

Luftschadstoffmessungen der Kantonsschule Baden

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

Im Rahmen des Schwerpunktfachunterrichts Biologie/Chemie führten Studierende der Kantonsschule Baden ein Projekt zur Messung von Luftschadstoffen durch. Die Schülerinnen und Schüler massen entlang der Mellingerstrasse Stickstoffdioxid (NO_2) und Stickoxide (NO_x), um den Einfluss von Siedlungsstrukturen auf die Bildung und Verteilung von Luftschadstoffen abzuklären.

Seit dem Jahre 2004 hatten die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten im Schwerpunktfach Biologie/Chemie der Abschlussklasse der Kantonsschule Baden jedes zweite Jahr das Privileg, ein wissenschaftliches Projekt in Zusammenarbeit mit Markus Schenk, Abteilung für Umwelt des Kantons Aargau, und Corinne Schmidlin, Stadtökologie Baden, zu realisieren. Folglich konnten die Lernenden auch im Jahre 2012 einer weiteren spannenden Fragestellung nachgehen.

Von Stickstoffmonoxid zu Ozon

Durch Stickstoffverbrennungen in Fahrzeugmotoren entsteht Stickstoffmonoxid (NO), das unter Beteiligung von VOC (volatile organic compounds) und UV-Strahlung zu Aldehyden und Stickstoffdioxid (NO_2) reagiert. Stick-

stoffdioxid wirkt toxisch auf den Menschen und kann bei hohen Konzentrationen zu gesundheitlichen Schäden führen. Der Jahresgrenzwert von NO_2 liegt bei 30 Mikrogramm pro Kubikmeter.

Unter Einwirkung der UV-Strahlung der Sonne zerfällt NO_2 in Stickstoffmonoxid und in Sauerstoffradikale. Letztere bilden mit Sauerstoffmolekülen Ozon.

In der Nacht kann der letzte Vorgang in verkehrsreichen Gebieten auch umgekehrt ablaufen: Ozon wird dann mithilfe des vom Verkehr gebildeten NO zu NO_2 abgebaut. Langfristig wird aber der Ozongehalt der Luft durch diesen Vorgang erhöht: Sobald die Sonne am nächsten Tag wieder scheint, entsteht durch die höhere Konzentration an Stickstoffdioxid umso mehr Ozon.

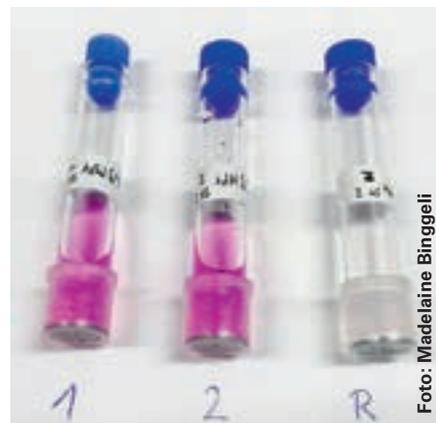


Foto: Madeleine Binggeli

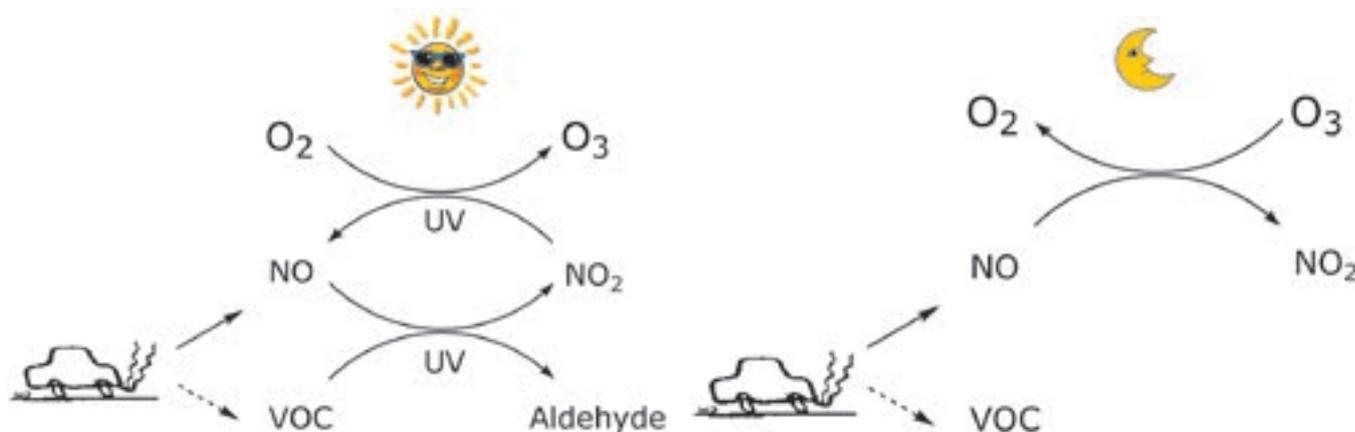
Die Passivsammler sind mit einer Lösung gefüllt, die mit Stickstoffdioxid eine Reaktion eingeht. Dabei entsteht ein violetter Farbstoff, der Auskunft gibt über die Stickstoffdioxidkonzentration in der Umgebungsluft.

