

Luftschadstoffmessungen der Kantonsschule Baden

Roger Deuber | Kantonsschule Baden | in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Umwelt und der Stadtökologie Baden | 062 835 33 60

Um die Folgen des Umbaus des Schulhausplatzes auf die Emissionskonzentrationen von Stickstoffdioxid zu untersuchen, setzten wir – Schülerinnen und Schüler des Schwerpunktfachs Biologie/ Chemie der Kanti Baden – uns im August 2018 mit Luftschadstoffen auseinander. So massen wir konkret die Stickstoffdioxid- und Ozon-Konzentration in der Luft, um mögliche Folgen für das Stadtzentrum Baden und dessen Peripherie herauszufinden.

Um die Genauigkeit unserer Messwerte abzuschätzen, erstellten wir einen Vergleich mit den Onlinemesswerten der Messstation der Kantonsschule Baden (Schönaustrasse). Unsere Werte wiesen eine ziemlich genaue Übereinstimmung mit den Werten der Messstation auf. Sie lagen im dem zu erwartenden Fehlerbereich von plus/minus zehn Prozent. Somit können wir festhalten, dass wir uns auf unsere Messwerte verlassen können und keine Anpassungen notwendig sind.

Von Stickstoff zu Ozon

Bei Verbrennungsmotoren ermöglichen die hohen Temperaturen, dass Stickstoff (N) mit Sauerstoff (O_2) – beides ist in der Luft vorhanden – reagiert. Das entstandene Stickstoffmonoxid (NO) reagiert wiederum mit or-

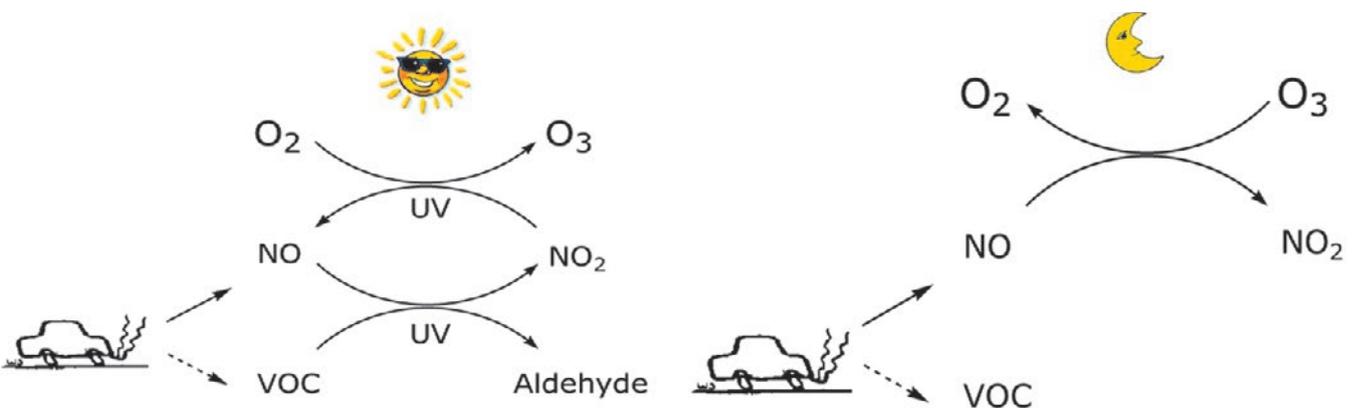
ganischen Lösungsmitteln (sogenannten VOC) und mit Hilfe der UV-Strahlung der Sonne zu Stickstoffdioxid (NO_2). Durch die UV-Strahlung zerfällt wiederum das Stickstoffdioxid und reagiert mit Sauerstoff zu Ozon (O_3).

Ozon ist schädlich für unsere Atemwege und schädigt das Chlorophyll der Pflanzen. Um die Natur und auch uns Menschen zu schützen, müssen die NO/NO_2 -Emissionen dringend verringert werden.

