszugehen, dass sich die Immissionsbelastung, sowie die Verkehrsdaten und damit auch die Emissionsberechnungen seit dem Jahr 2013 massgeblich verändert haben. Aufgrund der Verzögerungen in der Umsetzung des rGVK ist deshalb nun eine neue Messgrundlage erforderlich, welche als Ausgangslage für strategische Entscheide in der Verkehrsplanung sowie als Nullmessung zur Überprüfung der geplanten flankierenden Massnahmen dienen soll.

Im vorliegenden Bericht werden die Auswertungen der Messperiode November 2022 bis Mai 2023 präsentiert. Die neuen Ergebnisse werden auch mit Analysen basierend auf den Messdaten von 2013 verglichen. Der Bericht ist in folgende Hauptbereiche gegliedert: Einleitung, Immissionsmessungen, Verkehrsdaten, Verkehrsemissionsberechnungen und Schlussfolgerungen. Die folgenden Kapitel im Einleitungsteil geben Aufschluss über die gesundheitliche Relevanz der Luftschadstoffe sowie über die analysierten Standorte.

1.2. Gesundheitliche Relevanz der Luftverschmutzung

Pro Tag atmet ein Mensch rund 15'000 Liter Luft ein.⁴ Dabei exponieren wir uns neben dem lebenswichtigen Sauerstoff auch Luftschadstoffen. Das Ausmass der Gesundheitsbelastung durch Luftverschmutzung wird heute von Experten ähnlich eingeschätzt wie dasjenige durch ungesunde Ernährung oder Rauchen.⁵ In Europa geht man sogar davon aus, dass die Luftverschmutzung das grösste umweltbedingte Gesundheitsrisiko darstellt.⁶

Abhängig vom jeweiligen Schadstoff, der Konzentration in der Luft sowie der Expositionsdauer sind unterschiedliche Auswirkungen für den Menschen und die Natur bekannt. Es ist wissenschaftlich

¹ inNET Monitoring AG (2023): Immissionsmessungen Kanton Uri. Übersicht über die Immissionsmessungen im Kanton Uri mit Fokus auf das Jahr 2022

² Herzig, R. und Ricci A (2010): Luftqualitätsuntersuchung mit Flechten im Kanton Uri, Unteres Urner Reusstal, Ersterhebung

³ inNET Monitoring AG (2014): Immissionsbelastung Altdorf Zentrum. Auswertung der Verkehrs- und Immissionsmessdaten im Zentrum von Altdorf im Jahr 2013

⁴ Felber Dietrich D. (2014). Luftverschmutzung und Gesundheit. Übersicht zu den Auswirkungen. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.

⁵ World Health Organization WHO (2021). Global Air Quality Guidelines. Particulate Matter (PM2.5 and PM10), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide. WHO, Geneva.

⁶ Europe's Air Quality Status 2023 (2023) European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-air-quality-status-2023> (letzter Zugriff: 21.08.2023)

bewiesen, dass Luftschadstoffe Erkrankungen des Herz-Kreislauf- und des Atemsystems sowie Reizungen der Augen, der Nase und des Rachens verursachen.⁴ Des Weiteren wird immer deutlicher, dass auch andere Erkrankungen, wie zum Beispiel Diabetes, Allergien oder Alzheimer auf die Luftverschmutzung zurückzuführen sind.^{4,7} Nachfolgend wird detaillierter auf die Gesundheitsbelastungen für die am Standort «Altdorf Zentrum» gemessenen Luftschadstoffe eingegangen.

Feinstaub (Particulate Matter, PM) ist ein sehr diverses Gemisch von Schwebestoffen. Diese werden oft nach Grössenklassen mit Durchmessern kleiner als 10 µm (PM10) und 2.5 µm (PM2.5) kategorisiert. Die Hauptquellen von Feinstaub in der Schweiz sind Feuerungen, die Industrie sowie der Verkehr. Ein gewisser Anteil von Feinstaub ist aber auch auf natürliche Prozesse zurückzuführen. Grössere Feinstaubpartikel (PM10) gelangen in die Bronchien, wo sie beispielsweise eine Ursache für Asthma sein können. Kleinere Partikel können über die tieferen Atemwege bis ins Blut gelangen. Dementsprechend ist Feinstaub ein wichtiger Faktor für die kardiovaskuläre Gesundheit. Feinstaub ist die Ursache von 80 % der auf die Luftverschmutzung zurückzuführenden Todesfälle durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen.⁴

Russ (Konzentrationen oft ausgedrückt als Equivalent Black Carbon, EBC) ist eine Unterkategorie von Feinstaub und entsteht bei unvollständigen Verbrennungsprozessen. Im Gegensatz zu NO₂ und PM10/PM2.5 ist in der Luftreinhalteverordnung (LRV) kein Grenzwert für Russ festgelegt. Hingegen gibt diese für Russ als krebserzeugende Substanz ein Minimierungsgebot vor. Zudem gilt als Referenz der von der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene festgelegte Jahresmittelrichtwert von 0.1 µg/m³.⁸

Stickstoffoxide (NO_x) gelangen als Nebenprodukt von Verbrennungsprozessen - insbesondere im Verkehr - in die Umgebungsluft. Dabei wird hauptsächlich Stickstoffmonoxid (NO) emittiert, welches in der Luft in kurzer Zeit zu Stickstoffdioxid (NO₂) umgewandelt wird. NO₂ ist ein Reizgas und schädigt die menschlichen Schleimhäute. Nebst ihrem direkten gesundheitsschädigenden Potenzial sind Stickstoffoxide auch Vorläuferstoffe für Feinstaubpartikel sowie Ozon, welche wiederum negative Effekte auf die menschliche Gesundheit haben.

Für die Schweiz wird geschätzt, dass sich die Gesundheitskosten aufgrund der Luftverschmutzung jährlich auf ungefähr 7 Milliarden Franken belaufen, was mehr als 800 Franken pro Einwohner entspricht.⁹ Es ist deshalb nicht erstaunlich, dass Regierungen und Behörden Bemühungen unternehmen, um die Luftqualität weiter zu verbessern. In der Schweiz sind dafür in der Luftreinhalte-Verordnung (LRV)¹⁰ unter anderem für verschiedene Schadstoffe Grenzwerte für kurz- als auch langfristige Immissionen festgelegt. Hier gilt zu erwähnen, dass diese Grenzwerte ein Werkzeug darstellen, welches die Kantone dazu verpflichtet, Bemühungen zur Verbesserung der Luftqualität zu unternehmen. Aber auch bei Konzentrationen unterhalb dieser Grenzwerte besteht ein Restrisiko für die menschliche Gesundheit. Die Weltgesundheitsorganisation WHO empfiehlt aufgrund neuester Gesundheitsstudien ab 2021 für einige Schadstoffe deutlich strengere Grenzwerte als sie heute in der Schweiz gelten.⁵ Auf europäischer Ebene hat das Europäische Parlament erste Schritte in Richtung einer Annäherung an die Empfehlung der WHO unternommen.¹¹

⁷ Wilker, E.H., Osman, M. and Weisskopf, M.G. (2023). Ambient Air Pollution and Clinical Dementia: Systematic Review and Meta-Analysis. British Medical Journal BMJ. <https://doi.org/10.1136/bmj-2022-071620>

⁸ Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) (2013): Feinstaub in der Schweiz 2013. Statusbericht der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene

⁹ Bundesamt für Umwelt BAFU (2021). Auswirkungen der Luftverschmutzung auf die Gesundheit. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/fachinformationen/auswirkungen-der-luftverschmutzung/auswirkungen-der-luftverschmutzung-auf-die-gesundheit.html> (letzter Zugriff: 21.08.2023)

¹⁰ Luftreinhalte-Verordnung (LRV), https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1986/208_208_208/de#app7ahref0 (letzter Zugriff: 31.08.2023)

¹¹ <https://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20230626IPR00846/air-pollution-environment-committee-meps-push-for-tougher-rules> (letzter Zugriff: 21.08.2023)

1.3. Messstandorte

Für den vorliegenden Bericht wurde am Standort «Altdorf Zentrum» von November 2022 bis Mai 2023 ein Immissionsmesscontainer betrieben. Ein praktisch identischer Messcontainer wurde bereits im Jahr 2013 am selben Standort betrieben. Der Immissionsmesscontainer ist in den Messgeräten und -techniken grösstenteils identisch, wie die Immissionsmessstationen «Altdorf Gartenmatt» und «A2 Uri». «Altdorf Gartenmatt» wird seit 1999 im Rahmen des in-luft-Projekts¹² kontinuierlich betrieben. «A2 Uri» ist Teil des Projekts «Monitoring flankierende Massnahmen – Umwelt» (MfM-U), welches zum Ziel hat, die Umweltauswirkungen des alpenquerenden Verkehrs zu erfassen¹³. Beide Stationen liegen nahe der Station «Altdorf Zentrum» (siehe auch Abbildung 1) und werden daher für Vergleiche beigezogen.

Um auch andere städtische Standorte mit «Altdorf Zentrum» vergleichen zu können, werden zusätzlich die beiden Messstationen «Luzern Moosstrasse» und «Zug Postplatz» in die Analysen miteinbezogen. Diese beiden Standorte stehen standorttypisch für stark belastete städtische Gebiete in der Nähe von stark befahrenen Strassen. Der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) an diesen beiden Standorten beträgt 40'000 (Luzern) und 16'000 (Zug) Fahrzeuge¹⁴.

Um schliesslich die projektorientierten Messungen am Standort «Altdorf Zentrum» in einen längerfristigen Zusammenhang setzen zu können, werden langjährige umliegende Passivsammler-Messstandorte (Messgrösse: NO₂) beigezogen. Diese umfassen die Stationen «Altdorf von Roll», «Altdorf Spital», «Altdorf Kapuzinerkloster», «Altdorf Bahnhofstrasse», «Schattdorf» und «Attinghausen Reussstrasse». Die letzten drei erwähnten NO₂-Passivsammlerstandorte sind Teil der Nullmessungen zur geplanten West-Ost-Verbindung (WOV). Diese werden erst seit 2019 («Altdorf Bahnhofstrasse» und «Schattdorf») resp. Mai 2021 («Attinghausen Reussstrasse») betrieben. Detaillierte Standortbeschreibungen der Passivsammler sind im Bericht «Immissionsmessungen im Kanton Uri»¹⁵ aufgeführt. Die Messmethode für NO₂ an den Passivsammlerstandorten ist eine andere, als sie bei den Messstationen angewendet wird: hier werden keine kontinuierlichen Messungen vorgenommen. Stattdessen werden mithilfe von Passivsammlern in einem offenen Röhrchen Schadstoffe gesammelt; die spätere Laboranalyse ermittelt dann die mittlere Schadstoffkonzentration während der Expositionszeit, welche in den vorliegenden Fällen vier Wochen beträgt. Daher werden die Jahresmittelwerte der NO₂-Passivsammlerstandorte in diesem Bericht zusätzlich mit dem langjährigen Messstandort «Altdorf Gartenmatt» als Referenzstandort verglichen, um allfällige Unterschiede zwischen den Messmethoden aufzuzeigen. Tabelle 1 zeigt die im Bericht analysierten Standorte im Überblick.

Tabelle 1: In diesem Bericht analysierte Standorte im Überblick.

| | Standorttyp | Koordinate Ost (LV95) | Koordinate Nord (LV95) |
|---------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Altdorf Zentrum | Messstation (Projektmessung) | 2'691'785 | 1'193'026 |
| Altdorf Gartenmatt | Messstation (in-luft) | 2'690'175 | 1'193'550 |
| A2 Uri | Messstation (MfM-U) | 2'691'390 | 1'188'470 |
| Luzern Moosstrasse | Messstation (in-luft) | 2'665'789 | 1'210'898 |
| Zug Postplatz | Messstation (in-luft) | 2'681'625 | 1'224'641 |

¹² <https://www.in-luft.ch> (letzter Zugriff: 03.08.2023)

¹³ inNET Monitoring AG (2014): Immissionsbelastung Altdorf Zentrum. Auswertung der Verkehrs- und Immissionsmessdaten im Zentrum von Altdorf im Jahr 2013

¹⁴ Zentralschweizer Umweltfachstellen (2022): Luftbelastung in der Zentralschweiz: Detaillierte Messdaten 2021

¹⁵ inNET Monitoring AG (2023): Immissionsmessungen Kanton Uri. Übersicht über die Immissionsmessungen im Kanton Uri mit Fokus auf das Jahr 2022

| | | | |
|--------------------------------------|---|-----------|-----------|
| PS Altdorf von Roll | Passivsammler | 2'691'825 | 1'193'000 |
| PS Altdorf Spital | Passivsammler | 2'691'404 | 1'192'956 |
| PS Altdorf Kapuzinerkloster | Passivsammler | 2'691'900 | 1'193'300 |
| PS Altdorf Bahnhofstrasse | Passivsammler | 2'691'019 | 1'192'381 |
| PS Schattdorf | Passivsammler | 2'692'761 | 1'191'136 |
| PS Attinghausen, Reussstrasse | Passivsammler | 2'691'000 | 1'190'967 |
| Altdorf Schmiedgasse | Verkehrszählstation Nr. 591 (ASTRA) | 2'691'839 | 1'192'901 |
| Altdorf Bahnhofstrasse | Verkehrszählstation Nr. 6010 (Kanton Uri) | 2'691'671 | 1'192'928 |

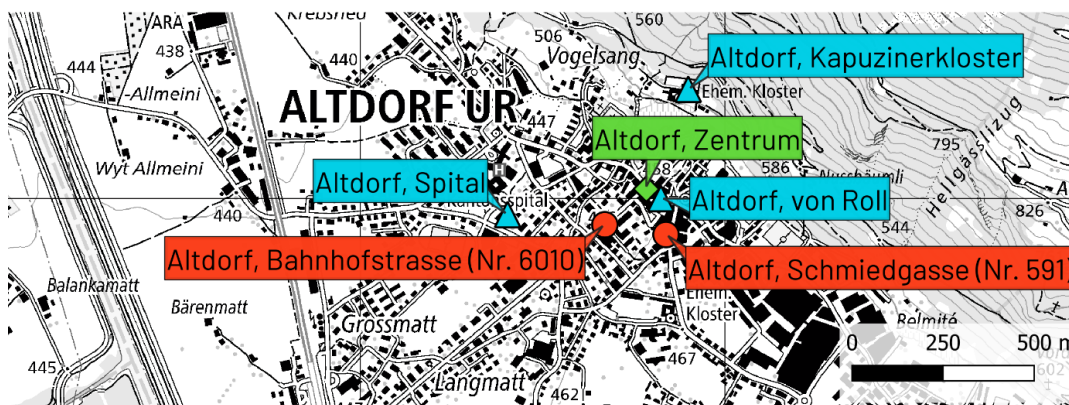
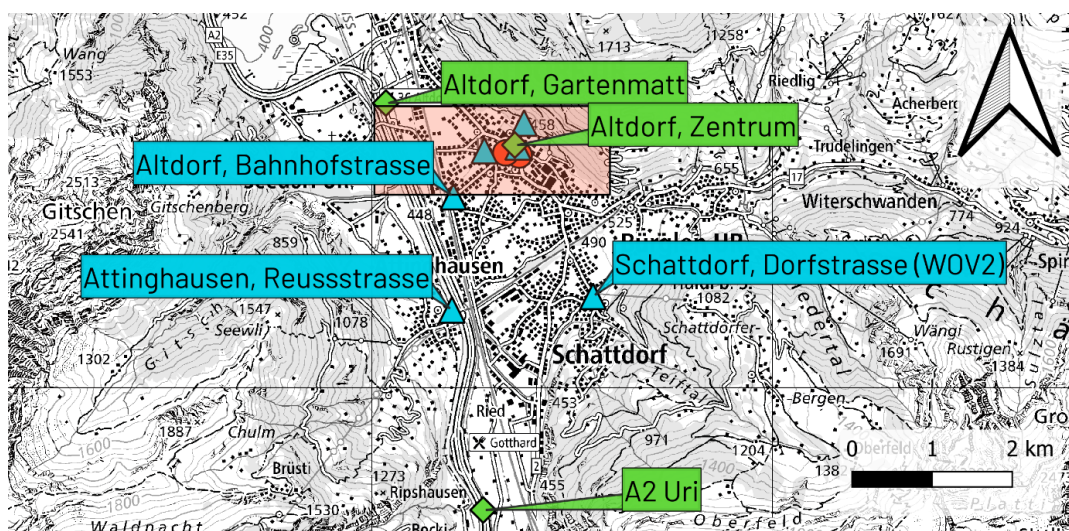


Abbildung 1: Übersichtskarte der Messstandorte im Kanton Uri (oben) mit Nahaufnahme des Zentrums von Altdorf (unten). NO₂-Passivsammler sind mit einem Dreieck in Blau, Verkehrsmessstationen mit einem Kreis in Rot und Immissions-Messstationen mit einem Trapez in Grün dargestellt. Das in Rosa markierte Rechteck auf der oberen Karte stellt den Bereich der unteren Nahaufnahme dar.