Methodik

Die Studierenden verwendeten Passivsammler, welche sie an den verschiedenen Standorten auf zwei bis drei Metern Höhe aufhängten, damit das Stickstoffdioxid bzw. Stickoxid (NO_x) ungehindert durch Diffusion hineinströmen konnte. Eine chemische Substanz absorbierte die Abga-

Luft
Lärm

Luftschadstoffbildung bei Tag und bei Nacht



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 massgeblich beteiligt. In der Nacht wird Ozon in verkehrsreichen Gebieten mithilfe von Stickoxid (NO_x) zu Stickstoffdioxid umgewandelt.

se während den beiden Messperioden von je zwei Wochen. Im Labor wurden die Passivsammler mit einer Lösung gefüllt, die eine Reaktion mit dem NO₂ eingeht. Bei diesem Vorgang entsteht ein violetter Farbstoff, dessen Menge sich proportional zu den NO₂-Konzentrationen verhält. Mittels Spektroskopie wird der NO₂-Gehalt in der Flüssigkeit ausgewertet und anhand einiger Umrechnungsformeln kann sein Anteil in der Umgebungsluft ermittelt werden.

Fragestellung

Ziel des Projektes war, die Stickstoffbelastung der Stadt Baden entlang der Mellingerstrasse zu untersuchen. Der erste aller zehn Messstandorte befand sich ein wenig abseits der Stadt Baden, direkt beim Jumbo-Markt und der letzte bei der Hauptkreuzung der Stadt beim Schulhausplatz. Jeder Standort wurde einer Gruppe zugeteilt, welche pro Standort jeweils vier Messglocken senkrecht zur Mellingerstrasse verteilt aufhängte. Als Referenzwert hingte jede Gruppe jeweils noch eine Messglocke bei der Kantonsschule Baden auf, wo sich auch eine kantonale Messstation befindet. Ein Messwertvergleich hat ergeben, dass die Genauigkeit unserer Messungen mit den Messungen der Abteilung für Umwelt vergleichbar ist.

Die grundlegende Frage unseres Projektes war, wie sich die Werte entlang

der Mellingerstrasse verhalten und wo die Belastung am höchsten bzw. am tiefsten ist. Die erhaltenen Resultate galt es zudem zu interpretieren und Ursachen für die unterschiedlichen Konzentrationen zu finden. Zusätzlich zu dieser gemeinsamen Fragestellung hatten einige noch ein gruppeninternes Projekt, bei welchem es beispielsweise darum ging, die diesjährigen Werte mit denen vergangener Jahre zu vergleichen und mögliche Gründe aufzuführen. Ausserdem mass die Gruppe beim Skaterpark Dättwil nicht nur NO₂-, sondern auch NO_x-Werte.

Meteorologische Einflüsse

Das Wetter hat einen grossen Einfluss auf die Schadstoffbelastung der Luft. Ozon wird beispielsweise erst ab einer gewissen Sonnenintensität gebildet. Die Schadstoffe werden durch den Regen aus der Luft gewaschen und können durch Wind weggetragen werden. Da wir die Schadstoffe während zwei Perioden gemessen haben, verglichen wir nicht nur die Menge an Schadstoffen beider Perioden, sondern auch das jeweils vorherrschende Wetter. Während den ersten beiden Wochen war es sommerlich warm mit viel Sonnenschein, zudem war es trocken und windstill. Mit dem Wechsel der Messperiode kippte auch die Wetterlage und es wurde deutlich kühler, regnerisch wie auch windig mit weniger Sonnen-

licht. Die über alle Messstationen gemittelte NO₂-Konzentration betrug bei der ersten Messperiode 27,8 und bei der zweiten Messperiode 24,5 Mikrogramm pro Kubikmeter. Die leichte Abnahme lässt sich mit einer langsameren Umwandlung von NO zu NO₂ und einer stärkeren windbedingten Verteilung erklären.

