

# Luftschadstoffmessungen der Kantonsschule Baden

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

**Vergangenen Sommer führten Schülerinnen und Schüler des Schwerpunktfachkurses Biologie/Chemie der Kantonsschule Baden Messungen der Stickstoffdioxidkonzentration der Badener Luft durch. Ziel waren eine möglichst akkurate Erarbeitung des momentanen Zustands und die Diskussion über mögliche Folgen des Umbaus der Schulhausplatzkreuzung Baden.**

Ob die Massnahmen effektiv die erwartete Wirkung zeigen werden, ist schwierig abzuschätzen – einige Experten vertreten sogar den Standpunkt, dass der Umbau eine Zunahme des Verkehrs ermöglicht und dadurch eine Erhöhung der Schadstoffbelastung begünstigt. Der Bewertung des gegenwärtigen Zustandes haben sich die Schülerinnen und Schüler eines Schwerpunktfachkurses der Kantonsschule Baden angenommen, unter Anleitung ihres Chemielehrers R. Deuber und in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Umwelt des Kantons Aargau und der Stadtökologie Baden.



Foto: Kantonsschule Baden

Mit solchen Passivsammlern wurden die Messungen durchgeführt. Durch eine chemische Substanz im Sammler wird das Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) absorbiert. Später kann im Labor die  $\text{NO}_2$ -Konzentration bestimmt werden.

Der Umbau der Schulhausplatzkreuzung in Baden – zentral gelegen und Knotenpunkt der Strassenachsen Neuenhof, Dättwil, Wettingen und Baden – ist momentan eines der intensiver besprochenen Themen in der Badener Politik. Man verspricht sich vom Umbau eine Erhöhung der Verkehrseffizienz: kürzere Haltezeiten, geschicktere Umleitung und generell einen besseren Verkehrsfluss. Zum Ziel haben diese Massnahmen einerseits die Verbesserung bzw. Beschleunigung für Badener An-, Durch- und Abreisende, andererseits aber auch eine Re-

duktion der durch die Wartezeiten der Autos ausgestossenen Schadstoffe – unter anderem eine Senkung der Stickstoffdioxidbelastung. Stickstoffdioxid gilt als Vorläufersubstanz zur Bildung von Ozon. Dieses Gas ist vor allem für die Atemwege und Schleimhäute schädlich.

