

Luftschadstoffmessungen der Kantonsschule Baden

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

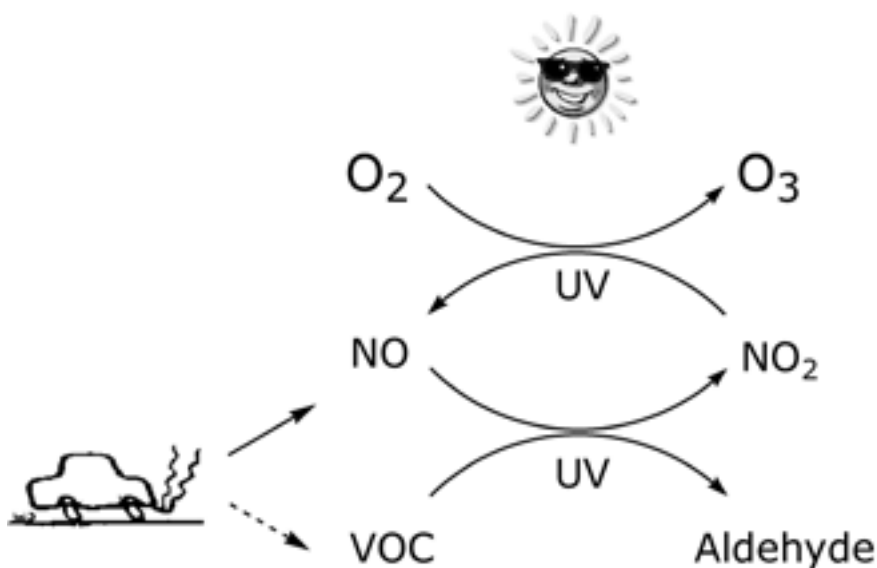
Die Kantonsschule Baden führte im Schwerpunktfach Biologie und Chemie in Zusammenarbeit mit dem Büro für Stadtökologie Baden ein Projekt zur Messung von Luftschadstoffen durch. Die Schülerinnen und Schüler befassten sich hauptsächlich mit der Messung von Stickstoffdioxid und dem Einfluss von Gebäuden auf dessen Ausbreitung.

Wie schon in den Jahren 2004, 2006 und 2008 führte die Kantonsschule Baden auch 2010 ein Projekt zur Messung von Luftschadstoffen durch. Es wurden zwei Ziele verfolgt: Einerseits sollten wissenschaftliche Fragestellungen von öffentlichem Interesse bearbeitet werden, andererseits wurden die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten an wissenschaftliche Arbeitsweisen herangeführt. So konnten die Lernenden im Chemieunterricht erarbeitetes Wissen direkt anwenden. Das Projekt fand erneut in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Umwelt des Kantons Aargau und dem Büro für Stadtökologie Baden statt.

Stickstoffdioxid und Ozon

Stickstoffdioxid (NO_2) ist sehr giftig, in geringen Konzentrationen jedoch kaum wahrnehmbar. Das Einatmen des giftigen Gases kann Schwindel oder Kopfschmerzen zur Folge haben. Höhere Konzentrationen können zu Atemnot oder sogar zu gesundheitlichen Schäden führen.

Automotoren produzieren eine Menge Stickoxide (NO_x). Stickstoffmonoxid (NO) reagiert zusammen mit den sogenannten flüchtigen organischen Stoffen (VOC, volatile organic compounds) unter Einfluss von UV-Licht der Sonne zu NO_2 (Stickstoffdioxid). NO_2 bildet mit UV-Strahlung Ozon (O_3). Diese Vorgänge laufen tagsüber



Stickstoffmonoxid (NO) aus Automotoren reagiert mit den sogenannten flüchtigen organischen Stoffen (VOC) und unter Einfluss des Sonnenlichts zu Stickstoffdioxid (NO_2). Dieses ist an der Entstehung von Ozon massgeblich beteiligt.

ab. Jedoch kann NO_2 auch in der Nacht entstehen, wenn keine UV-Strahlung der Sonne vorhanden ist, nämlich dann, wenn Ozon beim Vorhandensein von Stickoxid abgebaut wird. Dieser Vorgang findet vorwiegend in Gebieten statt, in denen auch nachts viele Autos verkehren. Aber der Verkehr verringert den Ozongehalt in der Luft nicht – im Gegenteil, denn obwohl nachts Ozon abgebaut wird, entsteht so mehr Stickstoffdioxid und dadurch tagsüber auch wieder mehr Ozon.