2. Immissionsmessungen

2.1. Methoden

Bei den dargestellten Daten handelt es sich ausnahmslos um validierte halbstündliche Messungen. EBC und PM10 wurden zusätzlich zur Validierung auf die entsprechenden Referenzverfahren korrigiert; für die Messwerte im Jahr 2022 lagen dazu bereits definitive Korrekturfaktoren vor, während die Messwerte aus dem aktuellen Jahr 2023 mit provisorischen Korrekturfaktoren basierend auf den bisher verfügbaren Werten fürs 2023 korrigiert wurden. Für die Station «Altdorf Zentrum» hingegen wurden die Korrekturfaktoren über den gesamten Zeitraum, in welchem die Station in Betrieb war (Ende November 2022 bis Mitte Mai 2023) berechnet.

Da die Messperiode von «Altdorf Zentrum» für die Monate November 2022 und Mai 2023 keinen vollständigen Monat abdecken, wurden auch die Messwerte der anderen Standorte entsprechend vor dem 24.11.2022 bzw. nach dem 15.5.2023 ausgeschlossen, um einen direkten Vergleich zu ermöglichen. Die dargestellten Monatsmittelwerte für die Monate November 2022 und Mai 2023 entsprechen also jeweils keinem vollständigen Monat.

Ein weiteres Augenmerk ist auf die Baustelle zu legen, welche fast über den gesamten Analysezeitraum in räumlicher Nähe zur Messstation «Altdorf Zentrum» betrieben wurde. Vor diesem Hintergrund und zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Ausreisser des Parameters PM10 von «Altdorf Zentrum» ausgeschlossen. Dabei wurden nur Werte ausgeschlossen, welche alle der folgenden Kriterien erfüllten:

1. Differenz von $>75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Vergleich zur Station «Altdorf Gartenmatt»
2. Der Wert kommt an einem Wochentag (MO-FR) zu liegen
3. Der Wert kommt während der Arbeitszeit von 06:00 bis 19:00 Uhr zu liegen.

Insgesamt wurden so 39 Halbstundenwerte von «Altdorf Zentrum» aus dem Datenset entfernt. Trotz dieses Vorgehens ist ein Einfluss der Baustelle auf die von Ausreissern bereinigten PM10-Messwerte noch immer möglich. Dieser Einfluss kann aber nicht quantifiziert werden, weswegen im Weiteren die Analysen mit den vorliegenden PM10-Messwerten weitergeführt werden.

Für die Datenauswertung wurde die Software R (Version 4.3.1) mit RStudio mit den Packages *data.table*, *tidyr*, *tibble*, *dplyr*, *jsonlite*, *curl*, *ggplot2*, *lubridate* und *reshape2* verwendet.

2.2. Ergebnisse

Analog zum Bericht der Messdaten 2013 werden in den folgenden Grafiken die Messdaten von «Altdorf Zentrum» zuerst mit den anderen Urner Messstationen verglichen («Altdorf Gartenmatt» und «A2 Uri») und im Anschluss mit den städtischen Messstationen «Luzern Moosstrasse» und «Zug Postplatz». Nach der Präsentation der Ergebnisse der vorliegenden Analyseperiode wird auch ein Vergleich mit den Ergebnissen des Jahres 2013 gezogen.

2.2.1. Stickstoffdioxid (NO₂)

Für Stickstoffdioxid existieren langjährige Messreihen von Passivsammlern (vgl. auch Kapitel 1.3), welche hier als Indikator dafür herangezogen werden, dass die Stickstoffdioxidkonzentrationen des Jahres 2022 repräsentativ sind für die letzten ca. 6 Jahre (siehe Abbildung 2). Von 2016 auf 2017 ist an den meisten Standorten eine Reduktion der gemessenen Konzentrationen sichtbar. Für den Standort «Altdorf von Roll», welcher sich in unmittelbarer Nähe der Station «Altdorf Zentrum» befindet (vgl. auch Abbildung 1), ist von 2014 bis 2022 ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen. In den letzten Jahren (2017 - 2022) bewegten sich die Jahresmittelwerte in einem relativ konstanten Bereich; der Rückgang schwächte sich ab.

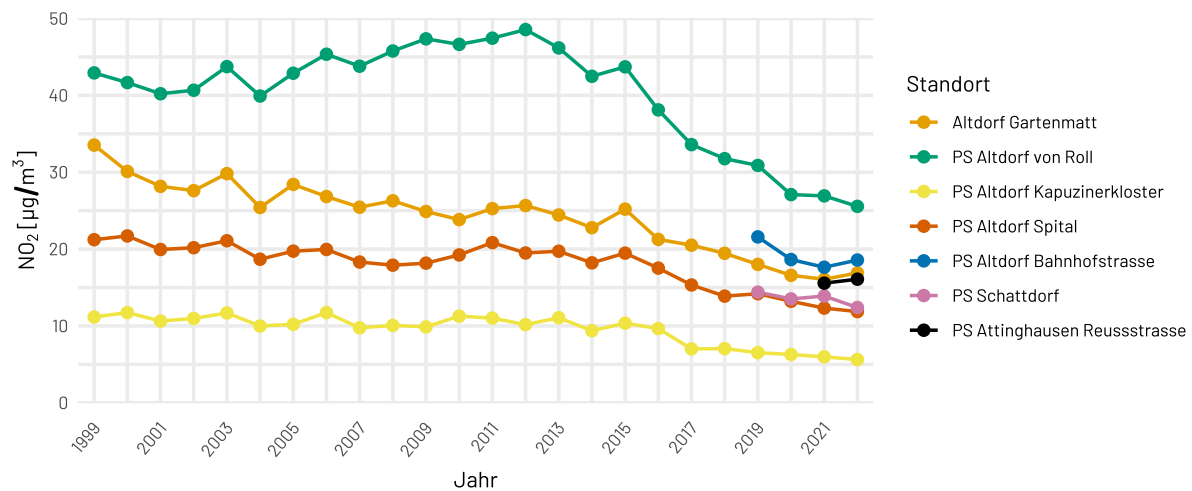


Abbildung 2: Jahresmittelwerte der NO₂-Passivsammler sowie der Referenzstation Altdorf Gartenmatt von 1999 - 2022.

Der Vergleich der Passivsammler-Langzeitmessreihe mit der Messstation «Altdorf Gartenmatt» zeigt, dass die Ergebnisse durchaus vergleichbar sind; die Jahresmittelwerte der Station bewegen sich parallel zu den Messreihen der Passivsammler «Altdorf von Roll» und «Altdorf Spital», während sie von den absoluten Werten her leicht über denjenigen von «Altdorf Spital» und deutlich unter denjenigen von «Altdorf von Roll» liegen – die Werte von «Altdorf von Roll» und «Altdorf Gartenmatt» näherten sich aber aufgrund der Abnahme der Werte von «Altdorf von Roll» seit 2015 immer mehr an.

Die Werte in Abbildung 2 zeigen einen deutlichen Gradienten vom Zentrum weg (höhere gemessene Konzentrationen im Zentrum), während die Station «Altdorf Gartenmatt» von der ca. 100 m weit entfernten Autobahn beeinflusst ist. An den verkehrsbelasteten Standorten «Altdorf Gartenmatt» und «Altdorf von Roll» sind die NO₂-Konzentrationen massgeblich durch das Verkehrsaufkommen sowie die Emissionsentwicklung der Fahrzeuge geprägt.

Analyseperiode November 2022 – Mai 2023

Wie Abbildung 3 (a) zeigt, bewegen sich die NO₂-Konzentrationen am Standort Altdorf Zentrum über denjenigen der Urner Stationen «A2 Uri» und «Altdorf Gartenmatt», und das obwohl letztere beide von der Autobahn beeinflusst sind. Der Jahresmittelgrenzwert von 30 µg/m³ gemäss LRV wird an der Station «Altdorf Zentrum» in vier von sieben gemessenen Monaten überschritten, während die anderen Urner Stationen keine solchen Überschreitungen während dieser Monate zeigen.

Hingegen bewegen sich die Messwerte von «Altdorf Zentrum» meist unter denjenigen am Standort «Luzern Moosstrasse», welche während fünf Monaten Monatsmittelwerte aufweisen, die über dem LRV-Jahresmittelgrenzwert liegen (siehe Abbildung 3 (b)). Die Station «Zug Postplatz» zeigt durchgehend tiefere NO₂-Immissionswerte als «Altdorf Zentrum» und liegt auf einem ähnlichen Niveau wie die Urner Station «A2 Uri». Auffällig ist weiter, dass sämtliche Monatsmittelwerte, welche über den LRV-Jahresmittelgrenzwert fallen, zwischen November 2022 und Februar bzw. März 2023 liegen. Das ist mit den Ergebnissen des Berichts zu den Messdaten von 2013 im Einklang, welcher einen deutlichen Jahresgang der Immissionen mit Tiefstwerten im Juni und Höchstwerten im Dezember feststellen konnte.¹⁶ Der Jahresgang ist durch die meteorologischen Bedingungen über die Jahreszeiten und höhere Emissionen durch Feuerungsanlagen im Winterhalbjahr erklärbar.

¹⁶ inNET Monitoring AG (2014): Immissionsbelastung Altdorf Zentrum. Auswertung der Verkehrs- und Immissionsmessdaten im Zentrum von Altdorf im Jahr 2013

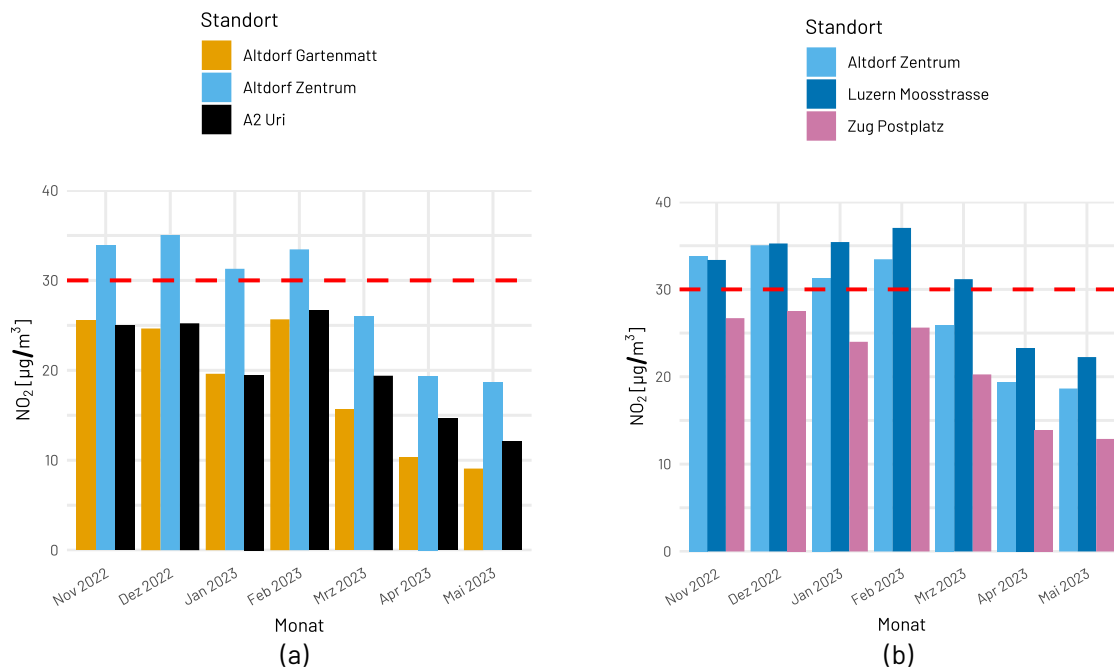


Abbildung 3: Monatsmittelwerte der NO₂-Konzentrationen von «Altdorf Zentrum» im Vergleich zu (a) Urner Stationen und (b) anderen städtischen Standorten. Die rot gestrichelte Linie zeigt den Jahresmittelgrenzwert gemäss LRV.

Im Wochengang der NO₂-Immissionen in Abbildung 4 ist zu erkennen, dass diese am Wochenende klar zurückgehen, was sich mit den niedrigeren Verkehrszahlen an diesen Tagen erklären lässt (vgl. auch Kapitel 3.2). An allen Tagen ist eine Zunahme morgens sowie eine Abnahme abends mit einem Einbruch zur Mittagszeit erkennbar. Auch dieses Muster kann mit dem Verkehrsaufkommen erklärt werden.

Abbildung 5 zeigt den mittleren Tagesgang im Detail. Die Stationen «Altdorf Gartenmatt», «A2 Uri» und «Zug Postplatz» zeigen praktisch identische Kurven. Die Werte von «Altdorf Zentrum» liegen deutlich höher und zeigen einen ähnlichen Verlauf wie die Werte der Station «Luzern Moosstrasse», während allerdings die Amplituden bei «Altdorf Zentrum» noch grösser ausfallen.

Vergleich mit 2013

Während die Abfolge der Standorte vom höchstbelasteten zum niedrigstbelasteten seit 2013 gleich geblieben ist, zeigt sich eine deutliche absolute Abnahme der NO₂-Konzentration von 2013 bis 2023, was sich mit den Ergebnissen der NO₂ Langzeitmessreihen der Passivsammler deckt. Lagen 2013 noch einige Monatsmittelwerte der analysierten Standorte über 35 µg/m³, kommt das in der aktuellen Analyseperiode nur noch höchst selten vor. Der Hauptgrund dafür liegt in den rückläufigen Verkehrsemissionen (höhere Euro-Klassen mit geringeren direkten Emissionen und, in geringem Umfang, die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte).

Beim Vergleich des mittleren Tagesgangs mit der Messperiode 2013 ist die Einschränkung zu beachten, dass es sich bei der aktuellen Analyseperiode um kein ganzes Jahr, sondern nur um 5 ganze und zwei Teil-Monate handelt. Damit weist die aktuelle Analyseperiode eine ungleiche Verteilung über die Jahreszeiten auf. Es ist allerdings nicht davon auszugehen, dass diese Einschränkung die festgestellten Unterschiede vollumfänglich erklären könnte.