Standort Dättwil/Jumbo-Markt

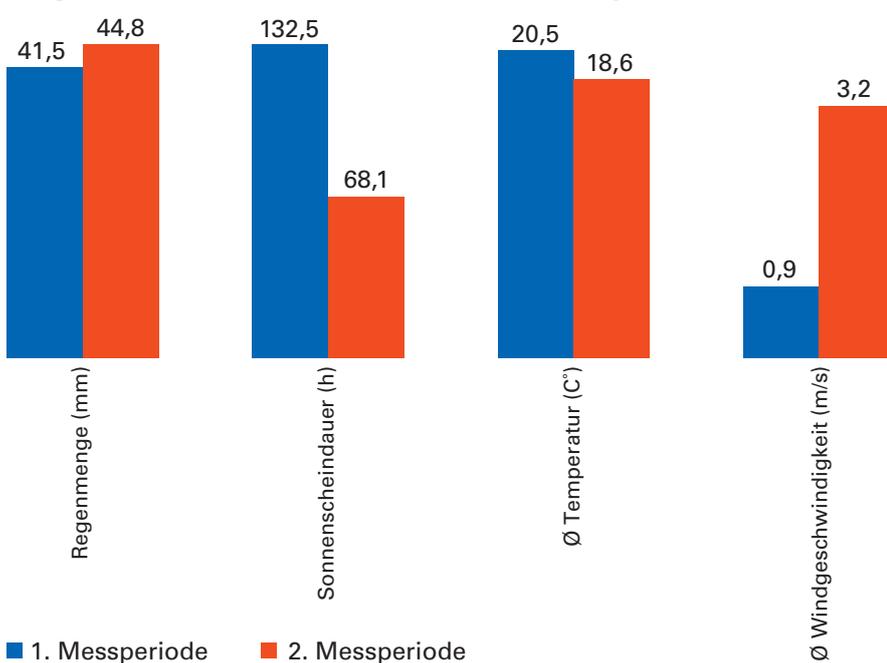
Die Ergebnisse der in Dättwil durchgeführten NO₂-Messungen zeigten – verglichen mit den Ergebnissen der Messkampagne von 2005 bis 2008 – nur kleine Veränderungen. Der Durchschnitt der NO₂-Werte liegt bei allen Standorten unter den Resultaten der Messkampagne. Es lässt sich somit annehmen, dass 2012 entweder weniger Schadstoffe ausgestossen wurden oder die Wetterlage und die zeitlich kürzeren Messungen tiefere Resultate begünstigt haben. Überraschend war, dass beim Sportzentrum Baregg die höchsten Werte gemessen wurden und beim Parkplatz des Jumbo-Marktes lediglich die zweithöchsten. Erklären könnte man sich dies anhand der geografischen Lage; da sich beide Standorte in einer Senke befinden, spielt wahrscheinlich die Nähe zur Autobahn die grössere Rolle. Da das Baregg-Center näher bei der Autobahn liegt, sind hier also die gemessenen Werte höher.

Die Werte an den zwei weiteren Messstandorten brachten die erwarteten Ergebnisse. Beide hatten eher tiefe Messresultate, was sich wiederum durch ihre topografische Lage erklären lässt. Der eine Standort liegt auf ziemlich offenem Gelände, hier kann das NO₂ also leicht verweht werden. Der andere Standort liegt mitten in einem Quartier von Dättwil, an einer nur schwach befahrenen Strasse, der NO-Ausstoss mit den Autoabgasen ist somit tiefer.