Messungen mithilfe von Passivsammlern

Bei der Messung der Stickstoffdioxidkonzentrationen wurden Passivsammler verwendet, welche an den Messstandorten auf mindestens zwei bis drei Metern Höhe platziert wurden. Das NO_2 strömt durch Diffusion in Röhrchen hinein und wird durch einen bestimmten Stoff adsorbiert. Nach einer definierten Messzeit werden die Passivsammler im Labor mit einer Lösung aufgefüllt, die eine chemische Reaktion mit dem NO_2 eingeht. Dabei entsteht ein violetter Farbstoff, dessen Farbintensität sich proportional zur NO_2 -Konzentration verhält. Der Farbstoff wird mittels Spektroskopie ausgewertet und schlussendlich kann der endgültige Konzentrationswert mithilfe einiger Formeln berechnet werden. Im Rahmen dieses Projekts wurden zwei Messperioden von je zwei Wochen durchgeführt.

Spannende Fragestellungen

In früheren Jahren konnte festgestellt werden, dass der Verkehr die Hauptemissionsquelle für das giftige Stickstoffdioxid ist. In der Nähe von dichtem Verkehr hat es also viel schädliches NO_2 in der Luft. Die Konzentrationen nahmen mit zunehmender Distanz zur Hauptemissionsquelle aber

sehr schnell ab. Die Resultate dieser Messungen wurden im UMWELT AARGAU Nr. 43 publiziert.

Dieses Jahr haben sich die Studierenden des Schwerpunktfaches Biologie und Chemie eingehend mit der Ausbreitung von NO₂ beschäftigt. Sie haben an einer verkehrsreichen Strasse – der Bruggerstrasse, die quer durch Baden führt – die NO₂-Konzentrationen gemessen. Zudem wurden die Werte in einer Nebenstrasse quer zur Bruggerstrasse gemessen. Dies soll zeigen, wie sich der Schadstoff ausbreitet, wenn keine räumlichen Hindernisse im Weg stehen. Schliesslich haben die Schülerinnen und Schüler die Werte in und um zwei verschiedene Gebäudekomplexe herum gemessen: dem Merker-Areal und der Überbauung am Martinsberg. Beide liegen direkt an der Hauptemissionsquelle, der Bruggerstrasse, weisen jedoch einen wesentlichen Unterschied auf: Beim Merker-Areal liegt der Durchgang zum Innenhof senkrecht zur Bruggerstrasse, bei der Überbauung am Martinsberg hingegen parallel dazu.

Die zentrale Frage war nun: Können Mauern die Ausbreitung des Stickstoffdioxids verhindern? Zudem wollten die Gymnasiastinnen und Gymnasiasten herausfinden, wie sich die jeweilige Siedlungsstruktur mit den verschiedenen Durchgängen auf die Schadstoffkonzentrationen im Innenhof auswirkt.

Gleichzeitig wurde der Einfluss von Wind auf die Messwerte untersucht. Der Wind erzeugt in den Röhren der Passivsammler kleine Turbulenzen. Um diesen Faktor ausblenden zu können, haben die Schülerinnen und Schüler entlang der Bruggerstrasse Röhren mit und ohne Turbulenzsperrern aufgehängt und die Werte miteinander verglichen.

Um diese Fragen beantworten zu können, massen die Lernenden mithilfe der Passivsammler-Methode während vier Wochen, vom 16. August bis zum 13. September 2010, die Stickstoffdioxidkonzentrationen an den definierten Standorten und werteten die Ergebnisse in den folgenden zwei Wochen aus. Die Resultate aus diesen Messungen könnten wichtige Informationen für die Gebäudeplanung in

der Nähe von dicht befahrenen Strassen liefern.

Messstandort:

Bruggerstrasse und Damianweg

An der Bruggerstrasse wurden von der Höhe des Nordportals der Überbauung am Martinsberg bis zum Brugger-Tunnel Messpunkte festgelegt. Die Bruggerstrasse ist in dieser Gegend die Hauptquelle für das NO₂. Die Abteilung für Umwelt führte ebenfalls Messungen an der Bruggerstrasse durch. Diese Werte dienen als Qualitätskontrolle. Die Messungen an der Bruggerstrasse wurden mit normalen Passivsammlern und mit Passivsammlern, die eine Turbulenzsperrere vorweisen, durchgeführt. Die insgesamt fünf Messstandorte am Damianweg wurden gewählt, um aufzuzeigen, wie die Schadstoffkonzentration abnimmt, je weiter man von der Bruggerstrasse entfernt ist. Der Damianweg war geeignet, weil er senkrecht zur Bruggerstrasse verläuft und autofrei ist.