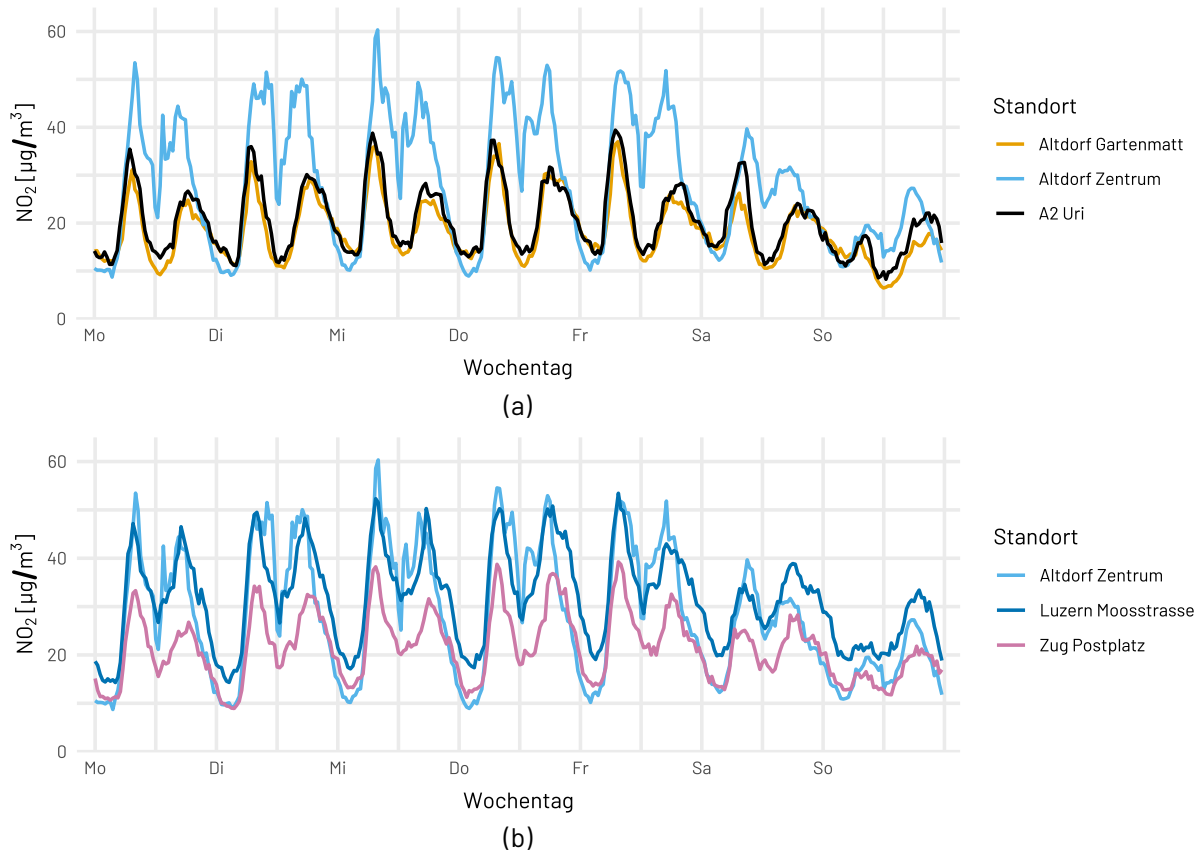


Abbildung 4: Wochengang der NO₂-Immissionen von «Altdorf Zentrum» im Vergleich zu (a) Urner Stationen und (b) anderen städtischen Standorten.

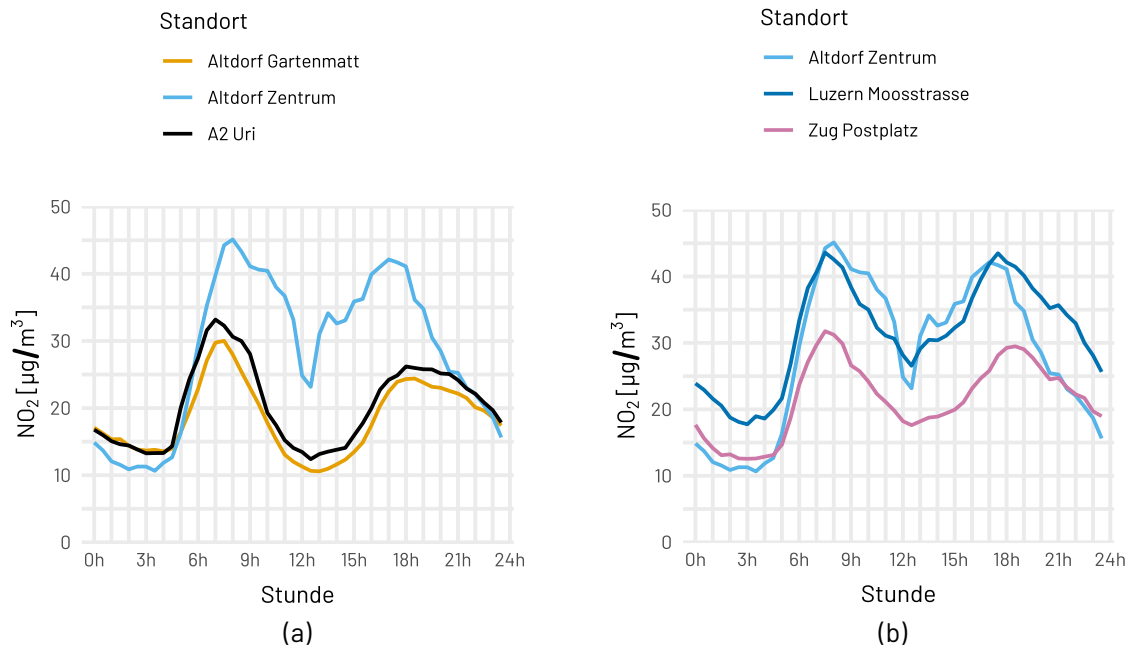


Abbildung 5: Mittlerer Tagesgang der NO₂-Immissionen von «Altdorf Zentrum» im Vergleich zu (a) Urner Stationen und (b) anderen städtischen Standorten.

2.2.2. Feinstaub (PM10)

Analyseperiode November 2022 – Mai 2023

Da die PM10-Daten für 2023 im vorliegenden Bericht für alle Stationen ausser «Altdorf Zentrum» erst provisorisch korrigiert wurden und es für die Periode Januar – Mai 2023 vergleichsweise wenige gravimetrische Messwerte gab, gilt es bei der Datenanalyse eine gewisse Vorsicht walten zu lassen. Zudem ist für die Station «Altdorf Zentrum» ein Einfluss der nahegelegenen Baustelle in der vorliegenden Messperiode möglich, welcher nicht genauer quantifiziert werden kann. Nichtsdestotrotz werden im Folgenden die Standorte untereinander verglichen und mögliche Interpretationen der Ergebnisse werden ausgeführt.

Wie Abbildung 6 zeigt, liegen die PM10-Monatsmittelwerte der Station «Altdorf Zentrum» auf ähnlichem Niveau wie diejenigen der anderen städtischen Stationen «Luzern Moosstrasse» und «Zug Postplatz». Am Standort «Altdorf Zentrum» liegen die Monatsmittelwerte im Vergleich zu den anderen Urner Standorten höher.

Alle Stationen weisen im Februar 2023 den höchsten Monatsmittelwert auf. Alle Monatsmittelwerte für PM10 liegen dabei unter dem Jahresmittelgrenzwert gemäss LRV. Die hohen Werte im Februar sind durch die Witterung erklärbar, welche in diesem Monat aussergewöhnlich niederschlagsarm und stabil ausfiel.¹⁷

Im Wochengang, wie er in Abbildung 7 (a) zu sehen ist, zeigen die drei Urner Standorte grundsätzlich ähnliche Muster: Die Immissionen nehmen jeweils am Morgen zu und auf die Nacht hin wieder ab, mit einem mehr oder weniger stark ausgeprägten Einbruch am Mittag, welcher aber nie so stark ist, als dass wieder das niedrige Nachtniveau erreicht wäre. Die Feinstaubbelastung ist am Wochenende deutlich geringer als an den Wochentagen. Dies legt einen Einfluss durch den Verkehr, welcher ebenfalls am Wochenende deutlich niedriger ausfällt (vgl. Kapitel 3), nahe. Der Einfluss des Verkehrs ist aber weniger klar als bei den anderen gemessenen Luftschadstoffen, was damit erklärt werden könnte, dass Feinstaub in der Luft über grössere Distanzen transportiert wird. Ein witterungsbedingter Einfluss auf den Wochengang ist durch die Mittelung über die gesamte Analyseperiode auszuschliessen.

Im Vergleich des Wochengangs von «Altdorf Zentrum» mit anderen städtischen Standorten (siehe Abbildung 7 (b)) fällt auf, dass die Amplituden am erwähnten Standort höher ausfallen als in Luzern oder Zug. Eine naheliegende Erklärung ist, dass das Verkehrsaufkommen im Zentrum von Altdorf vor allem tagsüber hoch ist und nachts nur wenige Durchfahrten stattfinden. Die Wochengänge für PM10 der beiden Stationen «Luzern Moosstrasse» und «Zug Postplatz» bewegen sich sehr nahe beieinander und weisen nur geringe Abweichungen zueinander auf. Dies deutet auf ein sehr ähnliches Verkehrsmuster in diesen beiden Städten hin.

In der Nacht von Samstag auf Sonntag ist eine Abnahme in der Feinstaubbelastung bei «Altdorf Zentrum» sichtbar (wie in jeder anderen Nacht), während aber die beiden anderen städtischen Standorte einen Peak um Mitternacht herum aufzeigen. Dieser ist dadurch zu erklären, dass Silvester 2022 auf einen Samstagabend fiel. Die sehr hohen Immissionswerte in dieser einen Nacht (Maximaler Halbstundenwert «Zug Postplatz»: 180.1 µg/m³; «Luzern Moosstrasse»: 240.6 µg/m³) zeigen sich auch im über die gesamte Analyseperiode gemittelten Wochengang. Wird der Median des Wochengangs dargestellt, ist ein solcher Peak nicht mehr zu erkennen. Auch der mittlere Tagesgang in «Altdorf Zentrum» weist deutlich höhere Amplituden auf als an den beiden anderen städtischen Standorten und tendenziell auch als an den beiden anderen Urner Standorten (vgl. Abbildung 8).

¹⁷ MeteoSchweiz (2023): Klimabulletin Winter 2022/23. Zürich

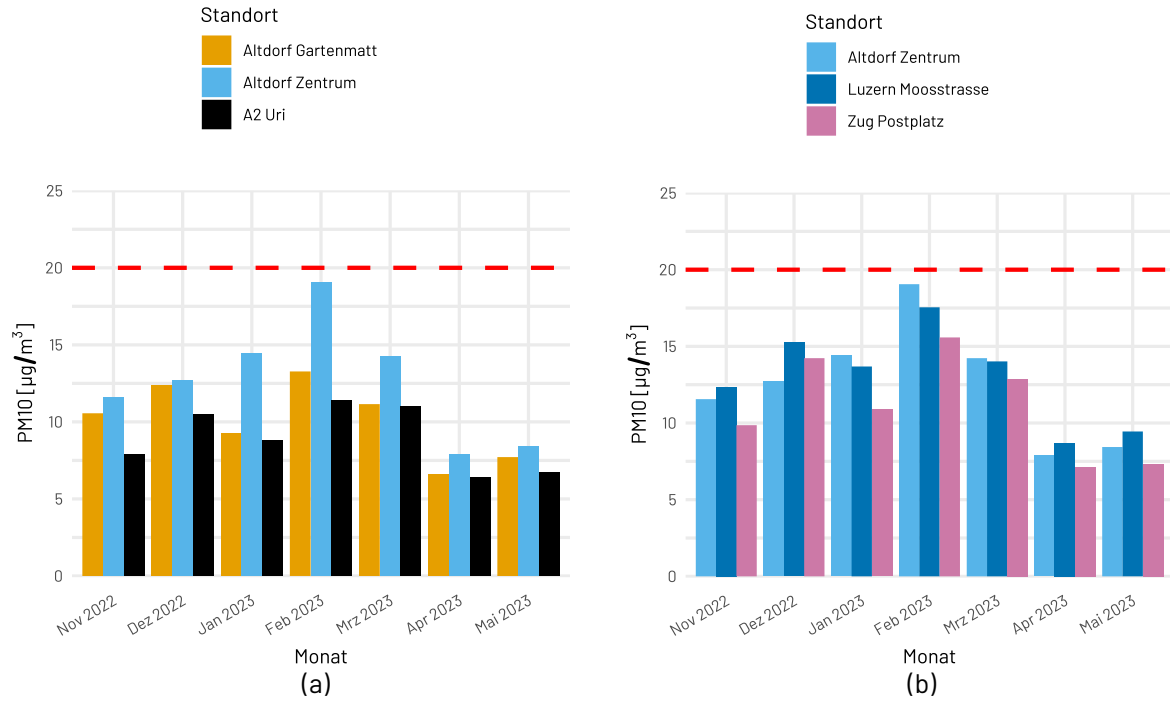


Abbildung 6: Monatsmittelwerte der PM10-Konzentrationen von «Altdorf Zentrum» im Vergleich zu (a) Urner Stationen und (b) anderen städtischen Standorten. Die rot gestrichelte Linie zeigt den Jahresmittelgrenzwert gemäss LRV.

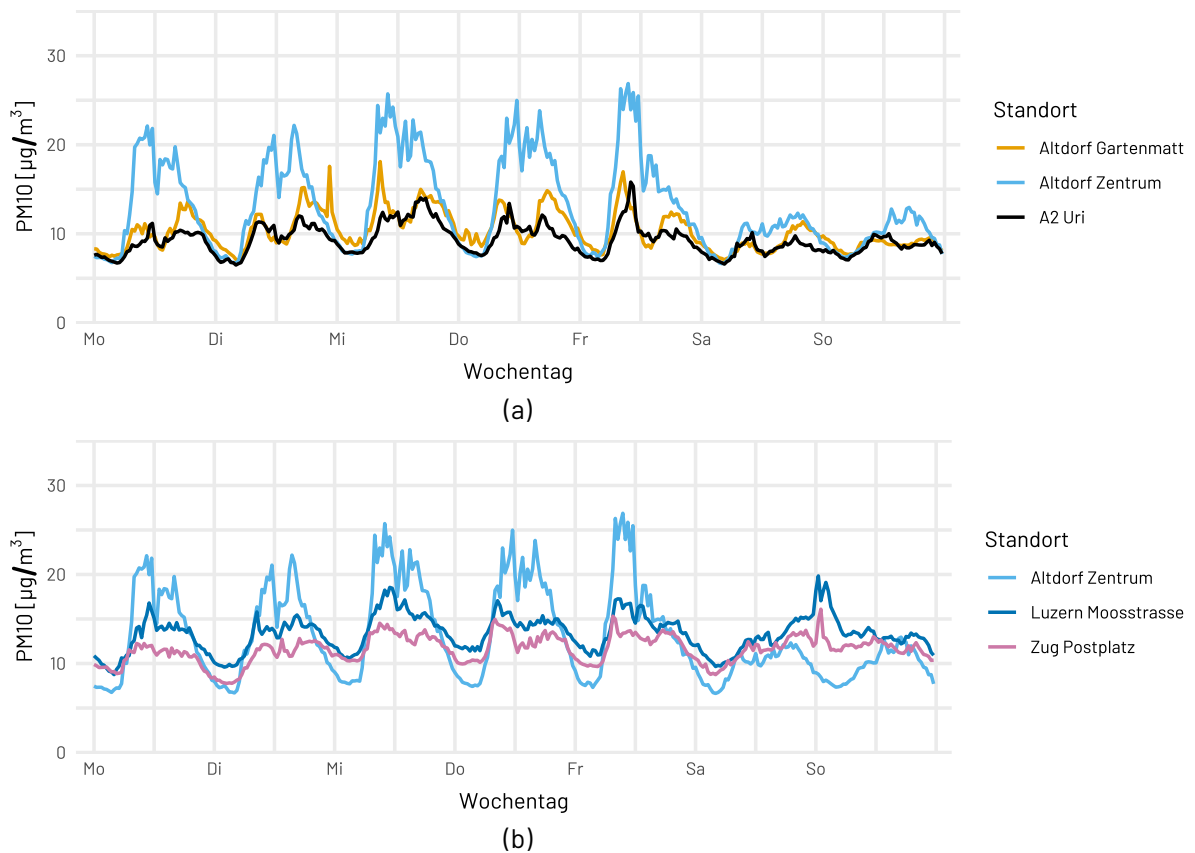


Abbildung 7: Wochengang der PM10-Immissionen von «Altdorf Zentrum» im Vergleich zu (a) Urner Stationen und (b) anderen städtischen Standorten.