Standort Mellingerstrasse

Die Hauptmessungen des Projekts wurden entlang einer der Hauptverkehrsstrassen von Baden durchgeführt – an der Mellingerstrasse. Die gemessenen Werte lassen erkennen, wie signifikant der Unterschied zwischen Innenstadt und Agglomeration ist. Dabei ist zu erwähnen, dass die gemessenen Werte in Dättwil ver-

Vergleich der Wetterdaten in den beiden Messperioden

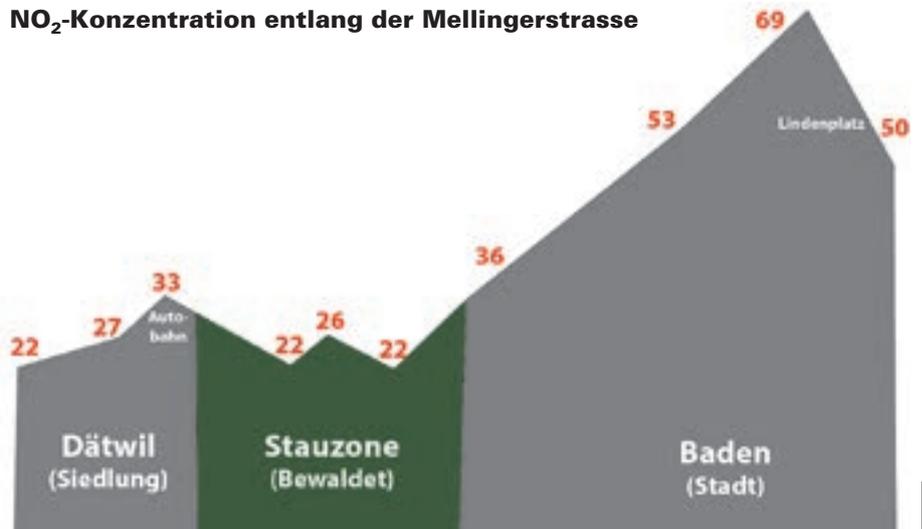


gleichsweise eher hoch ausfielen, ausser beim Standort Segelhof, der sich zwar direkt an der Autobahn, jedoch ausserhalb des Dorfes befindet. Die Werte von der Autobahn bis zum Badener Tor fielen eher tief aus und entsprachen somit unseren Erwartungen. Die Gründe dafür sind einerseits die offene Lage sowie die bessere Verkehrsverteilung (seit der Verbreiterung der Strasse) als in der Innenstadt. Zudem ist die Strasse auf beiden Seiten von Wald umgeben, was möglicherweise auch einen Einfluss auf die NO₂-Konzentration hat. Die Werte abseits der Strasse weisen kaum Veränderungen auf, nehmen jedoch mit zunehmender Distanz von der Mellingerstrasse als Hauptemissionsquelle erstaunlich schnell ab.

Beim Badener Tor zeigen sich sehr hohe Werte, und zwar nicht wie erwartet direkt an der Mellingerstrasse, sondern abseits der Strasse. Der Messstandort befand sich direkt neben Geleisen der SBB und einer nur leicht befahrenen Nebenstrasse. Vermutlich ist der Wert genau hier so hoch, da die mit Diesel betriebenen Güterzüge der SBB einen Einfluss auf das Ansteigen der NO₂-Werte haben könnten.

Im bebauten Gebiet der Stadt Baden nimmt die NO₂-Konzentration fast überall konstant zu, je näher man dem Schulhausplatz kommt. Dies war auch zu erwarten, weil dieser Abschnitt der Mellingerstrasse stets stark befahren ist, ausserdem ist die Strasse von bei-

NO₂-Konzentration entlang der Mellingerstrasse



Im bebauten Gebiet der Stadt Baden nimmt die Stickstoffdioxid-Konzentration fast überall konstant zu. Dies war auch zu erwarten, da dieser Abschnitt der Mellingerstrasse stets stark befahren ist.

den Seiten von Gebäuden und Abhängen umgeben, was ein Schutz vor Wind- und Wettereinflüssen sein kann. Rechtwinklig zur Mellingerstrasse nehmen die Werte nach kurzer Distanz stark ab – 50 Meter von ihr entfernt manchmal um mehr als die Hälfte. Zusätzlich zur Verteilung der Schadstoffe bilden möglicherweise die Häuser eine Abschirmung vor den Schadstoffen.

Ein bedenklich hoher Wert befindet sich bei der Badener Oberstadt, direkt bei der Zugüberführung kurz vor dem Schulhausplatz. Der Grund, weshalb die Konzentration über beide Messperioden hinweg so hoch ist, liegt wahrscheinlich an der geografischen

Lage des Standortes. Dieser befindet sich nämlich in einer leichten Senke, in welcher der Verkehr des Öfteren stockt.