Messstandort: Merker-Areal und Überbauung am Martinsberg

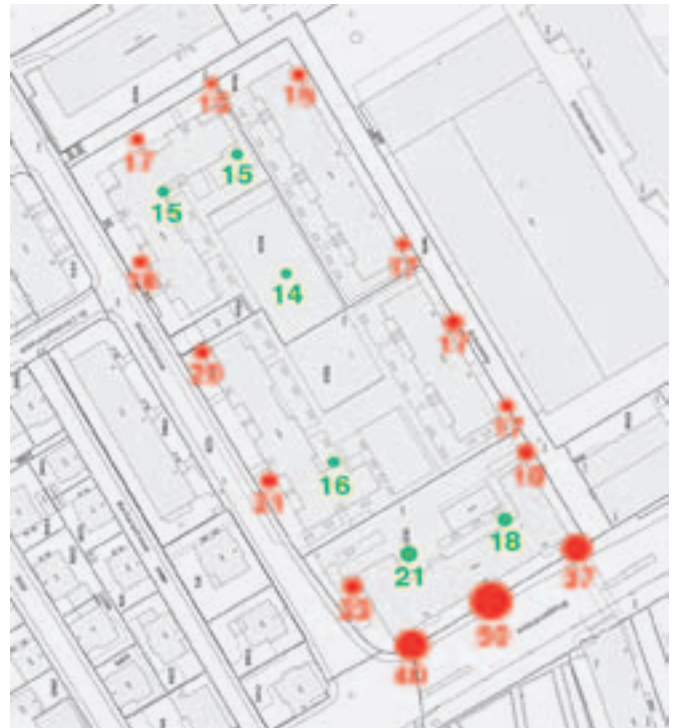
Zur Beantwortung der Hauptfragestellung wurden Messungen beim Merker-Areal und bei der Überbauung am Martinsberg durchgeführt. Die Hauptüberlegung für die Wahl dieser Gebäudekomplexe war, dass beide an der stark befahrenen Bruggerstrasse liegen, welche die Hauptquelle des Stickstoffdioxids in der Gegend ist. Das Merker-Areal hat einen zur Bruggerstrasse senkrecht verlaufenden Innenhofdurchgang und bei der Überbauung am Martinsberg sind die Durchgänge parallel. Um aussagekräftige Werte zu erhalten, wurden die Schadstoffmessungen in und um die Gebäudekomplexe herum durchgeführt. An folgenden Orten wurden beim Merker-Areal Messpunkte aufgehängt: 6 im Innenhof, 11 um das Gebäude herum und einer beim Parkhaus. Bei der Überbauung am Martinsberg gab es 6 Messpunkte im Innenhof und 14 Messpunkte um den Gebäudekomplex herum verteilt.



Mit zunehmender Distanz zur Bruggerstrasse nehmen die Stickstoffdioxid-Werte im Damianweg kontinuierlich ab. Wird an der Bruggerstrasse mithilfe von Turbulenzsperrern der Einfluss des Windes auf die Messergebnisse verringert, fallen die Stickstoffdioxidwerte geringer aus (Zahlen oben [schwarz]: ohne Turbulenzsperrern gemessen; Zahlen unten [rot]: mit Turbulenzsperrern gemessen). Die Durchschnittswerte sind in Mikrogramm pro Kubikmeter angegeben.



Merker-Areal



Überbauung am Martinsberg

Die Messungen (Mikrogramm pro Kubikmeter) belegen, dass Gebäude deutliche Barrieren bei der Ausbreitung von Luftschadstoffen bilden.

Rot: Messungen ausserhalb der jeweiligen Überbauung Grün: Messwerte im Innenhof der jeweiligen Überbauung

Bild: Gemeinde Baden, Steinmann, Kreisgeometer Baden vom 07.09.2010

Interpretation: Bruggerstrasse

In der ersten Messperiode sanken die Stickstoffdioxid-Konzentrationen konstant vom Tunnel her entlang der Bruggerstrasse in Richtung der Überbauung am Martinsberg. In der zweiten Messperiode konnte ein Anstieg in der Mitte zwischen dem Tunnel und der Überbauung am Martinsberg beobachtet werden. Dieser Anstieg wurde schon vor den Messungen vermutet, denn die Standorte mit erhöhten NO_2 -Konzentrationen liegen bei der Strassenkreuzung Brugger- und Haselstrasse. Die Haselstrasse ist ebenfalls ziemlich stark befahren und wahrscheinlich der Grund für den NO_2 -Anstieg.