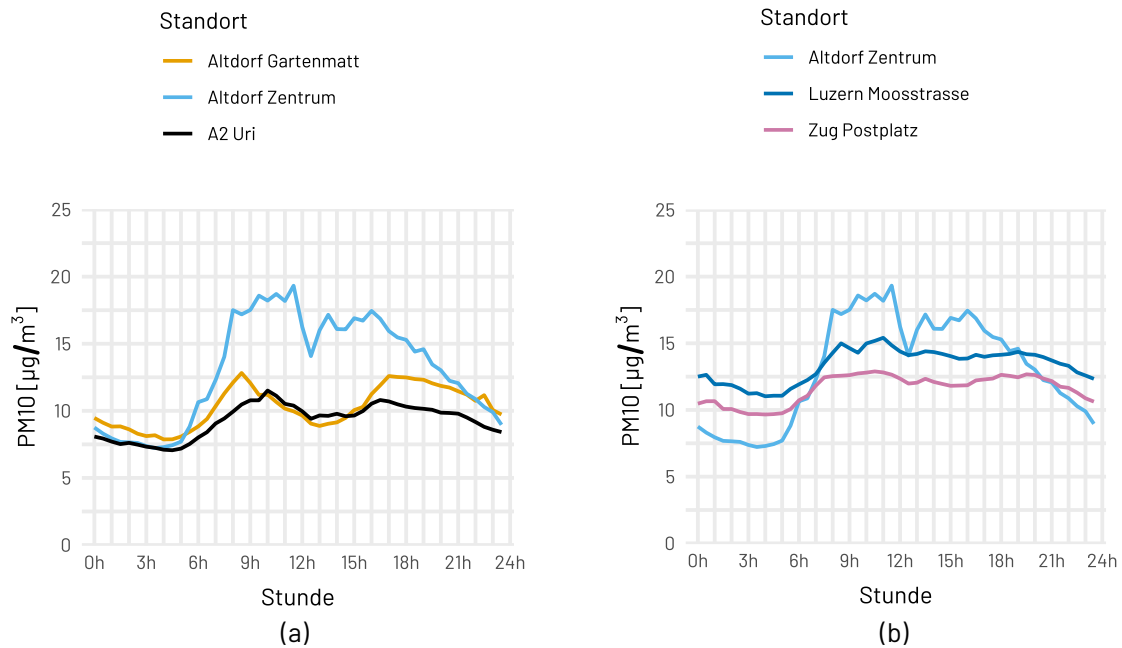


Abbildung 8: Mittlerer Tagesgang der PM10-Immissionen von «Altdorf Zentrum» im Vergleich zu (a) Urner Stationen und (b) anderen städtischen Standorten.

An den Urner Standorten sind jeweils zwei Peaks erkennbar, einer am Morgen und einer am Nachmittag, wobei sich die genaue Uhrzeit je nach Standort unterscheidet. Hingegen sind an der «Luzern Moosstrasse» und am «Zug Postplatz» diese Peaks praktisch nicht zu erkennen; die Feinstaubbelastung bewegt sich zwischen 7 h und 20 h in einem recht konstanten Bereich. Die Erklärung hierfür liegt wahrscheinlich darin, dass an diesen beiden Standorten ein weniger stark ausgeprägter Verkehrsrückgang während der Mittagsstunde stattfindet als in «Altdorf Zentrum». Zusätzlich lösen sich Inversionen während des Tages im Urner Reusstal im Winter deutlich öfter auf als in Luzern oder Zug und ermöglichen so eine Verdünnung der Schadstoffe.

Vergleich mit 2013

Im Vergleich zu den Monatsmittelwerten, wie sie im Analysebericht zu den Messdaten von 2013 dargestellt sind¹⁸, liegt die PM10-Feinstaubbelastung in der aktuellen Analyseperiode 2022/23 tiefer. Diese Unterschiede könnten aber auch auf andere Witterungsbedingungen zurückzuführen sein und bedeuten nicht zwingend eine Reduktion der Emissionen. Auch zeigen die Wochengänge, dass der Einfluss des Verkehrs auf Feinstaub weniger eindeutig ist als sein Einfluss auf Stickstoffdioxide. Zu diesem Ergebnis kam auch der Bericht zu den Messdaten 2013.

Der Tagesgang der PM10-Messungen wurde im Bericht zur Analyseperiode 2013 nach Winter- und Sommermonaten getrennt dargestellt, was für die vorliegende Analyseperiode aufgrund der kürzeren Messdauer nicht möglich ist. Die Mittelung über mehrere, aber andere Monate im Jahr, erschwert den Vergleich. Trotzdem kann gesagt werden, dass die Tagesgänge der vorliegenden Analyseperiode im Muster denjenigen der Wintermonate 2013 ähnlich sind, während die Werte insgesamt eher niedriger liegen.

¹⁸ inNET Monitoring AG (2014): Immissionsbelastung Altdorf Zentrum. Auswertung der Verkehrs- und Immissionsmessdaten im Zentrum von Altdorf im Jahr 2013

2.2.3. Russ (EBC)

Analyseperiode November 2022 – Mai 2023

Bei der Analyse der Russ-Daten ist, wie bereits bei der Analyse der Feinstaub-Daten, die erst provisorische Korrektur der Werte im Jahr 2023 bei allen Standorten ausser «Altdorf Zentrum» im Hinterkopf zu behalten. Trotz dieser Einschränkung werden auch hier im Folgenden die Ergebnisse sowie deren möglichen Ursachen beschrieben.

Abbildung 9 zeigt die Monatsmittelwerte für EBC-Messungen in den üblichen beiden Standortgruppen. Das Messgerät, welches sich bis zum 4. Januar 2023 am Standort «Zug Postplatz» befand, wurde am 5. Januar 2023 an der Station «Altdorf Gartenmatt» installiert. Entsprechend widerspiegelt das Monatsmittel für Januar in Abbildung 9 (b) für «Zug Postplatz» nur vier Tage und wird daher im Folgenden nicht weiter analysiert, während beim angegebenen Wert in Abbildung 9 (a) für «Altdorf Gartenmatt» die ersten vier Tage nicht berücksichtigt werden – diese Einschränkung wird im Folgenden weitestgehend ignoriert, da Messwerte zum restlichen Monat verfügbar sind.

Alle EBC-Monatsmittelwerte überschreiten den von der EKL empfohlenen Jahresmittelrichtwert für Russ – dies in Einzelfällen sogar um den Faktor 10 oder höher. In «Altdorf Zentrum» sind die Werte am höchsten, gefolgt vom Standort «Luzern Moosstrasse». Als nächsthöchstbelasteter Standort ist wahrscheinlich «Zug Postplatz» zu nennen, diese Aussage ist allerdings unsicher, da hierzu nur zwei verlässliche Monatsmittel vorliegen. Die Russkonzentrationen an den Standorten «A2 Uri» und «Altdorf Gartenmatt» liegen durchgehend unter denjenigen von «Altdorf Zentrum».

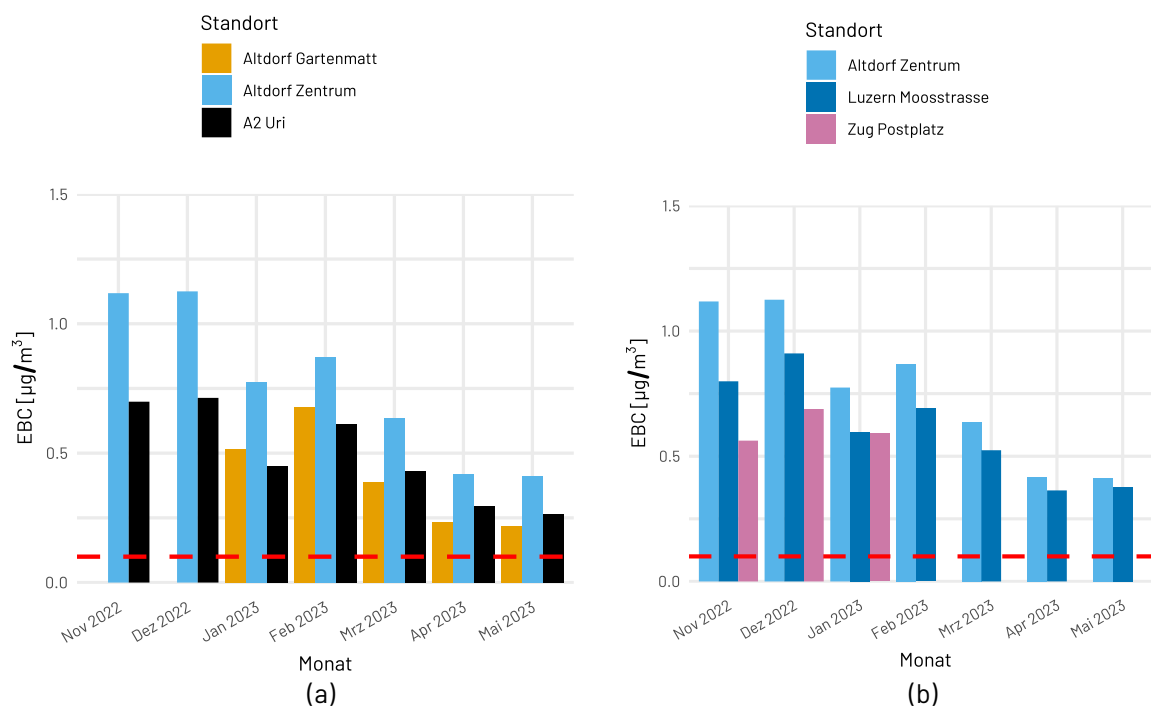


Abbildung 9: Monatsmittelwerte der EBC-Konzentrationen von «Altdorf Zentrum» im Vergleich zu (a) Urner Stationen und (b) anderen städtischen Standorten. Die rot gestrichelte Linie zeigt den von der EKL¹⁹ empfohlenen Jahresmittelrichtwert für Russ von 0.1 µg/m³.

¹⁹ Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL)(2013): Feinstaub in der Schweiz 2013. Statusbericht der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene

Über alle Standorte hinweg ist eine tendenzielle Abnahme der Russkonzentrationen gemessen an EBC von November 2022 bis Mai 2023 festzustellen. Dies ist mit dem Rückgang an Holzfeuerungen in den wärmer werdenden Monaten zu erklären.

Die insgesamt hohen Werte in «Altdorf Zentrum» können auf vergleichsweise viele Holzfeuerungen zurückgeführt werden, welche von einem starken Verkehrseinfluss überlagert werden – dieser ist besonders deutlich im Wochengang der EBC-Messungen zu sehen: am Samstag und am Sonntag sind die Werte insgesamt deutlich niedriger in «Altdorf Zentrum» und bewegen sich auf einem ähnlichen Niveau wie diejenigen der anderen Standorte. Interessanterweise ist ein solcher Rückgang der EBC-Konzentrationen am Wochenende an den anderen Standorten nicht erkennbar. Das Muster in «Altdorf Zentrum» kann also mit dem Verkehrsaufkommen erklärt werden (vgl. auch Kapitel 3.2).

Generell zeigen die EBC-Konzentrationen an allen Standorten jeweils einen morgendlichen Peak sowie einen Peak in den Abendstunden. Es fällt aber auf, dass beim Standort «Altdorf Zentrum» oft der morgendliche Peak höher ist als der Nachmittagspeak –im Gegensatz zu den anderen Standorten. Dieses Muster widerspiegelt sich auch im mittleren Tagesgang, wie er in Abbildung 11 zu sehen ist. Es kann dadurch erklärt werden, dass sich winterliche Inversionen im Verlaufe des Tages im Urner Reusstal deutlich öfter auflösen als in Luzern oder Zug, was eine Verdünnung der Schadstoffe in «Altdorf Zentrum» zur Folge hat.

Vergleich mit 2013

Im Messbericht zur Analyseperiode 2013 wurde als Messgrösse zu Russ nicht EBC, sondern BC ausgewiesen. Bei EBC-Messungen werden BC-Messungen mithilfe einer linearen Korrekturfunktion, welche wiederum basierend auf EC- und OC-Messungen standortspezifisch berechnet wird, korrigiert, sodass die Messwerte konsistent mit den an spezifischen Tagen gemessenen EC-Werten sind.²⁰ Das Messverfahren, welches in EBC-Werten resultiert, ist das aktuell empfohlene Verfahren, da dies schweizweite und internationale Vergleiche ermöglicht.²¹ Weitere Details zu den Messmethoden von Russ finden sich auch im Kapitel 2.2 des Berichts «Russbelastung in der Zentralschweiz».²² Aus diesem Grund ist ein Vergleich mit den Resultaten der Messperiode 2013 mit leichtem Vorbehalt durchzuführen; die generellen Muster haben sich durch die Korrektur von BC nach EBC aber nicht verändert.

Im Messbericht zur Analyseperiode 2013 konnte ein klarer saisonaler Gang der BC-Konzentrationen an den Standorten «Altdorf Zentrum» und «A2 Uri» festgestellt werden (weitere Standorte wurden nicht analysiert): eine Abnahme im Sommer gegenüber den Wintermonaten, welche hauptsächlich durch den Rückgang an Holzfeuerungen im Sommer zu erklären ist. Diese Schlussfolgerung deckt sich mit den vorliegenden Daten zur Analyseperiode 2022/23. Auch die beiden Peaks im Tagesgang der Russkonzentrationen finden sich in beiden Analyseperioden wieder. Hingegen liegen die gemessenen BC-Werte von 2013 teilweise deutlich (ca. $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) über den in der Analyseperiode 2022/23 gemessenen EBC-Werten. Da auch die NO_2 -Werte seit 2013 gesunken sind, könnte es sich hierbei um eine Reduktion der Luftbelastung durch den Verkehr handeln, z. B. durch eine insgesamt sauberere Fahrzeugflotte.