Vergleicht man die von uns gemessenen NO₂-Konzentrationen an der Mellingerstrasse mit denjenigen des Kantons innerhalb der letzten vier Jahre, so ist eine leichte Zunahme zu verzeichnen.

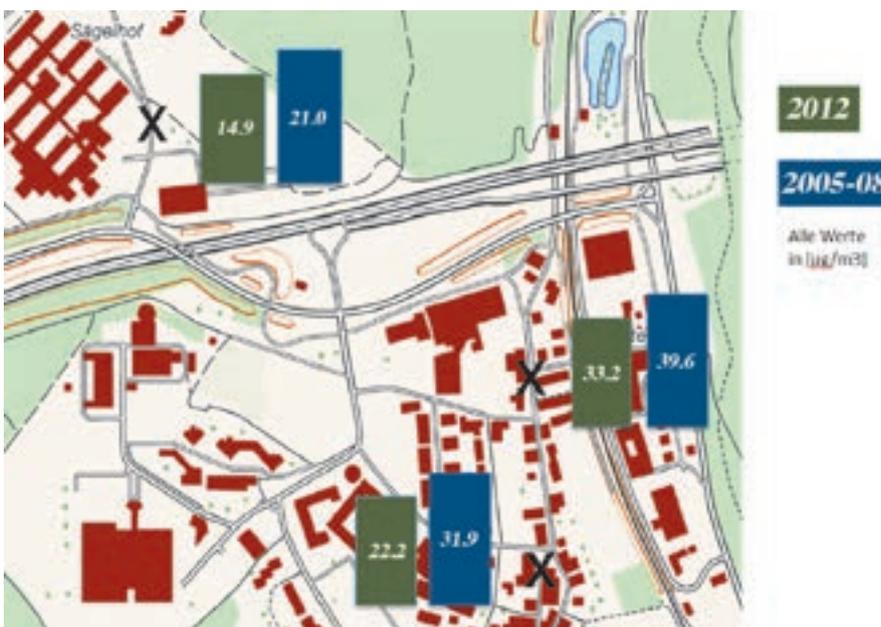
Diese ungünstige Entwicklung könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Einführung neuer Motoren und Katalysatoren offenbar nicht ausreicht, um den vermehrten Ausstoss an NO₂ zu kompensieren, der durch den wachsenden Verkehr entsteht.

Standort Schulhausplatz

Am Schulhausplatz wurden hohe NO₂-Werte erwartet, da er ein Verkehrsknotenpunkt der Stadt Baden ist. Unsere Messdaten bestätigen dies. Die erste und zweite Messperiode ergaben an diesem Standort kaum unterschiedliche Werte, obwohl die Niederschlagsmenge in der zweiten Messperiode viel höher war und die Sonneneinstrahlung viel tiefer. Ein Vergleich der gemessenen Werte mit den NO₂-Konzentrationen, die vor vier Jahren gemessen wurden, ergab keine signifikanten Unterschiede.

Standort Skaterpark

Beim Skaterpark in Dättwil, der direkt unter der Autobahn liegt, fielen die gemessenen NO₂-Konzentrationen sehr hoch aus: Alle Kurzzeitwerte überschritten den Jahresmittelgrenzwert



In Dättwil ist die Stickstoffdioxid-Konzentration im Vergleich mit der Messperiode 2005 bis 2008 leicht zurückgegangen.

von 30 Mikrogramm pro Kubikmeter deutlich. Kurzzeitwerte dürfen nur indirekt mit dem Jahresmittelgrenzwert verglichen werden, doch die Messungen über die zwei Wochen zeigen eine deutliche Erhöhung der NO₂-Belastung. Es waren keine relevanten

Unterschiede zwischen den Standorten direkt an oder neben der Autobahn festzustellen.