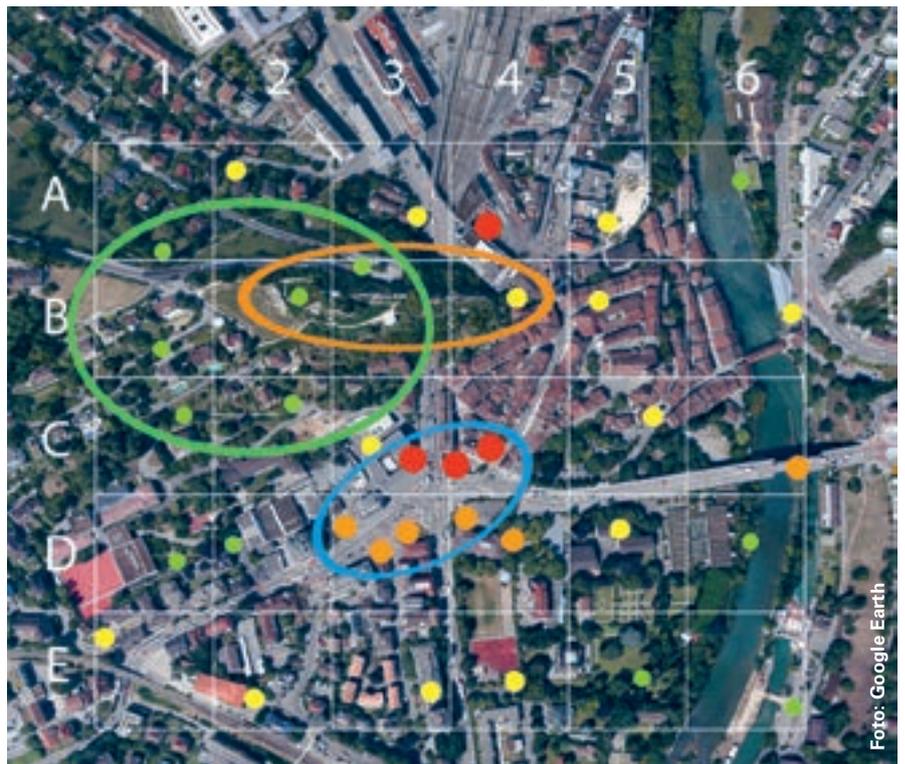


Foto: Google Earth

Ergebnisse der Messungen der Stickstoffdioxidkonzentrationen: Rot bedeutet, dass der Jahresmittelgrenzwert von 30 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft deutlich überschritten wird. In der Mitte des Kartenausschnitts befindet sich der Schulhausplatz Baden. Ebenfalls ersichtlich ist, dass Grünflächen einen Einfluss auf die Messwerte haben: Dies zeigt sich am deutlichsten bei den Messstationen D5 ( $23,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und C5 ( $25,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ): Trotz eher kleiner Distanz zur Emissionsquelle hat vor allem der von Grünflächen umgebene Messstandort D5 einen erkennbar tieferen Messwert.

Grün:  $<20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Gelb:  $20-30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Orange:  $30-40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Rot:  $>40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

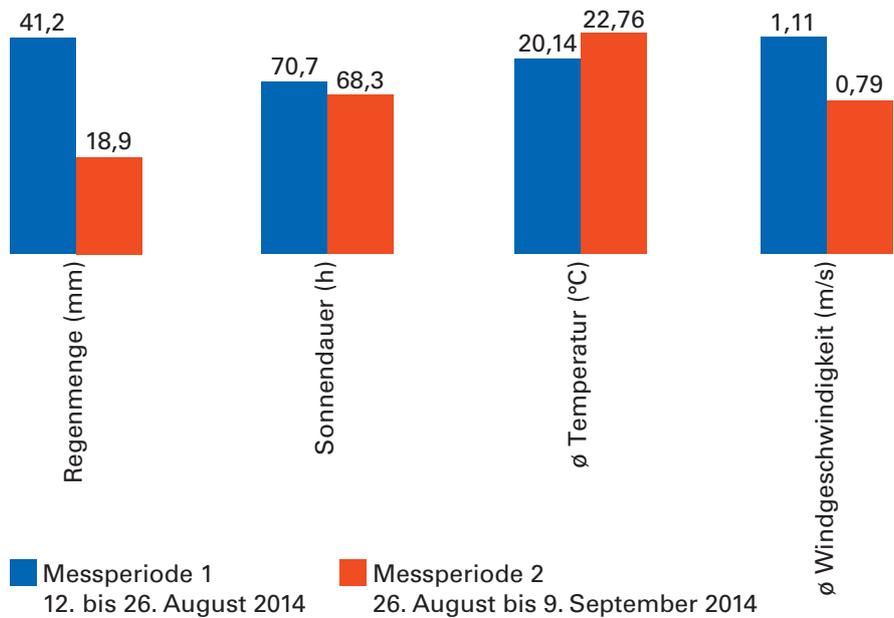
Luft  
Lärm

So wurden während vier Wochen umfassende Stickstoffdioxidmessungen im Raum Baden durchgeführt. Es hätten auch direkt das Ozon gemessen werden können. Da die Ozonkonzentration in der Luft aber von Stunde zu Stunde – insbesondere bei Sonneneinstrahlung – sehr stark schwanken kann, ist eine Analyse des beständigeren und konstanteren Vorläuferstoffs Stickstoffdioxid sinnvoller. Zu diesem Zweck wurden Passivsammler verwendet, die an den verschiedenen Standorten auf zwei bis drei Metern Höhe aufgehängt wurden, damit die Luft ungehindert hineindiffundieren konnte. Durch eine chemische Substanz im Sammler wird das Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) absorbiert. Nach der Exposition wurden die Passivsammler im Labor mit einer Lösung gefüllt, die eine Reaktion mit dem NO<sub>2</sub> eingeht. Bei diesem Vorgang entsteht ein violetter Farbstoff, dessen Konzentration sich proportional zu den NO<sub>2</sub>-Konzentrationen verhält. Auf diese Weise kann der NO<sub>2</sub>-Gehalt in der Flüssigkeit bestimmt und daraus die NO<sub>2</sub>-Konzentration in der Umgebungsluft berechnet werden.