Interpretation: Damianweg

Der Damianweg ist eine autofreie Querstrasse und das NO_2 kann von der Bruggerstrasse her frei zuströmen. Die Konzentration nimmt mit vergrössertem Abstand zur Bruggerstrasse ab, da diese die einzige wichtige NO_2 -Quelle ist. Interessant ist jedoch, dass die Konzentration am Ende des Damianweges wieder leicht

erhöht ist. Das kann auf die Martinsbergstrasse zurückgeführt werden, welche den Damianweg quert.

Ein weiterer interessanter Punkt ist die starke Abnahme der NO_2 -Konzentration auf den ersten 30 Metern des Damianwegs. Sie halbiert sich auf kleiner Distanz beinahe von zirka 33 auf 16,5 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft. Das zeigt, dass sich das NO_2 im Damianweg nicht stark ausbreitet, obwohl keine Gebäude im Weg stehen.

Interpretation: Merker-Areal und Überbauung am Martinsberg

Mit den erhaltenen Messdaten konnte nun auch die ursprüngliche Fragestellung, nämlich der Einfluss von Siedlungsstrukturen in der Nähe von starken Emissionsquellen auf die NO_2 -Konzentrationen, geklärt werden.

Die Stickstoffdioxid-Konzentrationen in den Innenhöfen des Merker-Areals und der Überbauung am Martinsberg sind generell tiefer als jene ausserhalb der Gebäude. Bauten haben folglich einen grossen Einfluss auf die Konzentration der Schadstoffe.

Bei der Überbauung am Martinsberg wurde festgestellt, dass die Werte innerhalb des Gebäudekomplexes generell tiefer sind als ausserhalb. Während die Werte an der Bruggerstrasse in den ersten zwei Wochen der Messungen bei fast 60 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft liegen, betragen die Werte direkt hinter der Hausmauer gerade mal noch 18 bis 21 Mikrogramm pro Kubikmeter. Die Messwerte in den folgenden zwei Wochen waren vergleichbar. Bei tieferen Werten ausserhalb des Gebäudes ist die Abnahme der Stickstoffdioxid-Konzentration nicht so ausgeprägt wie bei sehr hohen Werten. Es kann zudem vermutet werden, dass die Durchgänge einen relativ guten Luftaustausch zu den Seitenstrassen zulassen, weshalb sich die Werte im Innenhof und aussen bei einem Durchgang nicht wesentlich unterscheiden. In den Ecken des Innenhofes, welche am weitesten von den Durchgängen entfernt sind, ist die NO_2 -Konzentration am tiefsten – das bedeutet möglicherweise, dass sich das NO_2 im Innenhof nicht stark verteilt. Dies wür-

de mit der lokalen Abnahme entlang des Damianwegs übereinstimmen.

Ähnliches lässt sich anhand der gemessenen Werte im Merker-Areal diskutieren. An der verkehrsreichen Bruggerstrasse ist die Stickstoffdioxidkonzentration fast doppelt so hoch wie im Innenhof des Merker-Areals. Nur bei den Durchgängen zum Innenhof ist die Konzentration im Innenhof ähnlich wie auf der Aussenseite der Gebäude. Die Schadstoffe gelangen folglich nur durch die Eingänge in den Innenhof.

Folgende Frage drängt sich nun auf: Soll der Zugang zum Innenhof einer Überbauung parallel oder quer zu einer verkehrsreichen Strasse liegen? Beim Vergleich zwischen der Überbauung am Martinsberg und dem Merker-Areal sieht man, dass sich der parallele Zugang bezüglich des Schutzes vor Stickstoffdioxid besser bewährt als der senkrechte. Dort können sich die Schadstoffe einfacher in den Innenhof ausbreiten.

Qualitätskontrolle und meteorologische Einflüsse

Die von den Schülerinnen und Schülern gemessenen Werte sind sicherlich realistisch, da sie nur zirka sechs Prozent tiefer liegen als diejenigen der Abteilung für Umwelt. Diese Abweichungen könnten auch damit zusammenhängen, dass die Vergleichswerte des Kantons nicht mit Passivsammlern gemessen wurden, sondern Mittelwerte von kontinuierlich aufgenommenen Werten darstellen. Es gibt zwei verschiedene Arten von Einflüssen, die zu veränderten NO_2 -Konzentrationen zwischen verschiedenen Messperioden bzw. Standorten führen können. Erstens die lokale Umgebungslage beim Standort: bei diesen Einflüssen geht es vor allem um die Analyse von Gebäuden bzw. Mauern in der Umgebung und die Entfernung zu einer stark befahrenen Strasse. Die zweite Art von Einflüssen sind meteorologische Faktoren wie Regen, Sonnenschein, Wind usw., welche sich im Laufe der Zeit verändern können.