Aus diesem Grund verglichen wir in Zusammenarbeit mit der Stadtökologie Baden und der Abteilung für Umwelt die Konzentration von Stickstoffdioxid (NO_2) im Gebiet der früheren gemeinsamen Projekte von 2014 (vor dem Umbau) und 2016 (während dem Umbau) mit der jetzigen Situation kurz nach dem Umbau des Schulhausplat-

zes (siehe dazu UMWELT AARGAU Nr. 67, Februar 2015, Seite 15 und Nr. 73, Februar 2017, Seite 17). Zum einen ist NO_2 ein Schadstoff, der Lungenreizungen und Schäden an Pflanzen verursachen kann, andererseits ein Anzeiger für das Ozonbildungspotenzial. Dies ist von grösserer Bedeutung, da die Ozonkonzentration bei günstigen Bedingungen sehr schnell hohe Werte erreichen kann.

Das Ziel des Umbaus der Schulhausplatzkreuzung war es, den Stau zu reduzieren. Dies wurde unter anderem durch eine verbesserte Koordination zwischen den Ampeln ermöglicht. So müssen die Autos und Busse in der Region Baden an weniger Ampeln stehen bleiben. Bei der Schulhausplatzkreuzung fahren die Busse neu durch Unterführungen, damit sie während den Stosszeiten nicht im Stau stecken bleiben. Dies wirkt sich schlussendlich positiv auf die NO_2 -Konzentration aus. Mit unseren Messungen wollten wir herausfinden, ob sich der Umbau auch in Bezug auf die Luftschadstoffemissionen gelohnt hat.



Stickstoffmonoxid (NO) aus Verbrennungsmotoren reagiert mit den sogenannten flüchtigen organischen Stoffen (VOC) und unter Einfluss des Sonnenlichts am Tag zu Stickstoffdioxid (NO_2). Dieses ist an der Entstehung von Ozon (O_3) massgeblich beteiligt. In der Nacht wird Ozon in verkehrsreichen Gebieten mit verkehrsbedingtem Stickstoffmonoxid infolge fehlender UV-Strahlung zu Stickstoffdioxid umgewandelt.

Methoden

Wir bestimmten die NO_2 -Konzentrationen mit Passivsammlern. Diese wurden in Messglocken auf 40 verschiedene Standorte in der Stadt Baden verteilt. Die Passivsammler binden das NO_2 , das zu einem späteren Zeitpunkt im Labor spektroskopisch bestimmt werden kann. Um allfällige Messfehler wie falsche Interpretationen aufgrund der Wetterverhältnisse zu minimieren, wurde in zwei Messperioden à zwei Wochen gemessen.

Man kann die Rohdaten nicht direkt miteinander vergleichen, da die NO_2 - und die O_3 -Konzentrationen wetterabhängig sind. Faktoren, welche die NO_2 -Konzentrationen beeinflussen, sind – wie bereits gesagt – mitunter die Wetterbedingungen. Warmes Wetter mit viel Sonneneinstrahlung beispielsweise führt zu einer Erhöhung der NO_2 -Konzentration, Regen und starker Wind zu einer Verminderung. Als Qualitätskontrolle dienten Messglocken, die im inLuft-Wagen (www.luft-ag.ch) des Kantons befestigt wurden. Somit haben alle Gruppen am gleichen Standort zu gleichen Bedingungen gemessen, wodurch Abweichungen unter anderem mit den Wetterbedingungen erklärt werden können.

Einflüsse von Bussen und Grünflächen

Auch wenn die Verkehrsfaktoren die grösste Rolle spielen dürften, gab es auch andere Einflüsse, die wir beach-

ten wollten. Mehrere der Messstandorte lagen in der Nähe oder unmittelbar neben einer Busstation. Dieser starke Busverkehr wirkt sich natürlich auf die Messwerte aus, da der Ausstoss von Stickoxiden aus Dieselmotoren grösser ist als der von Benzinmotoren. Dies hängt vor allem mit den höheren Temperaturen im Dieselmotor zusammen, was die Bildung von NO_2 begünstigt, aber auch mit der Tatsache, dass keine 3-Weg-Katalysatoren eingesetzt werden können. Dies treibt die gemessenen Werte in die Höhe. Ein Beispiel dafür wäre der Messstandort C4, der die höchsten Werte der Planquadrat der Spalte 4 auf Seite 26 aufweist. Diese Messstation liegt ungefähr zwei Meter von der Bushaltestelle «Weite Gasse» entfernt. Dort verkehren durchschnittlich sieben Busse pro Stunde, was die Messwerte stark erhöht.