²⁰ Herich, H., Hüglin, Ch. (2013): Russbelastung in der Schweiz. Messungen im Rahmen des NABEL. EMPA

²¹ Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2021): Immissionsmessung von Luftfremdstoffen. Messempfehlungen, Stand 2021. Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 2104

²² inNET Monitoring AG (2022): Russbelastung in der Zentralschweiz. Auswertung der Russmessdaten von 2009 bis 2021

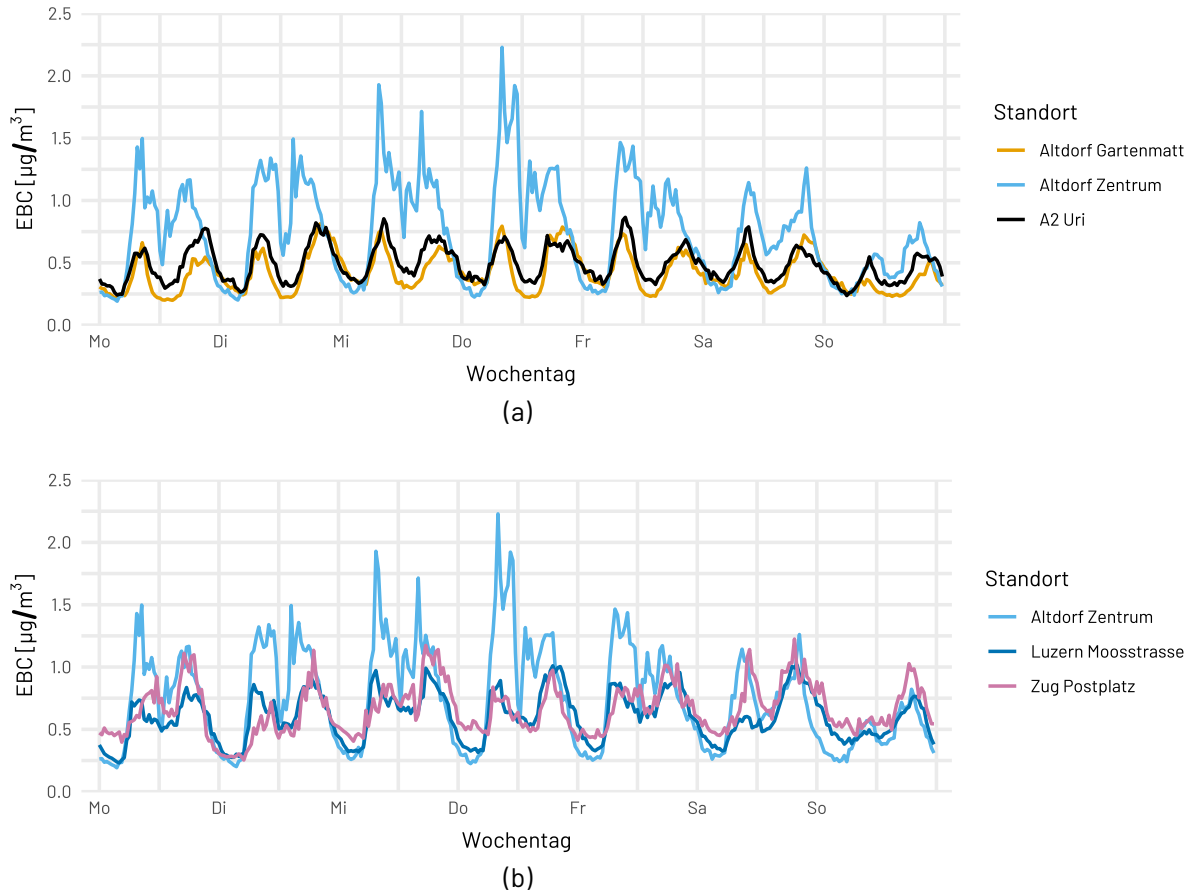


Abbildung 10: Wochengang der EBC-Immissionen von «Altdorf Zentrum» im Vergleich zu (a) Urner Stationen und (b) anderen städtischen Standorten.

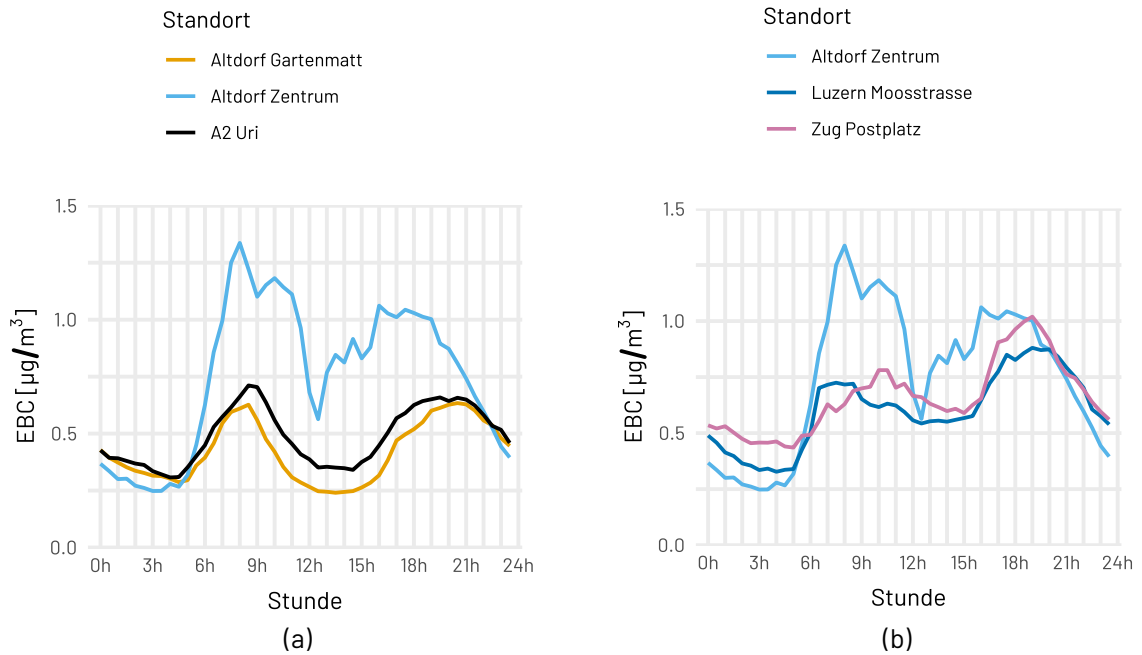


Abbildung 11: Mittlerer Tagesgang der EBC-Immissionen von «Altdorf Zentrum» im Vergleich zu (a) Urner Stationen und (b) anderen städtischen Standorten.

2.3. Fazit

Langzeitmessreihen von NO₂-Passivsammlern, sowie der Vergleich der vorliegenden Analyseperiode (November 2022 bis Mai 2023) mit dem Jahr 2013 zeigen eine deutliche Abnahme in den gemessenen Immissionen von NO₂, PM10 und EBC, dies sowohl im Zentrum von Altdorf als auch an den Referenzstationen. Abbildung 12 verdeutlicht diesen Rückgang: Die EBC-Konzentrationen haben sich in den zehn Jahren an den Standorten «Altdorf Zentrum», «A2 Uri» und «Luzern Moosstrasse» mehr als halbiert (für die anderen Standorte ist kein Vergleich möglich); für PM10 ist der Rückgang bei den städtischen Standorten «Luzern Moosstrasse» und «Zug Postplatz» am deutlichsten (Rückgang um ca. 60 % bzw. ca. 40 %), während Stickstoffdioxid am Standort «A2 Uri» ebenfalls um rund die Hälfte zurückging (für die anderen Standorte liegt der prozentuale Rückgang zwischen ca. 25 % und 45 %).

Für alle gemessenen Schadstoffe ist ein Einfluss des Verkehrs erkennbar (vgl. auch Kapitel 3.2 und 4.2), was bedeutet, dass eine Reduktion der Emissionen in diesem Bereich sehr wahrscheinlich eine der wesentlichen Ursachen für den Rückgang im Vergleich zu 2013 darstellt. Die hohen EBC-Werte in «Altdorf Zentrum» sind aber auch durch Holzfeuerungen beeinflusst, während sich für PM10 in der Analyseperiode 2022/23 im Wochengang auch das Einzelereignis der Silvesterfeier mit Feuerwerken niederschlägt. Ein gewisser Anteil der Unterschiede der beiden Vergleichsperioden kann auch auf meteorologische Effekte zurückzuführen sein.

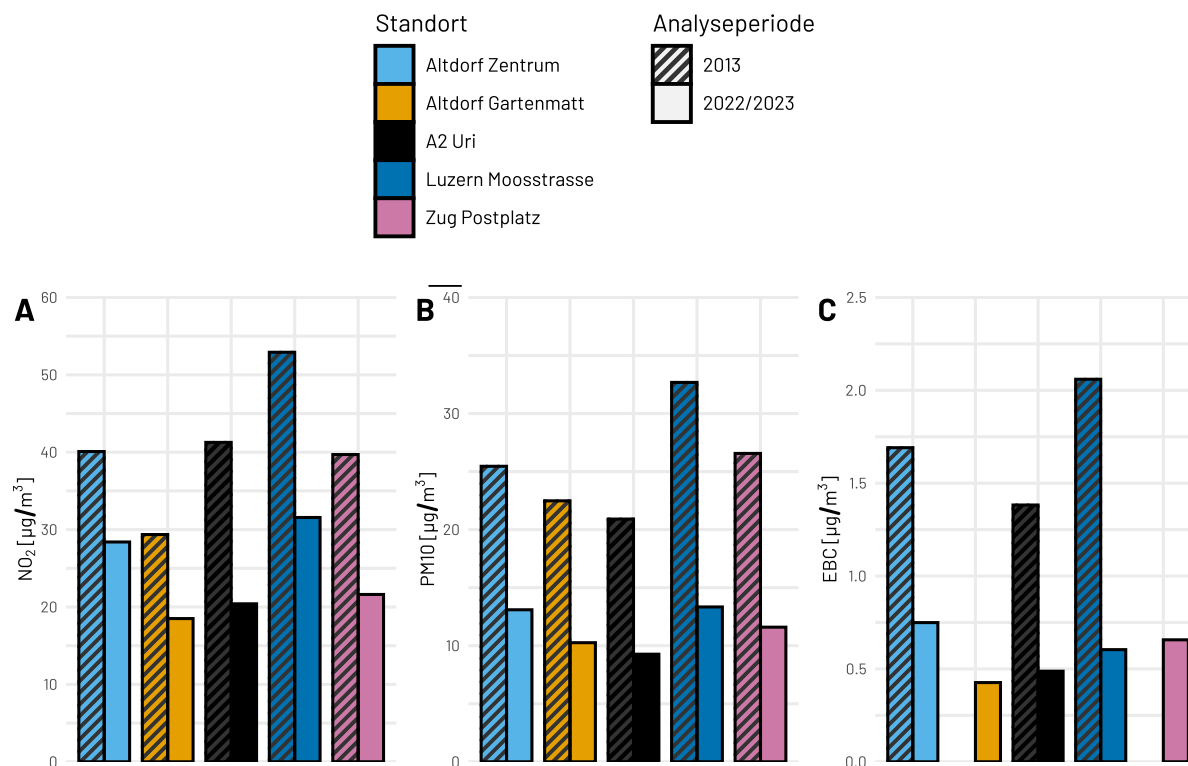


Abbildung 12: Vergleich der Immissionsmessungen der Analyseperiode 2013 (schraffierte Balken) mit der Analyseperiode 2022/23 für verschiedene Luftschadstoffe (A: NO₂, B: PM10, C: EBC) über die analysierten Standorte hinweg. Dargestellt ist der Mittelwert für die Messwerte in den Monaten November - Dezember und Januar - Mai, während für November nur Messwerte ab dem 25. des Monats und für Mai nur Messwerte bis zum 15. des Monats berücksichtigt wurden. Dies widerspiegelt die verfügbaren Messwerte für Altdorf Zentrum in der Analyseperiode 2022/23 und ermöglicht damit einen direkten Vergleich mit den anderen Standorten sowie der Analyseperiode 2013.

Trotz des festgestellten Rückgangs in den Luftschadstoffen in den letzten zehn Jahren sind die gemessenen Belastungen noch immer von gesundheitlicher Relevanz. Während nur einzelne Monatsmittelwerte für NO_2 in «Altdorf Zentrum» über dem Jahresmittelgrenzwert gemäss LRV ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) zu liegen kommen, überschreiten sie den von der WHO empfohlenen Jahresmittelgrenzwert²³ von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 5 von 7 analysierten Monaten. Die PM_{10} -Feinstaubbelastung überschreitet im Monatsmittel den Jahresmittelgrenzwert der LRV von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im vorliegenden Analysezeitraum 2022/23 nie, allerdings liegen die Werte vereinzelt über $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (was dem empfohlenen Jahresmittelgrenzwert der WHO entspricht) und mehrheitlich über $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Auch Werte unter den Grenzwerten können für die menschliche Gesundheit negative Auswirkungen haben. Die EBC-Werte in «Altdorf Zentrum» schliesslich überschreiten im Monatsmittel durchgängig und deutlich den empfohlenen Jahresmittelrichtwert der EKL von $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Der Standort «Altdorf Zentrum» bewegt sich bei allen Schadstoffen absolut gesehen über den Werten der anderen Urner Stationen; dies teilweise massiv. Für den Parameter EBC liegen die Zahlen für «Altdorf Zentrum» auch über denjenigen der anderen städtischen Standorte («Luzern Moosstrasse» und «Zug Postplatz»). Dies verdeutlicht die Bedeutung und Notwendigkeit von Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität am Standort «Altdorf Zentrum».

²³ World Health Organization WHO (2021). Global Air Quality Guidelines. Particulate Matter (PM_{2.5} and PM₁₀), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide. WHO, Geneva.

3. Verkehrszahlen

In diesem Kapitel werden die Verkehrszahlen der ASTRA-Zählstelle 591 (Altdorf Schmiedgasse) ausgewertet. Diese Zählstelle repräsentiert den Durchgangsverkehr durch Altdorf und beeinflusst auch die Immissionsmessungen an der Bahnhofstrasse massgeblich.²⁴ Die zweite Zählstelle, welche im Bericht der Messdaten 2013 von inNET Monitoring AG ausgewertet wurde (592, Altdorf Bahnhofstrasse), wurde im Jahr 2018 vom ASTRA an den Kanton Uri übergeben und hat dort die Nummer 6010. Zwischen dem 24.11.2022 und dem 31.01.2023 fiel diese Verkehrsstelle aus, weswegen in diesem Zeitraum keine Daten zur Verfügung stehen. Die Analysen der Zählstelle 6010 sind im Anhang im Kapitel 6.1 aufgeführt.

3.1. Methoden

Die dargestellten Zahlen beziehen sich immer auf die Summe beider Richtungen (Schattdorf und Flüelen). Die insgesamt 10 Verkehrskategorien des ASTRA werden, analog zum Messbericht mit Daten aus dem Jahr 2013, in vier Kategorien zusammengefasst. Diese Einteilung ist in Tabelle 2 im Detail ersichtlich.

Tabelle 2: Zuordnung der Verkehrsklassen des ASTRA (horizontal) zu den vier im Bericht verwendeten Klassen (vertikal).

| | Car / Bus | Motorrad | PW | PW mit Anhängen | Lieferwagen | Lieferwagen mit Anhängen | Lieferwagen mit Auflieger | Lastwagen | Lastenzug | Sattelzug |
|---|-----------|----------|----|-----------------|-------------|--------------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Bus | | | | | | | | | | |
| Personenkraftwagen (PKW) und Motorräder (MR) | | | | | | | | | | |
| Leichte Nutzfahrzeuge (LNF) | | | | | | | | | | |
| Schwere Nutzfahrzeuge (SNF) | | | | | | | | | | |

Für diesen Bericht wurden die Verkehrsdaten im Zeitbereich 01.11.2022 – 31.05.2023 analysiert. Wo nicht anders beschrieben, wurde die gesamte Analyseperiode verwendet. Die Datenanalysemethoden sind identisch derjenigen für Immissionsmessungen.

3.2. Ergebnisse

Analyseperiode November 2022 – Mai 2023

Der Verkehr an der Zählstelle 591 besteht hauptsächlich aus PKW und Motorrädern, wie Abbildung 13 zeigt. Am Gesamtverkehr hat diese Kategorie 85.2 % Anteil. Die zweithäufigste Kategorie besteht mit 10.9 % aus den leichten Nutzfahrzeugen (LNF), während die letzten zwei Kategorien mit je ca. 2 % einen sehr ähnlichen Anteil aufweisen (Busse: 2.0 %, schwere Nutzfahrzeuge (SNF) 1.9 %).