### Gesamtübersicht

Für die diesjährige Messung hat die Kantonsschule Baden das Zentrum der Stadt Baden in ein Raster unterteilt und vermessen. Jeder Punkt auf der Karte steht für eine Messglocke, die an einem für das jeweilige Rastergebiet typischen Ort aufgehängt wurde. Dies kann zum Beispiel an einem Baum im Boveri-Park oder bei einer Bushaltestelle in der Weiten Gasse sein. Bei näherer Betrachtung der Messergebnisse fallen zuerst die hohen Werte in der Mitte der Karte auf, welche den Jahresmittelgrenzwert von 30 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft deutlich überschreiten: Dort befindet sich die Schulhausplatzkreuzung, welche die Hauptemissionsquelle für das NO<sub>2</sub> darstellt. Als Vergleichsgrösse wurde übrigens der Jahresmittelgrenzwert der Luftreinhalteverordnung herangezogen, um die Messwerte orientierend einschätzen zu können. Hohe NO<sub>2</sub>-Konzentrationen finden sich auch entlang der Hauptstrassen. Es gibt allerdings grosse Unterschiede in

### Vergleich der Wetterverhältnisse in den beiden Messperioden



*In der zweiten Messperiode war das Wetter deutlich wärmer und es gab weniger Niederschlag. Dadurch war die Stickstoffdioxidkonzentration auch etwas höher.*

der Stadt Baden: In den Aussenquartieren wurden Konzentrationen gemessen, die deutlich unter dem Grenzwert liegen. Wenn man die Karte genauer betrachtet, erkennt man, dass die Werte umso tiefer sind, je weiter sie von der jeweilig nächsten Emissionsquelle entfernt sind – was auch zu erwarten ist. Doch dies erklärt nicht alle Konzentrationsunterschiede. Nicht nur die Entfernung zur Emissionsquelle ist wichtig, sondern offensichtlich auch die Bepflanzung in der Umgebung. In Bereichen mit Grünflächen wie Wiesen, Bäumen und Sträuchern sind die Werte generell tiefer. Auch die Windverhältnisse können eine grosse Rolle spielen. So waren die Werte in der Badener Altstadt vor allem in der ersten Messperiode deutlich erhöht – vermutlich durch Westwind-Verfrachtungen von NO<sub>2</sub>-Emission der Schulhausplatzkreuzung.

### Meteorologische Einflüsse

Auch andere Wetterfaktoren können einen Einfluss auf die NO<sub>2</sub>-Werte haben, wie die Auswaschung der Luftschadstoffe durch Regen oder deren Verfrachtung durch Windrichtungsänderungen. Aus diesem Grund wurden

nicht nur die Messwerte miteinander verglichen, sondern auch das Wetter der ersten und der zweiten Messperiode analysiert. Die erste Messperiode (12. bis 26. August 2014) war vor allem durch Niederschlag, kühles Wetter und wenig Sonneneinstrahlung bzw. UV-Strahlung geprägt, wohingegen in der zweiten Messperiode (26. August bis 9. September 2014) weniger Niederschlag und messbar wärmeres Wetter vorherrschte.

In beiden Messperioden war es eher windstill, wobei in der ersten eine Südwestlage vorherrschte, die sich in der zweiten in eine nordöstliche Lage umwandelte. Obwohl die Unterschiede in den beiden Perioden damit nicht sehr gross waren, haben sie sich doch in den Messwerten niedergeschlagen: Die durchschnittliche NO<sub>2</sub>-Konzentration in der ersten Messperiode betrug 25,8 und in der zweiten 28,5 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft. Die leichte Zunahme von der ersten zur zweiten Messperiode lässt sich vor allem dadurch erklären, dass es in der zweiten Periode weniger geregnet hatte als in der ersten, sodass NO<sub>2</sub> weniger stark ausgewaschen wurde.

Die Unterschiede der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in den beiden Messperioden waren insgesamt aber eher gering – vor allem in der Stadtmitte. Dies ist durch die ähnlichen Wetterverhältnisse erklärbar.

### **Einfluss von Grünflächen oder der Limmat auf die NO<sub>2</sub>-Konzentration**

Grüngebiete wie Baum-, Busch- und Grasflächen haben erwiesenermassen einen senkenden Einfluss auf die NO<sub>2</sub>-Konzentration in der Luft, da die Pflanzen Gase – unter anderem auch Stickstoffdioxid – durch die Spaltöffnungen an der Blattunterseite aufnehmen können. Die genauen Vorgänge dieser Absorption werden momentan noch erforscht und sind noch nicht ganz geklärt. Bei den Messungen ist auffällig, dass die Werte der Messglocken, die in unmittelbarer Nähe von Bäumen oder anderen Grünflächen aufgehängt wurden, deutlich tiefer sind. Die Grünflächen können grosse Emissionsquellen allerdings nicht vollständig kompensieren: Direkt neben einer Emissionsquelle sind die Werte trotz umliegender Grünfläche erhöht.