Doch auch wenn die Werte hoch sind, sind sie nicht mehr gleich hoch wie 2014. Sie sind von durchschnittlich 60 Mikrogramm pro Kubikmeter auf durchschnittlich 47 Mikrogramm pro Kubikmeter zurückgegangen. Es scheint eine mehr oder weniger konstante Abnahme gegeben zu haben. Diese ist unserer Meinung nach vor allem auf Änderungen im Busverkehr zurückzuführen. Zum einen liegt das sicher an einigen Hybrid- sowie einem Brennstoffzellenbus, die nun auf diesen Linien verkehren. Des weiteren verkehren nicht mehr gleich viele

Busse auf diesen Linien wie im Jahr 2014, da einige Dreihunderterlinien sowie RVBW-Busse, die Richtung Lindenplatz fahren, nun die Unterführung benutzen. Dies könnte zur Abnahme der Werte geführt haben.

Eine starke Begrünung kann gemäss unseren Ergebnissen die NO_2 -Konzentrationen ebenfalls senken. Als Beispiel dafür kann der Standort E4 dienen. Er befindet sich an einer kleinen Seitenstrasse, überdeckt von Baumkronen. Die Strasse liegt zwischen einem Park und einem Fussballplatz, der von Bäumen umgeben ist, gleich gegenüber der Villa Boveri. Die Werte, die dort über die letzten vier Jahre gemessen wurden, haben sich nicht stark verändert, blieben mehr oder weniger konstant und tiefer als der Jahresgrenzwert von 30 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft: 2014 26 Mikrogramm pro Kubikmeter, 2016 und 2018 23 Mikrogramm pro Kubikmeter. Das liegt zum einen sicher an der Position der Strasse, die nicht sehr oft befahren wird. Ausserdem wäre es möglich, dass die Bäume als Windschutz agieren, was verhindert, dass die Schadstoffe an diesen Ort getragen werden. Vor allem aber nehmen die Bäume CO_2 auf, und NO_2 , das in die Zellen gelangt, wird ebenfalls abgebaut. Dies führt zur Reduktion der NO_2 -Immissionskonzentration. Das Gleiche gilt auch für die Standorte C3, C5 und D5.

Wetterfaktoren und deren Einfluss

Um den Einfluss des Umbaus des Schulhausplatzes abschätzen zu können, mussten wir zunächst abklären, wie das Wetter die NO_2 -Konzentrationen 2014 und 2018 beeinflusst hat. Aus diesem Grund wurden zusätzlich zu den Stickstoffmessungen auch Wetterdaten gesammelt. Stickstoffdioxid bildet mit den UV-Strahlen der Sonne Ozon, wodurch dieses zu Stickstoffmonoxid umgewandelt wird. Die Konzentration an Stickstoffdioxid sinkt folglich bei starker Sonnenstrahlung.

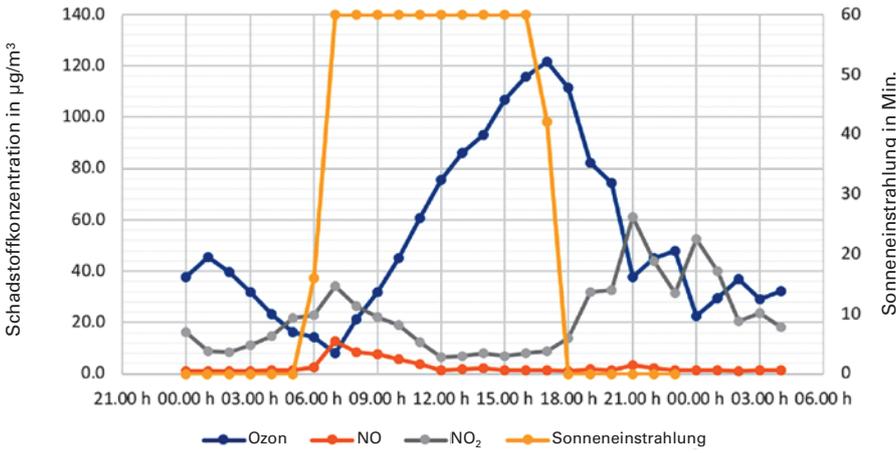
Die Wetterfaktoren, auf die wir Bezug nahmen, waren Regen, Windgeschwindigkeit, Sonnenscheindauer und Durchschnittstemperatur. Während der ersten Messperiode hatte Nordwind vorgeherrscht, mit wenigen Einflüssen nach Südwesten. In der zweiten Mess-