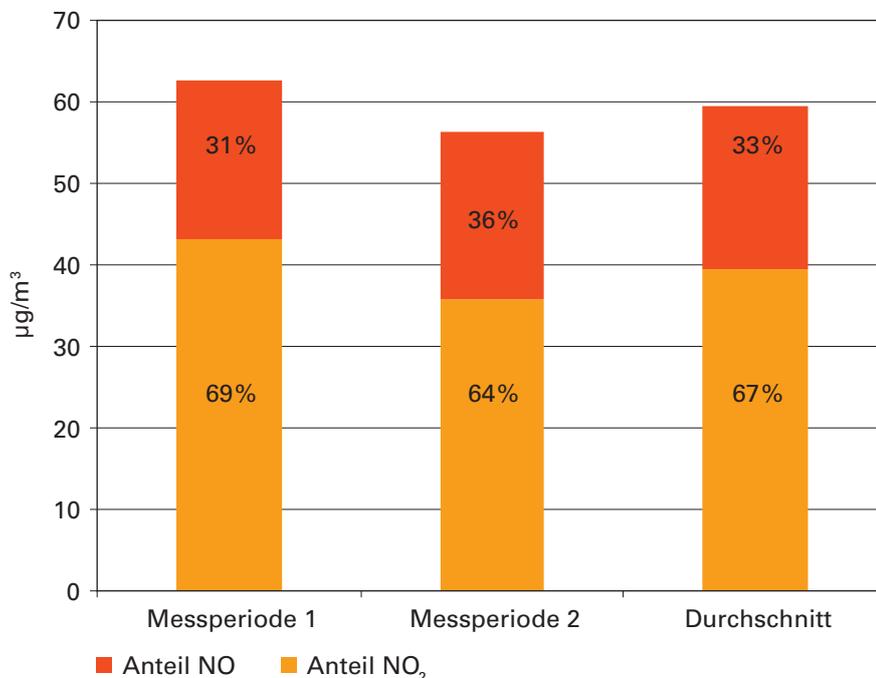
Die Gruppe, welche die Werte beim Skaterpark mass, erhielt den Zusatzauftrag, mithilfe von NO_x-Röhrchen die NO-Belastung der Luft zu messen,

um diese dann mit den NO₂-Werten vergleichen zu können. NO wird unter Einwirkung von UV-Strahlung zwar relativ schnell zu NO₂ oxidiert, kann aber bei Messungen in der Nähe der Emissionsquelle doch einen nicht zu vernachlässigenden Anteil ausmachen. Der Anteil an NO betrug tatsächlich über alle Standorte gemittelt mit 33,5 Prozent ziemlich genau ein Drittel der gemessenen Werte an NO_x. Der bei der zweiten Messperiode etwas höhere NO-Anteil von 36 Prozent kann durch die geringere Sonneneinstrahlung und geringere Temperatur erklärt werden, da bei diesen Bedingungen NO langsamer in NO₂ umgewandelt wird.

Übersicht der Stickstoffdioxid-Konzentrationen an allen Messstandorten



NO_x-Messungen beim Skaterpark



Am Standort Skaterpark wurden zusätzlich NO_x-Röhrchen verwendet, um den Anteil Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂) zu messen. Der bei der zweiten Messperiode etwas höhere NO-Anteil von 36 Prozent kann durch die geringere Sonneneinstrahlung und geringere Temperatur erklärt werden, da bei diesen Bedingungen NO langsamer in NO₂ umgewandelt wird.

Fazit

Im Folgenden die wichtigsten Schlussfolgerungen unseres Projekts:

- In der Nähe der Autobahn wurden erhöhte NO₂-Konzentrationen gemessen, die teilweise über dem Jahresgrenzwert von 30 Mikrogramm pro Kubikmeter liegen. Im Vergleich zu den Messungen in den Jahren 2005 bis 2008 gingen die Konzentrationen aber eher zurück.
- Quer zur Mellingerstrasse erfolgt eine erstaunlich rasche Abnahme der NO₂-Konzentrationen.
- Die höchsten Werte mit deutlich mehr als 60 Mikrogramm pro Kubikmeter wurden direkt an der Mellingerstrasse, bei Baden Oberstadt, gemessen: dicht bebaut, häufiger Verkehrsstau, wenig Luftaustausch. Zum Schluss noch eine persönliche Anmerkung: Die vorliegende Projektarbeit hat nicht nur zu besserem Verständnis der Vorgänge bei der Ozonbildung beigetragen, sondern hat uns auch das wissenschaftliche Vorgehen in Planung, Durchführung, Interpretation und Präsentation nähergebracht.

Diesen Artikel haben folgende Autoren und Autorinnen verfasst: Madelaine Binggeli, Rachel Wittwer, Fabian Hauenstein, Fabian Schulz, Jan Leutwyler, Studierende der Kantonsschule Baden, Roger Deuber, Lehrperson. Der Artikel entstand in Zusammenarbeit mit Corinne Schmidlin, Stadtökologie Baden.