Vor den Messungen vermuteten die Schülerinnen und Schüler, dass die Limmat eine konzentrationsenkende Wirkung haben würde. Einerseits wurde angenommen, dass durch die Strömung ein Wind entsteht, der die Schadstoffe stromabwärts treibt. Andererseits wurde spekuliert, dass die Temperaturunterschiede zwischen Luft und Wasser zu einer Luftumwälzung führen könnten, welche die Diffusion der Schadstoffe erhöht.

Bei der Auswertung der Messungen musste aber festgestellt werden, dass ein diesbezüglicher Einfluss von den verkehrsbedingten Emissionen übertroffen wurde, sodass keine verminderten Werte in der Nähe der Limmat festgestellt werden konnten. Eine starke Umwälzung kann ebenfalls ausgeschlossen werden, da die Werte bei Emissionsquellen in Flussnähe ähnlich hoch sind wie bei Orten, die weiter vom Fluss entfernt sind. Passiv kann der Limmat jedoch durchaus eine Rolle in der Konzentrationsveränderung zugeordnet werden, da sie die umgebende Vegetation, Bebauung und in kleinerem Masse auch den Wind beeinflusst.

### **Höhendiffusion**

Auf dem Schlossberg, wo sich auch die Ruine Schloss Stein befindet, wurden aufgrund der Höhe des Ortes und des starken Pflanzenbewuchses die tiefsten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen erwartet. Erstaunlicherweise bestätigten die gemessenen Werte diese Vermutung jedoch nicht.

Tatsächlich wurden die tiefsten Werte in der Nähe der stark befahrenen Mellingerstrasse gemessen (C1, C2 und D1). Sie verläuft eher in einer Senke und wäre somit der These nach ein Anreicherungsort für das Stickstoffdioxid. Als Erklärung bieten sich die dort vorhandenen Grünflächen an, die wie schon angesprochen eine senkende Wirkung auf das NO<sub>2</sub> haben.

Die Tatsache, dass die Werte auf dem Schlossberg trotz der als optimal vermuteten Lage nicht die tiefsten sind, kann man sich durch die zwischen Schulhausplatz und Bruggerstrasse hohe Verkehrsbelastung erklären – vor allem zu Stosszeiten. Die entstehende hohe NO<sub>2</sub>-Konzentration kann man sich als einen sich immer höher auftürmenden, instabilen Berg vorstellen, der einerseits in die Breite, aber auch in die Höhe ausweicht, sodass man



Vergleich der Stickstoffdioxidkonzentrationen am Schulhausplatz von 2006 (hellblau) und 2014 (orange)

von einer Höhendiffusion sprechen kann. Diese wird wahrscheinlich zusätzlich noch durch den kurzen Tunnel unter dem Berg verstärkt.

**Bushaltestellen erhöhen die NO<sub>2</sub>-Konzentration**

Bushaltestellen haben einen grossen Einfluss auf die NO<sub>2</sub>-Konzentration, denn die Busse besitzen Dieselmotoren und stossen teilweise direkt NO<sub>2</sub> aus. Die meisten anderen Fahrzeuge stossen zuerst Stickstoffmonoxid aus, das dann mit Luftsauerstoff langsam zu Stickstoffdioxid umgewandelt wird. Diesen Einfluss sieht man beim Messstandort in der Weiten Gasse (C4) am besten bestätigt. Dort hängt die Messglocke nur wenige Meter von der alle sieben Minuten befahrenen Bushaltestelle entfernt, weshalb dort auch der höchste Wert gemessen wurde. Die Höhe des Wertes kann mit der Lage der Bushaltestelle erklärt werden. Diese liegt südlich von der Messglocke, sodass das ausgestossene Stickstoffdioxid in der ersten Messperiode mit dem südwestlichen Wind zur Glocke hin geweht wurde. Eine ähnliche Situation findet sich auch am Messstandort Rütistrasse (A2). Dort hat die Bushaltestelle aber einen kleineren Einfluss, da sie nicht so stark frequentiert wird.

**Jahresvergleiche beim Schulhausplatz**

Der Schulhausplatz wird in den nächsten Jahren mit dem Ziel umgebaut, den Verkehrsfluss zu verbessern. Da die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen nach dessen Fertigstellung voraussichtlich ebenfalls von einer Schwerpunktfachklasse der Kantonsschule Baden gemessen werden, lassen sich diese Auswirkungen des Umbaus direkt bewerten.