Foto: Dimitri Demierre

Auswertung der Passivsammler im Labor

Luftschadstoffe und Sonneneinstrahlung am 28. August 2018



In den frühen Morgenstunden beginnt das Stickstoffmonoxid NO durch den Morgenverkehr anzusteigen. Danach nimmt es wieder ab, da es durch die steigende Temperatur mit den VOC zu Stickstoffdioxid NO₂ reagiert. Gegen Mittag nimmt das NO₂ wieder ab, da mit steigender Sonneneinstrahlung Sauerstoff O₂ mit NO₂ zu Ozon O₃ reagiert. Am Abend sinken die Ozonwerte wieder. Das Ozon reagiert mit dem NO aus dem Abendverkehr zu NO₂. In ländlichen Gebieten wird die Ozon-Konzentration nicht abgebaut, da kein NO aus dem Abendverkehr vorhanden ist.

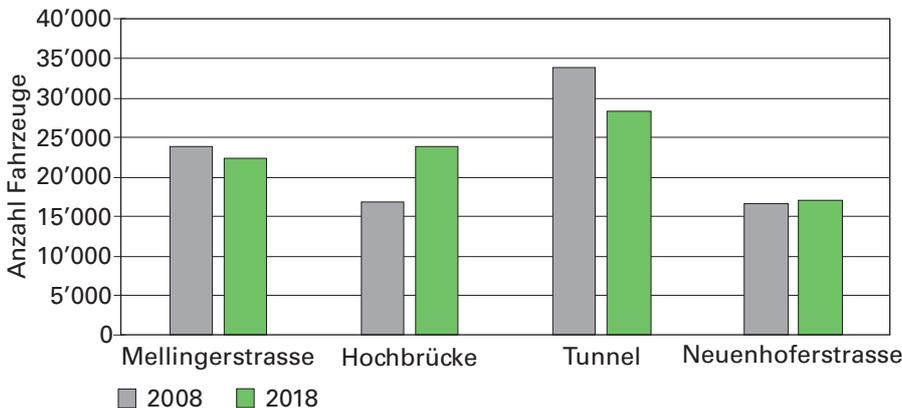
periode gab es ebenfalls hauptsächlich Nordwind, jedoch mit Einflüssen nach Nordwesten. Regen wäscht die Schadstoffe aus der Luft. Während der ganzen Messperiode hatte es aber nur an vereinzelt Tagen geregnet und es gab auch keine Stürme und nur geringe Windgeschwindigkeiten. Obwohl die beiden Faktoren Regen und Wind normalerweise die wichtigsten sind, hatten sie auf unsere Messungen nur sehr wenig Einfluss. Diese Faktoren können somit also beide vernachlässigt werden.

In der ersten Messperiode war das Wetter etwas wärmer sowie die Sonnenscheindauer etwas länger als in der

zweiten Messperiode. Die in der ersten Messperiode tiefere NO₂-Konzentration kann also damit erklärt werden, dass die Sonneneinstrahlung in der ersten Periode grösser war und somit einen messbaren Einfluss hatte. Die Wetterfaktoren, die also entgegen den Erwartungen den grössten Einfluss auf die Messwerte hatten, waren die Sonnenscheindauer und die Durchschnittstemperatur.

Ein Vergleich dieser Überlegungen zum Wettereinfluss unserer Messungen mit der Situation des Projekts vor zwei Jahren lässt den Schluss zu, dass die Wettersituation in beiden Messjahren sehr ähnlich war. Somit kön-

Vergleich der Verkehrsbelastung 2008 und 2018



nen wir die Messwerte auch in Bezug auf die übrigen Faktoren – wie die Verkehrsdichte, Bushaltestellen oder Grünflächen – direkt miteinander vergleichen.

Umbau Schulhausplatz

Das Hauptziel des Umbaus war, die Verkehrskapazität zu erhöhen, um auch für die nächsten Jahre die Stausituationen möglichst tief zu halten. Im Vorfeld wurden jedoch Stimmen laut, die behaupteten, dass aufgrund der höheren Kapazität noch mehr Verkehrsteilnehmer dazu animiert werden, eine Route durch Baden zu nehmen, anstatt an einem anderen Ort durchzufahren, und dadurch die Kapazität bald wieder ausgelastet sein wird. Um zu schauen, ob sich dies in Form einer höheren NO₂-Belastung zeigt, haben wir die Werte, die 2014 erhoben wurden, mit unseren Werten aus diesem Jahr verglichen.