²⁴ inNET Monitoring AG (2014): Immissionsbelastung Altdorf Zentrum. Auswertung der Verkehrs- und Immissionsmessdaten im Zentrum von Altdorf im Jahr 2013

In Abbildung 14 wird ersichtlich, dass sowohl die absolute Anzahl als auch die Verteilung über die Verkehrskategorien über den Analysezeitraum hinweg recht konstant bleibt. Von Dezember 2022 bis Januar 2023 ist ein leichter Rückgang in der durchschnittlichen Anzahl Fahrzeuge pro Tag zu verzeichnen, welcher in der restlichen Analyseperiode bis März 2023 wieder ausgeglichen wird. Dieser Rückgang könnte auf die Feiertage in dieser Periode zurückzuführen sein.

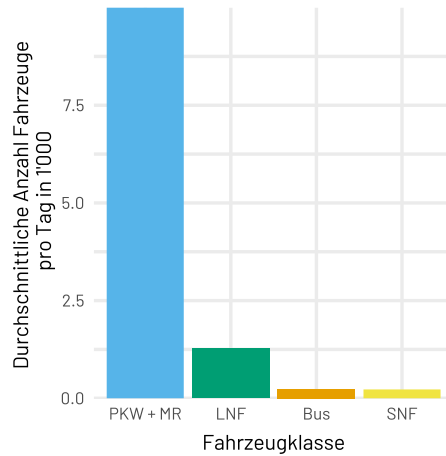


Abbildung 13: Durchschnittliche Anzahl Fahrzeuge pro Tag in 1'000, aufgeteilt in die vier definierten Fahrzeugklassen.

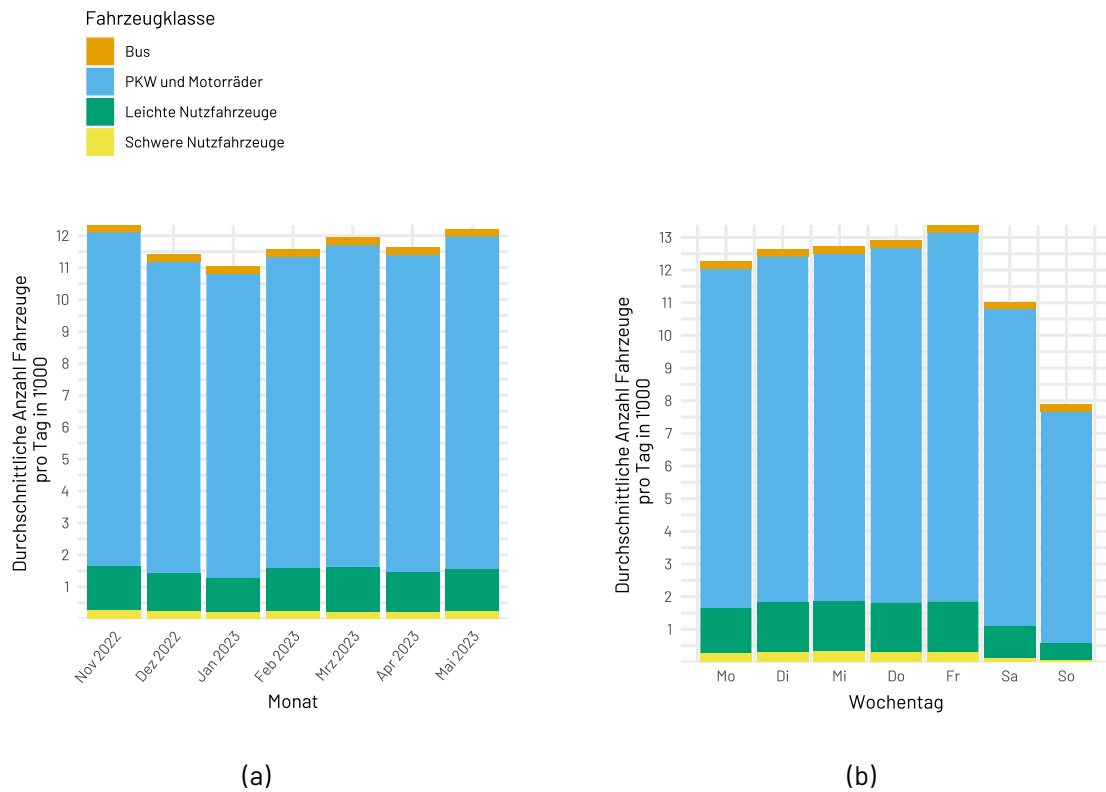


Abbildung 14: Durchschnittliche Anzahl Fahrzeuge pro Tag in 1'000, (a) pro Monat und (b) pro Wochentag.

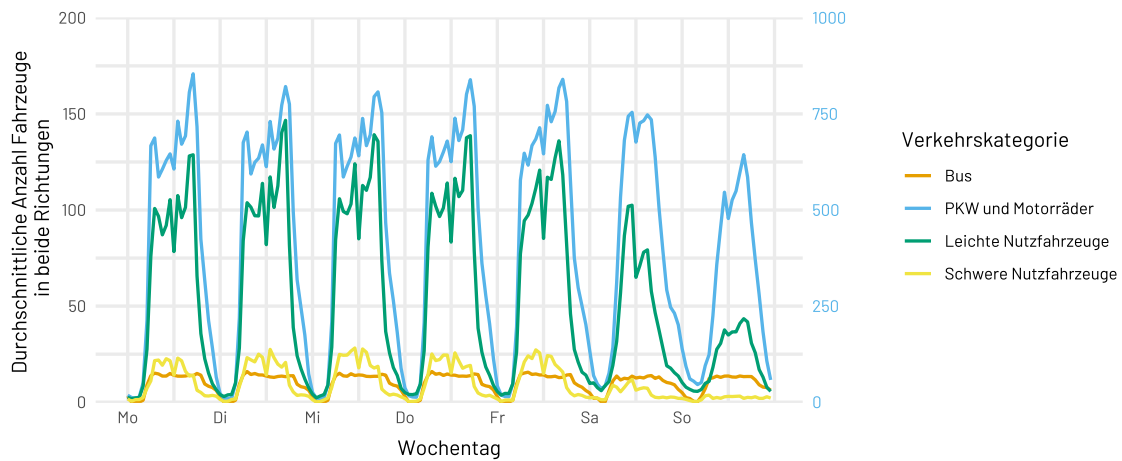


Abbildung 15: Wochengang der durchschnittlichen Verkehrszahlen nach Verkehrskategorie. Für die Kategorie «PKW und Motorräder» ist die Skala rechts gültig, für alle anderen Kategorien die Skala links.

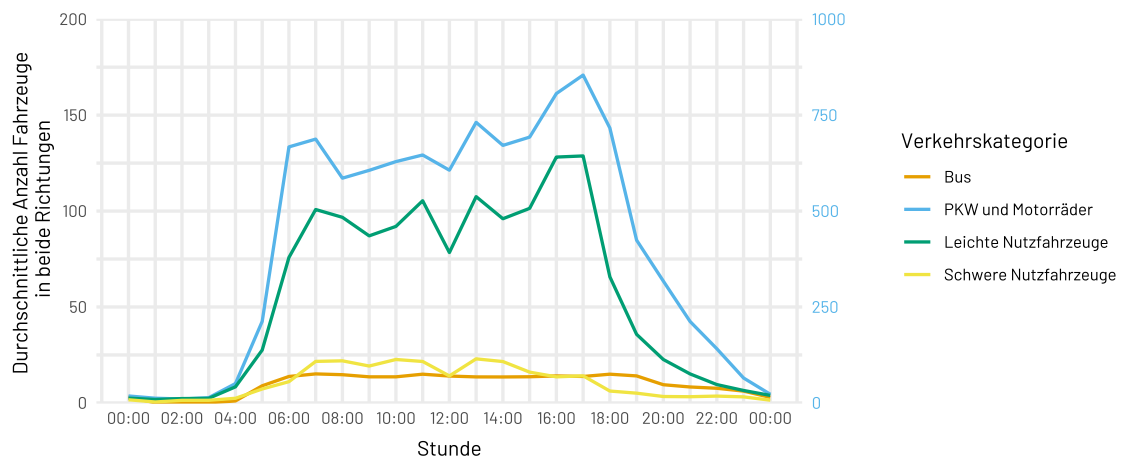


Abbildung 16: Tagesgang am Dienstag der durchschnittlichen Verkehrszahlen nach Verkehrskategorie. Für die Kategorie «PKW und Motorräder» ist die Skala rechts gültig, für alle anderen Kategorien die Skala links. Der Wert bei 00:00 h entspricht dabei jeweils der durchschnittlichen Verkehrszahl von 00:00 h-00:59 h, der Wert bei 01:00 h derjenigen von 00:01 h-01:59 h usw..

Die Unterschiede zwischen den Wochentagen fallen hingegen deutlich aus: erwartungsgemäss fahren unter der Woche erheblich mehr Fahrzeuge an der Zählstelle 591 vorbei als am Wochenende (Unterschied von rund 3'000 Fahrzeugen im Tagesdurchschnitt oder Reduktion um ca. einen Viertel von Wochentagen zum Wochenende). Die Reduktion erfolgt zweistufig; am Sonntag sind die Zahlen nochmals deutlich niedriger als am Samstag. Die relative Verkehrsreduktion von den Wochentagen aufs Wochenende ist für die verschiedenen Verkehrskategorien unterschiedlich stark ausgeprägt: Während der Rückgang bei Bussen nur rund 7.5 % beträgt, verzeichnen PKW und Motorräder eine Reduktion von 21.9 %, leichte Nutzfahrzeuge von 50.7 % und schwere Nutzfahrzeuge gar von 70.9 %.

Abbildung 15 zeigt den Wochengang der durchschnittlichen Verkehrszahlen nach Verkehrskategorie. Die Verläufe sehen für Mo - Fr relativ ähnlich aus, während Sa und So andere Verläufe zeigen. Um den Tagesgang genauer zu analysieren, wurde in Abbildung 16 der Dienstag ausgewählt, da dieser für die Arbeitstage repräsentativ scheint. Der Wert bei 00:00 h entspricht dabei jeweils der durchschnittlichen Verkehrszahl von 00:00 h-00:59 h, der Wert bei 01:00 h derjenigen von 00:01 h-01:59 h usw.. Im

Folgendes wird der Einfachheit halber jeweils nur die Anfangszeit genannt. Während Busse zwischen ca. 06:00 h und 19:00 h in relativ konstanten Zahlen verkehren, zeigen die drei anderen Kategorien eine Zunahme ab ca. 04:00 h mit steigenden Werten bis ca. 07:00 h. Ab diesem Zeitpunkt zeigen alle drei Kategorien zuerst wieder einen leichten Rückgang, gefolgt von einer ähnlich grossen Zunahme und schliesslich einem sichtbaren Einbruch in der Mittagszeit. Während die Zahlen der schweren Nutzfahrzeuge bereits ab 13:00 h schrittweise abzunehmen beginnen, erreichen die Zahlen der leichten Nutzfahrzeuge sowie der PKW und Motorräder um 17:00 Uhr das Tageshoch und zeigen danach eine starke Abnahme bis 19:00 h, welche sich dann bis Mitternacht etwas schwächer aber dennoch deutlich fortsetzt.

Vergleich mit 2013

Wie bereits bei den Immissionsmessungen diskutiert, gilt es auch hier beim Vergleich zum Bericht der Daten von 2013 Vorsicht walten zu lassen, wenn es um Aussagen über die gesamte Analyseperiode geht. Beide Messperioden (das Jahr 2013 sowie die Periode November 2022-Mai 2023) zeigen aber, dass die Kategorie PKW und Motorräder die mit Abstand höchsten Zahlen aufweist.

Der relative Anteil der leichten Nutzfahrzeuge ist in der vorliegenden Analyseperiode mit über 10 % deutlich höher als im Jahr 2013 (rund 4 %) – ein Unterschied, welcher auch bestehen bleibt, wenn nur die Monate Jan-Mai und Nov-Dez im Jahr 2013 betrachtet werden (siehe Abbildung 17). Im Zentrum von Altdorf hat sich also die Aufteilung des Verkehrsaufkommens in die verschiedenen Verkehrskategorien über die letzten zehn Jahre verschoben, hin zu einem höheren Anteil von leichten Nutzfahrzeugen. Die absoluten Verkehrszahlen zeigen: während 2013 von Jan - Mai und von Nov - Dez im täglichen Durchschnitt jeweils rund 450 Fahrzeuge der Kategorie unterwegs waren, fuhren in der Analyseperiode 2022/23 im Schnitt 1'275 leichte Nutzfahrzeuge an der Zählstelle 591 vorbei.

Beim Vergleich der Verkehrszahlen mit der Analyseperiode 2013 fällt zudem auf, dass die Kategorie «PKW und Motorräder» um durchschnittlich ca. 1'500 Fahrzeuge pro Tag zurückgegangen ist. Während 2013 hingegen in besagten Monaten die Busse und die schweren Nutzfahrzeuge kaum je über die durchschnittliche Tagesanzahl von 200 (im Monatsmittel) fallen, zeigt sich in diesen Kategorien eine Zunahme gegenüber 2013: Im Schnitt über die 7 analysierten Monate waren in der aktuellen Analyseperiode 2022/23 rund 235 Busse und 225 schwere Nutzfahrzeuge täglich unterwegs.

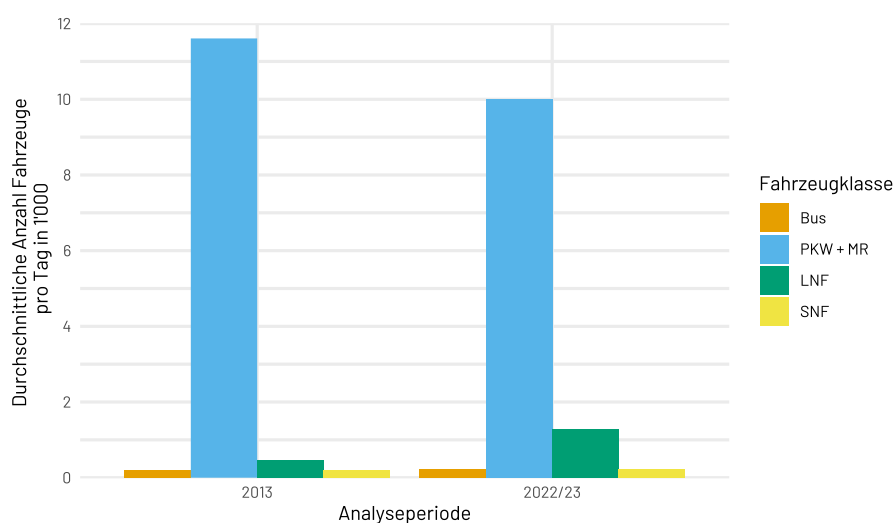


Abbildung 17: Vergleich der durchschnittlichen täglichen Verkehrszahlen der vier Verkehrskategorien zwischen den beiden Analyseperioden 2013 und 2022/23; betrachtet wurden in beiden Analyseperioden die Monate Januar bis Mai und November bis Dezember.

4. Verkehrsemissionsberechnungen

Um zu untersuchen, inwiefern das Immissionsgeschehen an einem Standort durch den Verkehr beeinflusst wird, können Emissionsberechnungen für den Verkehr beigezogen werden. Für den Standort «Altdorf, Zentrum» werden in diesem Kapitel die Berechnungen mit Verkehrsdaten der nahe gelegenen Zählstelle 591 sowie Emissionsfaktoren für verschiedene Fahrzeugkategorien präsentiert.