Die Wettersituation kann eine sehr grosse Rolle bezüglich der Stickstoffdioxid-Konzentration in der Luft spielen. In der ersten Messperiode regnete

es häufiger. Regen führt in der Regel zur Auswaschung des NO_2 und somit zu geringeren Konzentrationen. Die Sonneneinstrahlung war in der zweiten Messperiode stärker als in der ersten, was zwei verschiedene Einflüsse auf die NO_2 -Konzentration hat. Mithilfe der UV-Strahlung wird Stickstoffdioxid in Ozon umgewandelt, aber gleichzeitig reagiert NO zu NO_2 . Da jedoch mehr NO_2 in O_3 umgewandelt wurde, als NO_2 gebildet wurde (dies wurde anhand von Daten auf der «in Luft»-Website überprüft), weist die Sonneneinstrahlung theoretisch auf tiefere Konzentrationswerte in der zweiten Messperiode hin.

Zu den meteorologischen Einflüssen gehört auch der Wind, der den Ausbreitungsweg des NO_2 beeinflusst. In der ersten Messperiode trat nur Westwind auf. In der zweiten Messperiode spielte der Westwind ebenfalls die grösste Rolle, jedoch trat verstärkt auch Ostwind auf. Der Ostwind in der zweiten Messperiode müsste theoretisch grössere NO_2 -Konzentrationen zur Folge haben, denn der Damianweg, das Merker-Areal und die Überbauung am Martinsberg liegen westlich der Bruggerstrasse. Wind aus östlicher Richtung würde das NO_2 von der Emissionsquelle zu den Messstandorten wehen.

Zusammengefasst bedeutet dies, dass der Verlauf des Niederschlags und die Windrichtung erhöhte NO_2 -Konzentrationen in der zweiten Messperiode erwarten lassen, die Sonneneinstrahlung jedoch das Gegenteil. Diese gegenläufigen Tendenzen sind wahrscheinlich auch der Grund, warum sich die Messwerte in der zweiten Messperiode gesamthaft nicht signifikant erhöhen oder verkleinern. Die Abweichungen zwischen den beiden Messperioden betragen maximal zirka 25 Prozent, wobei bei diesen hohen Abweichungen die Messwerte in der zweiten Messperiode kleiner waren, was unsere Interpretation in Bezug auf die Wettereinflüsse von oben widerlegt. Es gibt jedoch auch Messwerte, die in der zweiten Messperiode höher waren als in der ersten. Die meteorologischen Einflüsse können demnach die Unterschiede zwischen den Messperioden nicht eindeutig erklären.

Passivsammler mit Turbulenzsperrern

Zwei Gruppen untersuchten den Unterschied zwischen den gewöhnlichen Passivsammlern, die alle Gruppen verwendeten, und Passivsammlern mit sogenannten Turbulenzsperrern. Diese Turbulenzsperrern sollten in der Theorie Verfälschungen der Messung der NO_2 -Konzentrationen durch den Wind verhindern. Wenn der Wind stark weht, verkürzt sich der Ausbreitungsweg und die NO_2 -Konzentration in den Passivsammlern erhöht sich. Die Turbulenzsperrern versuchen diese verstärkte Strömung des NO_2 in die Passivsammler zu verhindern, sodass die Werte realistischer werden.

Wie erwartet sind die Messwerte mit den Turbulenzsperrern bei den meisten Standorten tiefer als diejenigen der gewöhnlichen Passivsammler. Der Unterschied der Konzentrationen kann nach unseren Messungen bis zu 17,6 Prozent betragen. Diese Ergebnisse lassen es als sinnvoll erscheinen, Messungen mithilfe von Turbulenzsperrern durchzuführen.

Fazit

Gebäudemauern haben definitiv eine abschwächende Wirkung auf die Ausbreitung von Stickstoffdioxid. Ebenfalls sind Durchgänge, die parallel zur Emissionsquelle liegen, aufgrund der Windbedingungen sinnvoller als senkrechte Durchgänge, da durch Letztere das Stickstoffdioxid sich einfacher in die Innenhöfe ausbreiten kann. Der Faktor Wind beeinflusst die Genauigkeit der Messungen und die Verwendung von Turbulenzsperrern in den Passivsammlern ist für emissionsreiche Messstandorte empfehlenswert. Gleichzeitig ist der Wind aber auch für die lokale Verbreitung von Stickstoffdioxid bedeutsam.

Dieser Artikel entstand in Zusammenarbeit mit Studierenden der Kanti Baden (David Hänggi, Joel Marcin, Gaurav Parthasarathy, Dario Pfyffer, Jasmin Probst, Desirée Rau); Corinne Schmidlin, Stadtökologie Baden und Markus Schenk, Abteilung für Umwelt.