Gemäss der Verkehrsstatistik ist die Verkehrsbelastung in der Mellingerstrasse, in der Neuenhoferstrasse und im Tunnel über die Jahre mehr oder weniger konstant geblieben. Der einzige Standort, an dem eine Zunahme verzeichnet wurde, ist derjenige auf der Hochbrücke. Diese Zunahme führen wir auf die bessere Verkehrsführung zurück, die es ermöglicht, dass in der gleichen Zeit mehr Autos verkehren können.

Vergleich 2014 und 2018

Werden die Messwerte von 2014 und 2018 verglichen, ist generell eine Abnahme von NO₂ zu erkennen. Nachdem die Wetter- und die Verkehrseinflüsse beachtet worden sind, können wir sagen, dass die vorgängigen Hypothesen nicht eingetroffen sind. Im Vorfeld des Umbaus wurde befürchtet, dass die Stausituation in der Stadt zwar abnimmt, der Verkehr in der Peripherie aber zunimmt und dadurch die NO₂-Konzentration in der Stadt sinkt und in der Peripherie dafür ansteigt. Laut unseren Messwerten und Analysen wurden jedoch keine solchen Veränderungen festgestellt und wir können mit Vorbehalt sagen, dass sich die Befürchtungen nicht bewahrheitet haben. Wir müssen jedoch anfügen, dass sich die definitive Bilanz

Messwerte von Stickstoffdioxid 2014 und 2018



Die Befürchtungen, dass mit dem Schulhausplatzumbau die Stickstoffdioxidwerte ansteigen würden, haben sich gemäss unseren Messungen nicht bestätigt (links Messwerte 2014, rechts 2018).

Stickstoffkonzentration in Mikrogramm pro Kubikmeter Luft: Grün: 10–20 µg/m³; Gelb: 20–30 µg/m³; Orange: 30–40 µg/m³; Rot: >40 µg/m³

erst nach einer gewissen Zeit ziehen lässt. Nachdem sich die Verkehrsteilnehmer an die neue Verkehrsführung gewöhnt haben, wird der Verkehr vermutlich noch ansteigen.

Die genaue Betrachtung von Standort C6 lässt vermuten, dass es durch die bessere Verkehrsführung eine Verkehrszunahme gab, die Messwerte jedoch abgenommen haben.

Unterführung Schulhausplatz

Während unserer ersten Messperiode wurden beim Schulhausplatz sehr hohe NO₂-Werte gemessen. Deshalb hat sich die entsprechende Gruppe dazu entschlossen, zusätzliche Messungen über sieben Tage durchzuführen. Die Messungen fanden an drei verschiedenen Standorten in der Pas-

sage unter dem Schulhausplatz statt. Die drei Standorte ergaben Werte zwischen 45 und 72 Mikrogramm pro Kubikmeter. Diese Werte überschreiten den Jahresgrenzwert von 30 Mikrogramm pro Kubikmeter deutlich und ein Standort war mit 72 Mikrogramm pro Kubikmeter sogar nahe am Kurzzeitgrenzwert von 80 Mikrogramm pro Kubikmeter, der nur einmal im Jahr überschritten werden darf. Die Expositionsdauer der Passantinnen und Passanten ist meistens relativ kurz und deshalb sind diese Werte weniger problematisch. Jedoch gibt es auch ein Bistro in der Passage, wo sich Personen länger aufhalten, um etwas zu essen. Und auch das Personal ist mehrere Stunden täglich dieser Luft ausgesetzt. Wir empfehlen der

Stadt Baden deshalb, diese Werte dringend zu überprüfen und der Sache weiter nachzugehen, damit es keine gesundheitliche Gefährdung für die Bevölkerung gibt.

Diesen Artikel haben folgende Autorinnen und Autoren verfasst: Cyrill Bösch, Dimitri Demierre, Alina Roten, Annina Keller, Theodora Neo, Julia Bernet (Schüler der Kantonsschule Baden), Roger Deuber (Chemielehrer an der Kanti Baden). Der Artikel entstand in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Umwelt und der Stadtökologie Baden.