4.1. Methoden

Für die Emissionsberechnungen wurden Verkehrsdaten des ASTRA am Standort 591 «Altdorf Schmiedgasse» für den Zeitraum von November 2022 bis Mai 2023 herbeigezogen. Die zehn Kategorien der Verkehrszählung nach Schema Swiss10 wurden in sechs Kategorien gemäss Tabelle 3 eingeteilt. Weiter wurden die Stundendaten in separater Fahrtrichtung zu Tagessummen aufsummiert. Diese Tagessummen wurden mit Emissionsfaktoren der jeweiligen Fahrzeugkategorie multipliziert, welche mithilfe des Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA) v4.2.2 berechnet wurden. Ein Emissionsfaktor beziffert, welche Menge eines bestimmten Schadstoffes durch ein Fahrzeug beim Zurücklegen einer bestimmten Strecke emittiert wird. Es wurden Emissionsfaktoren für die Schadstoffe NO_x, PM10 sowie Russ (Black Carbon, BC) mit folgenden Annahmen berechnet:

- Als Referenzjahr wurde das Jahr 2023 verwendet.
- Die Längsneigung (Steigung) beträgt 0 %.
- Es handelt sich um eine Hauptverkehrsstrasse in einem Agglomerationsgebiet.
- Der Verkehr ist durch langsames Vorankommen und häufiges Anhalten gekennzeichnet (stop+go).
- Schweizerische Temperaturbedingungen sowie der schweizerische Flottenmix wurden verwendet (REF_CH_HB42).

Tabelle 3: Zuweisung der Fahrzeugklassifizierung nach Schema «Swiss 10» zu Fahrzeugtypen für die Anwendung im HBEFA.

| Fahrzeugklassifizierung nach Schema Swiss10 | | Fahrzeugtyp nach HBEFA | |
|---|----------------------------|------------------------|------------------------------|
| Nr. | Bezeichnung | Abkürzung | Bezeichnung |
| 1 | Bus, Car | RBus | Reisebus ²⁵ |
| | | LBus | Linienbus ²⁴ |
| 2 | Motorrad | KR/MR | Kraftrad/Motorrad |
| 3 | Personenwagen | PKW | Personenkraftwagen und Kombi |
| 4 | Personenwagen mit Anhänger | | |
| 5 | Lieferwagen | LNF | Leichte Nutzfahrzeuge |
| 6 | Lieferwagen mit Anhänger | | |
| 7 | Lieferwagen mit Auflieger | | |
| 8 | Lastwagen | SNF | Schwere Nutzfahrzeuge |
| 9 | Lastenzug | | |
| 10 | Sattelzug | | |
| 99 | Ungültig | - | - |

²⁵ Linienbusse und Cars werden bei der Swiss10-Kategorisierung nicht unterschieden, im HBEFA4.2 hingegen schon. Daher wurde die Annahme getroffen, dass sich die Swiss10-Kategorie Busse zu ¾ aus Linienbussen und zu ¼ aus Reisebussen zusammensetzt.

4.2. Ergebnisse

4.2.1. Anteil der Fahrzeugkategorien

Personenkraftwagen (PKW) tragen 55 % der berechneten NO_x -Verkehrsemissionen am Standort «Altdorf, Zentrum» im Zeitraum November 2022 bis Mai 2023 bei (Abbildung 18). Weitere 16 % der Emissionen entfallen auf leichte Nutzfahrzeuge (LNF), 14 % auf Linienbusse (LBus) und 11 % auf schwere Nutzfahrzeuge (SNF). Die NO_x -Emissionen von Motorrädern (MR) sind vernachlässigbar. Es wird deutlich, dass die Fahrzeugkategorie PKW im Vergleich zu ihrem Anteil am Verkehrsaufkommen (Abbildung 13) weniger beiträgt als die drei Kategorien LNF, LBus sowie SNF.

Dieser Sachverhalt ist noch ausgeprägter für die beiden Schadstoffe PM_{10} und Russ (BC). Während PKWs mit 38 % immer noch die grösste verkehrsbedingte Quelle von PM_{10} sind, wird von LNF mehr Russ ausgestossen als von allen anderen Kategorien (knapp 37 %). Der Anteil von LNF an den PM_{10} -Emissionen liegt mit 24 % deutlich höher als in den Berechnungen des Jahres 2013, wo LNF lediglich 13 % der verkehrsbedingten PM_{10} -Emissionen verursachten. Einen stark überproportionalen Anteil an den PM_{10} - und BC-Emissionen im Vergleich zum Verkehrsanteil steuern Motorräder bei. Ungefähr 13 % der PM_{10} - und 7 % der BC-Emissionen entfallen auf diese Fahrzeugkategorie.

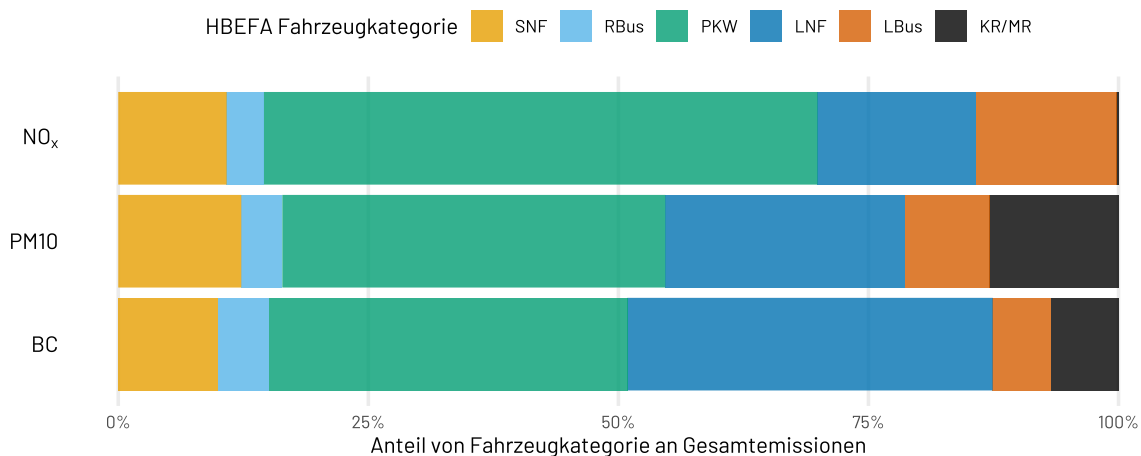


Abbildung 18: Anteil der einzelnen Fahrzeugkategorien an den berechneten Gesamtemissionen der Luftschadstoffe PM_{10} , NO_x und BC in Altdorf. Für die Berechnungen wurden Emissionsfaktoren für das Jahr 2023 mithilfe von HBEFA 4.2.2 berechnet sowie Verkehrsdaten zwischen November 2022 und Mai 2023 der Zählstelle 591 «Altdorf, Schmiedgasse» verwendet.

4.2.2. Wochengang nach Fahrzeugkategorie

Zwischen November 2022 und Mai 2023 sind die verkehrsbedingten Emissionen von NO_x , PM_{10} sowie Russ (BC) während der Arbeitswoche deutlich höher als am Wochenende (Abbildung 19). So werden nach den Berechnungen an Sonntagen nur etwa 50 - 55 % der durchschnittlichen Emissionen eines Freitags erreicht. Die Immissionsmessungen am Standort «Altdorf, Zentrum» widerspiegeln dieses Muster: im Vergleich zu den Werktagen gehen die gemessenen NO_x -Immissionen um ca. 33 % zurück, während die gemessenen PM_{10} -Immissionen einen prozentualen Rückgang von ca. 16 % aufzeigen (vgl. auch Abbildung 4, Abbildung 7 und Abbildung 10). Es liegt also nahe, dass das Immissionsgeschehen an diesem Messstandort durch den Verkehr beeinflusst wird, wobei dieser Einfluss für NO_x deutlicher zum Vorschein kommt als für PM_{10} . Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass NO_x -Immissionsmessungen stärker von lokalen Emissionen beeinflusst werden als PM_{10} , da Feinstaub in der Luft über grössere Distanzen transportiert wird.

Mit der neuen Ost-West-Verbindung (WOV) wird sich das Verkehrsvolumen reduzieren. Trotz vielen Fussgängerübergängen kann dies den Verkehrsfluss verbessern. Eine konstante Geschwindigkeit und weniger Anhalte- und Anfahrvorgänge führen grundsätzlich zu geringeren Fahrzeugemissionen, was das Immissionsgeschehen positiv beeinflusst. Hingegen ist fraglich, ob die erwähnte Volumenreduktion alle Fahrzeugkategorien gleichermaßen betrifft. Gerade Busse aber auch Motorräder könnten in Zukunft in gleichbleibender Anzahl das Zentrum von Altdorf passieren. Da diese beiden Fahrzeugkategorien im Verhältnis zu deren Anzahl stark zu den Emissionen beitragen, werden sich die Emissionen nicht zwingend proportional zur Reduktion des Verkehrsvolumens verhalten.

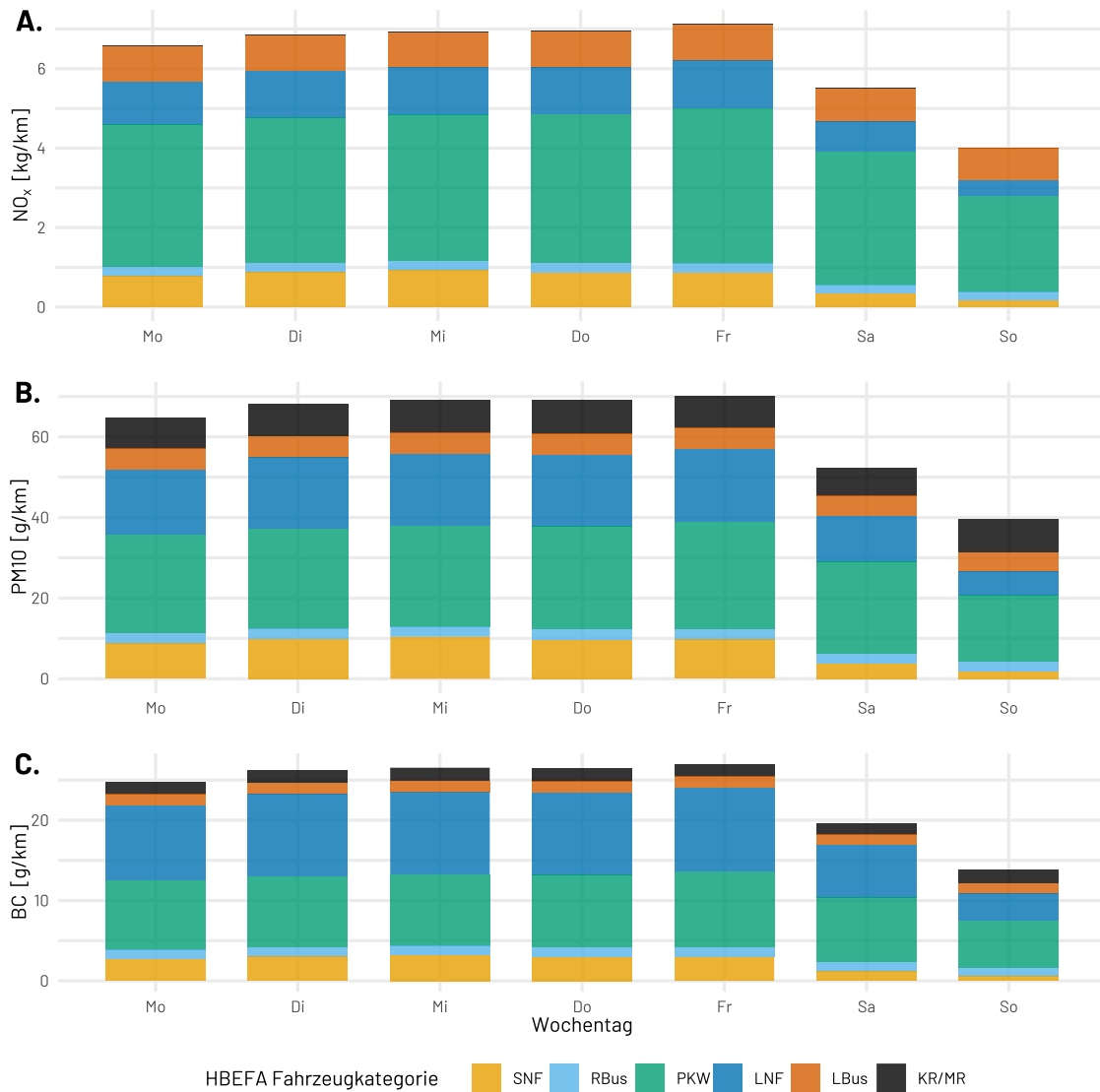


Abbildung 19: Wochengang der berechneten Verkehrsemissionen der Schadstoffe NO_x (A.), PM10 (B.) sowie Russ (Black Carbon, C.) aufgeschlüsselt nach Fahrzeugkategorie für den Zeitraum zwischen November 2022 und Mai 2023 am Standort «Altdorf Zentrum».

4.2.3. Emissionsfaktoren 2013 – 2028

Für eine Veranschaulichung der Entwicklung der Fahrzeugemissionen über die Jahre wurden ebenfalls Emissionsfaktoren für die Jahre 2013, 2018, 2023 sowie 2028 berechnet. Die Emissionsfaktoren zeigen, dass die Emissionen von NO_x, PM10 und Russ (BC) pro Fahrzeug und zurückgelegter Strecke stark

zurückgingen. Dies ist klar auf immer strenger werdende Abgasnormen der Europäischen Union zurückzuführen, welche die Schweiz seit 1995 jeweils übernimmt.²⁶

Die Emissionsfaktoren zeigen, dass auch ohne eine Umfahrung und bei gleichbleibender Verkehrssituation am Standort «Altdorf Zentrum» mit einer Verbesserung der lufthygienischen Situation gerechnet werden könnte. Gerade bei Bussen und schweren Nutzfahrzeugen (SNF) wird der zukünftige Flottenmix nochmals deutlich weniger Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer verursachen. Die Verringerung der PM10-Emissionen ist mit Vorsicht zu geniessen. Bereits heute ist bekannt, dass ein Grossteil der PM10-Immissionen nicht direkt aus dem Verbrennungsprozess stammt, sondern aus anderen Quellen wie zum Beispiel Pneu- und Bremsabrieb oder aus der Aufwirbelung von zuvor deponiertem Feinstaub.²⁷

Mit der WOV kann auf regionaler Ebene eine Verbesserung der Verkehrssituation erreicht werden. In vielen Fällen führen neue Strassen auf lange Sicht jedoch zu einer Zunahme der Anzahl Fahrzeuge sowie der Anzahl zurückgelegter Kilometer. Beides wirkt dem Fortschritt in der Verbrennungs- und Abgasreinigungstechnologie entgegen.

Tabelle 4: Emissionsfaktoren für NO_x in g/km im stop+go Betrieb berechnet mit dem HBEFA 4.2.2 für den durchschnittlichen Schweizer Flottenmix der Jahre 2008, 2013, 2018, 2023 und 2028.

| Fahrzeugkategorie | Jahr | | | | |
|-------------------|-------|-------|------|------|------|
| | 2008 | 2013 | 2018 | 2023 | 2028 |
| PKW | 0.66 | 0.67 | 0.54 | 0.35 | 0.20 |
| LNF | 1.58 | 1.61 | 1.28 | 0.77 | 0.40 |
| Rbus | 18.61 | 14.85 | 8.25 | 3.91 | 1.90 |
| LBus | 19.75 | 14.55 | 8.01 | 4.91 | 2.60 |
| KR/MR | 0.19 | 0.18 | 0.12 | 0.06 | 0.03 |
| SNF | 15.43 | 13.41 | 7.41 | 3.08 | 1.44 |

Tabelle 5: Emissionsfaktoren für PM10 in g/km im stop+go Betrieb berechnet mit dem HBEFA 4.2.2 für den durchschnittlichen Schweizer Flottenmix der Jahre 2008, 2013, 2018, 2023 und 2028.

| Fahrzeugkategorie | Jahr | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2008 | 2013 | 2018 | 2023 | 2028 |
| PKW | 0.0162 | 0.0085 | 0.0043 | 0.0024 | 0.0014 |
| LNF | 0.1221 | 0.0616 | 0.0247 | 0.0115 | 0.0072 |
| Rbus | 0.6164 | 0.2622 | 0.1073 | 0.0425 | 0.0223 |
| LBus | 0.3870 | 0.1202 | 0.0483 | 0.0291 | 0.0157 |
| KR/MR | 0.0547 | 0.0335 | 0.0326 | 0.0316 | 0.0306 |
| SNF | 0.4498 | 0.1645 | 0.0760 | 0.0345 | 0.0157 |

²⁶ Bundesamt für Umwelt BAFU (2019). Entwicklung der schweizerischen Gesetzgebung im Bereich der Abgasemissionen von Motorfahrzeugen und Maschinen. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/fachinfo-daten/entwicklung_der_schweizerischengesetzgebungimbereichderabgasemis.pdf (letzter Zugriff: 28.08.2023)

²⁷ Grange, S. K. et al. (2021). Switzerland's PM10 and PM2.5 environmental increments show the importance of non-exhaust emissions. Atmospheric Environment: X, 12, 100145. <https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2021.100145>

Tabelle 6: Emissionsfaktoren für Russ(BC) in g/km im stop+go Betrieb berechnet mit dem HBEFA 4.2.2 für den durchschnittlichen Schweizer Flottenmix der Jahre 2008, 2013, 2018, 2023 und 2028.

| Fahrzeugkategorie | Jahr | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2008 | 2013 | 2018 | 2023 | 2028 |
| PKW | 0.0112 | 0.0046 | 0.0021 | 0.0009 | 0.0003 |
| LNF | 0.0934 | 0.0445 | 0.0182 | 0.0066 | 0.0029 |
| RBus | 0.3961 | 0.1812 | 0.0673 | 0.0199 | 0.0059 |
| LBus | 0.2021 | 0.0666 | 0.0211 | 0.0076 | 0.0031 |
| KR/MR | 0.0090 | 0.0061 | 0.0061 | 0.0064 | 0.0061 |
| SNF | 0.2976 | 0.1168 | 0.0415 | 0.0106 | 0.0033 |

4.3. Fazit

Die Emissionsberechnungen des Verkehrs deuten darauf hin, dass das Immissionsgeschehen am Standort «Altdorf Zentrum» vom Verkehr geprägt ist. Gerade an den arbeitsfreien Tagen fallen die Emissionen der drei Schadstoffe NO_x, PM10 sowie Russ(BC) deutlich tiefer aus als an den Wochentagen, was exakt den Beobachtungen der Immissionsmessungen entspricht. Dieses Muster ist allerdings bei den Schadstoffen NO_x und BC deutlicher als beim Feinstaub.

Es ist insgesamt davon auszugehen, dass eine Umfahrung des Zentrums von Altdorf und eine damit verbundene Reduktion des Verkehrsvolumens zu einer lokalen Verbesserung der Luftqualität führen wird.

5. Schlussfolgerung und Ausblick

Die absoluten Immissionswerte sind im Vergleich zur Analyseperiode 2013 in der vorliegenden Analyseperiode 2022/23 für alle gemessenen Luftschadstoffe gesunken, dies teilweise deutlich. Trotz des festgestellten Rückgangs in den Luftschadstoffen in den letzten zehn Jahren sind die gemessenen Belastungen aber noch immer von Bedeutung und kommen im Monatsmittel teilweise deutlich über den empfohlenen Jahresmittelgrenzwerten zu liegen. Zudem sind auch negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit von Werten unterhalb der empfohlenen Grenzwerte belegt. Der Standort «Altdorf Zentrum» bewegt sich bei den Schadstoffen PM10, NO₂ und Russ (gemessen an EBC) absolut gesehen über den Werten der beiden anderen Urner Stationen; dies teilweise massiv. Zudem ist das Zentrum von Altdorf das am dichtesten besiedelte und am stärksten genutzte Gebiet des Kantons. All dies verdeutlicht die Bedeutung und Notwendigkeit von Massnahmen zur weiteren Verbesserung der Luftqualität an diesem Standort.

Für die gemessenen Luftschadstoffe NO₂ und EBC am Standort «Altdorf Zentrum» ist der Einfluss des Verkehrsaufkommens deutlich erkennbar – eine Schlussfolgerung, welche durch die Emissionsberechnungen des Verkehrs bekräftigt wird. Auch für PM10 lassen die Wochengänge einen Einfluss des Verkehrs vermuten, allerdings weniger deutlich als bei den anderen Luftschadstoffen. Es ist insgesamt davon auszugehen, dass eine Umfahrung des Zentrums von Altdorf und eine damit verbundene Reduktion des Verkehrsvolumens zu einer lokalen Verbesserung der Luftqualität führen wird. Hingegen wird die Verringerung der Immissionen nicht proportional zur Reduktion der Verkehrszahlen verlaufen, da unterschiedliche Verkehrskategorien verschiedene Anteile der Luftverschmutzung ausmachen. Eine Verkehrsreduktion wird aber nicht ausreichend sein, um die Russbelastung unter den von der EKL empfohlenen Richtwert zu senken, da wesentliche Anteile von biogenen Quellen (Holzfeuerungen) stammen²⁸.

Basierend auf den Ergebnissen dieses Berichts können im Spezifischen folgende Empfehlungen für Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität am Standort «Altdorf Zentrum» gegeben werden:

- Eine Verkehrsreduktion im Zentrum von Altdorf wird sich positiv auf die Luftqualität am Standort auswirken, daher soll die Umsetzung der WOV und der flankierenden Massnahmen weitergeführt werden.
- Eine Reduktion der Anzahl Motorräder oder gar ein Durchfahrtsverbot für Motorräder im Zentrum von Altdorf und/oder gezielte Massnahmen zur Emissionsreduktion dieser Verkehrskategorie könnten verhältnismässig viel zur Verbesserung der Luftqualität beitragen.
- Auch Massnahmen zur Förderung des Umstiegs von Motorrädern auf E-Bikes könnten aus Sicht der Luftqualität und der Lärmemissionen wirksam sein.
- Massnahmen für ÖV, Fahrrad- oder Fusswege im Zentrum von Altdorf sollten weiter verstärkt werden, damit die WOV nicht insgesamt zu mehr Fahrkilometern führt und die Immissionsbelastungen nur verlagert werden.
- Der Einsatz von Filtersystemen für Holzfeuerungs-Kleinanlagen sollte geprüft werden, um die Russbelastung längerfristig möglichst unter den empfohlenen Referenzwert der EKL zu bringen.

Aus wissenschaftlicher Sicht ist es zentral, die Immissionsmessungen in Zukunft weiterzuführen bzw. nach Umsetzung der WOV und der flankierenden Massnahmen zu wiederholen. Die Langzeitmessreihen der NO₂-Passivsammler erweisen sich als zuverlässige Grösse, um längerfristige Trends festzustellen. Gleichzeitig erlauben projektspezifische Immissionsmessungen weiterer Parameter detaillierte Einblicke in die lokale Luftqualität, welche insbesondere für die Beurteilung spezifischer Massnahmen von grossem Wert sein können.

²⁸ inNET Monitoring AG (2022): Russbelastung in der Zentralschweiz. Auswertung der Russmessdaten von 2009 bis 2021

6. Anhang

6.1. Verkehrszahlen für die Zählstelle 6010

Insgesamt zeigt die Zählstelle 6010 deutlich tiefere Verkehrszahlen (knapp 4'000 Fahrzeuge pro Tag im Vergleich zu rund 10'000 an der Zählstelle 591) und eine leicht andere Verteilung über die Kategorien hinweg; ansonsten sind die Muster grösstenteils identisch. Im Folgenden werden die gleichen Abbildungen, wie sie für die Zählstelle 591 im Kapitel 3.2 im Detail beschrieben sind, präsentiert.

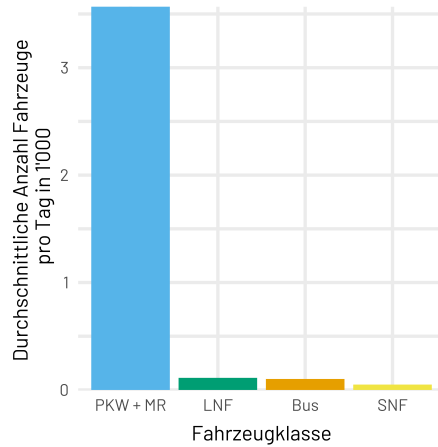


Abbildung 20: Durchschnittliche Anzahl Fahrzeuge pro Tag in 1'000, aufgeteilt in die vier definierten Fahrzeugklassen.

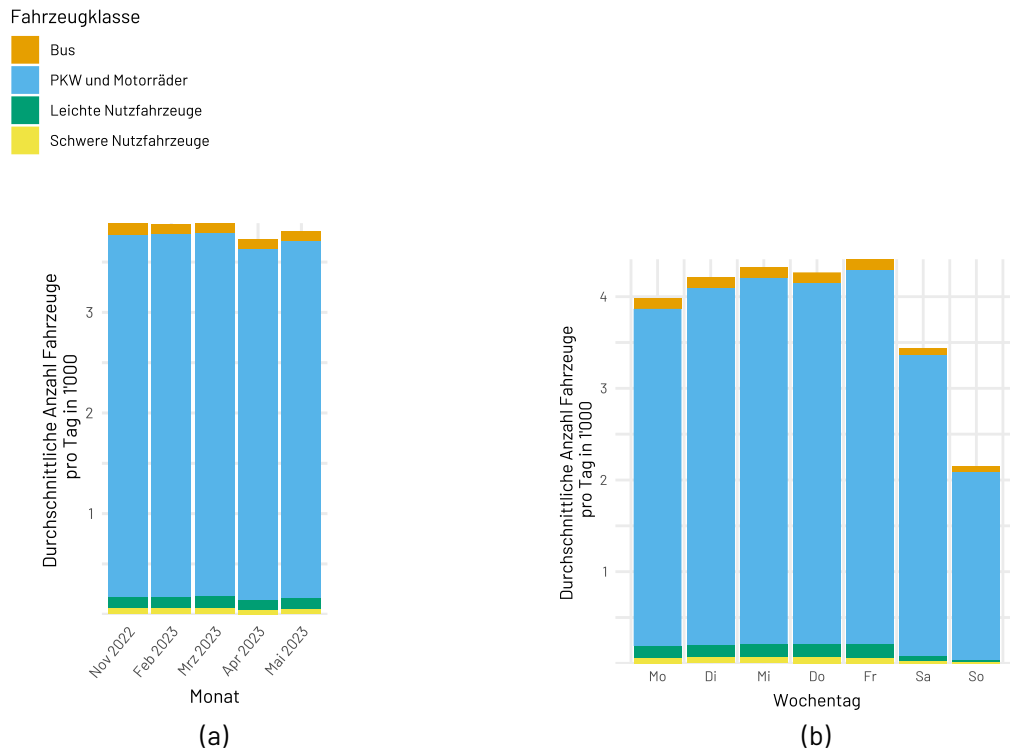


Abbildung 21: Durchschnittliche Anzahl Fahrzeuge pro Tag in 1'000, (a) pro Monat und (b) pro Wochentag.

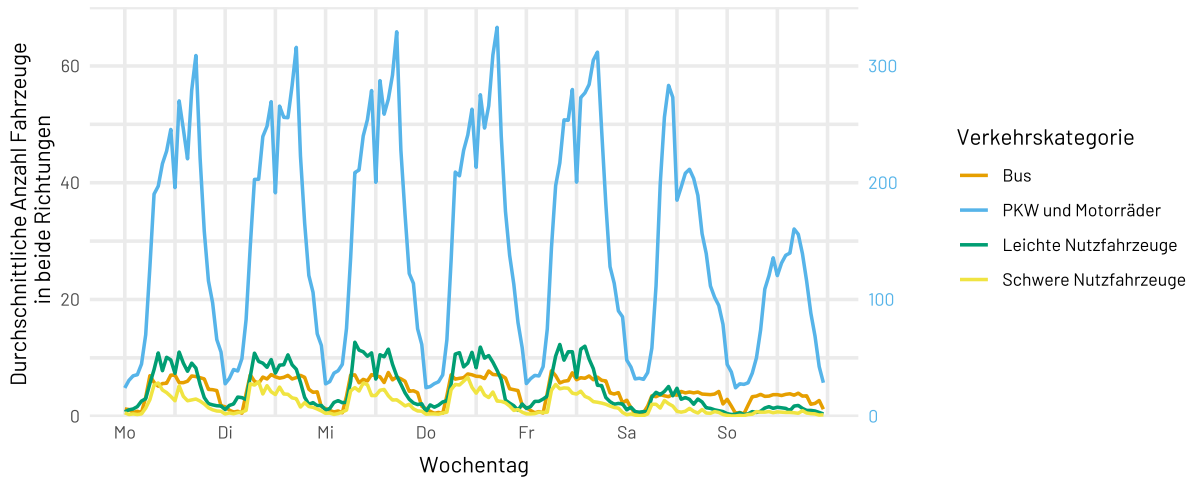


Abbildung 22: Wochengang der durchschnittlichen Verkehrszahlen nach Verkehrskategorie. Für die Kategorie «PKW und Motorräder» ist die Skala rechts gültig, für alle anderen Kategorien die Skala links.

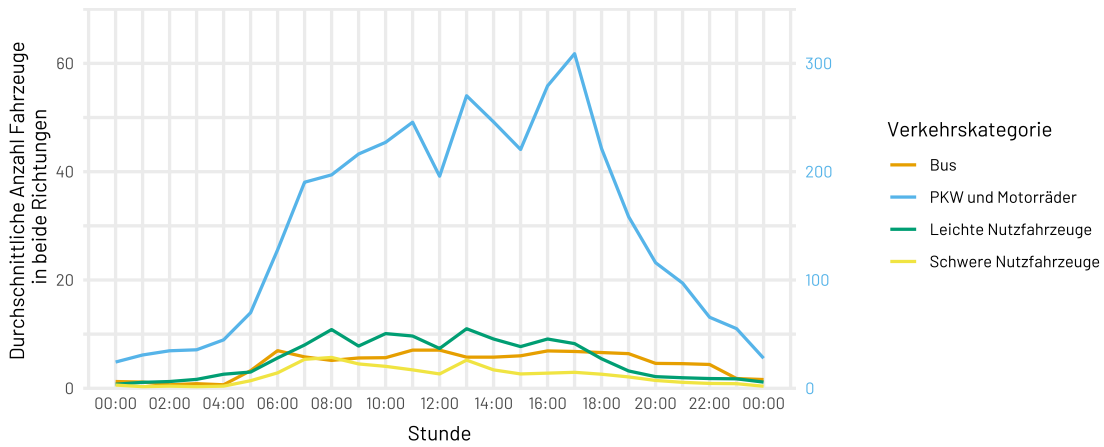


Abbildung 23: Tagesgang am Dienstag der durchschnittlichen Verkehrszahlen nach Verkehrskategorie. Für die Kategorie «PKW und Motorräder» ist die Skala rechts gültig, für alle anderen Kategorien die Skala links. Der Wert bei 00:00 h entspricht dabei jeweils der durchschnittlichen Verkehrszahl von 00:00 h-00:59 h, der Wert bei 01:00 h derjenigen von 00:01 h-01:59 h usw..