Vergleicht man die diesjährigen Messwerte beim Schulhausplatz mit denjenigen von 2006, lässt sich der Schluss ziehen – unter Berücksichtigung, dass die etwas tieferen Werte dieses Jahres mit dem schlechteren Wetter erklärt werden können –, dass sich die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen nicht wesentlich geändert haben dürften.

Welchen Einfluss der Umbau des Schulhausplatzes haben wird, lässt sich natürlich erst nach dessen Fertigstellung beantworten.

**Fazit**

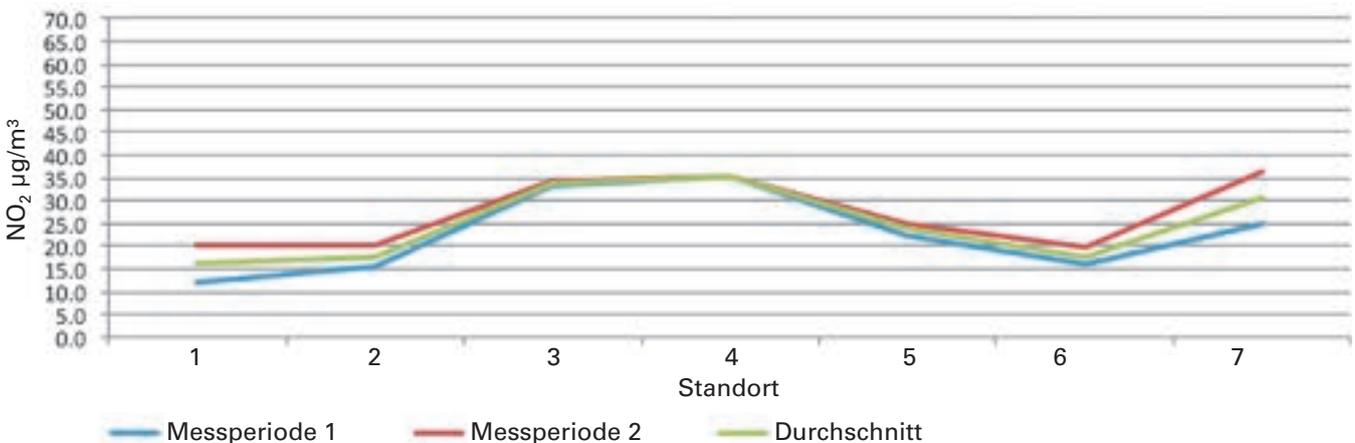
Die NO<sub>2</sub>-Messungen der Schülerinnen und Schüler der Kantonsschule Baden haben gezeigt, dass die stärksten NO<sub>2</sub>-Emissionsquellen der Stadt Baden erwartungsgemäss entlang der Hauptverkehrsachsen verlaufen. Die Hauptquelle bildet dabei die Kreuzung beim Schulhausplatz, in deren Nähe sehr hohe Werte gemessen wurden, die den Jahresmittelgrenzwert für NO<sub>2</sub> von 30 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft teilweise beträchtlich überstei-

gen. Abgesehen davon liegen allerdings nur wenige Messstandorte in der Nähe dieses Grenzwerts, und in den begrünten Aussenquartieren wurden teilweise auch sehr geringe Werte gemessen. Erstaunlich sind jedoch die grossen Unterschiede auf relativ kleiner Fläche: Die Werte der Messungen reichen von Konzentrationen von rund 10 bis zum höchsten gemessenen Wert von 65 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft in der Weiten Gasse im Zentrum von Baden.

Vermutlich wird die NO<sub>2</sub>-Emission nach dem Umbau des Schulhausplatzes sinken. Allerdings besteht die Besorgnis, dass eine Erhöhung der Effizienz des Verkehrs auch eine Erhöhung der Verkehrsdichte mit sich bringt. Dementsprechend könnten die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Zentrum rund um den Schulhausplatz zwar sinken, sich aber in der Peripherie von Baden – vor allem entlang der Hauptverkehrsachsen – aufgrund des möglichen höheren Verkehrsaufkommens erhöhen.

Diesen Artikel haben folgende Autoren und Autorinnen verfasst: Miro Müller, Katarina Petric, Daniel Ging, Sandro Hügli, Marc Shaw, Studierende der Kantonsschule Baden, Roger Deuber, Lehrperson. Er entstand in Zusammenarbeit mit Markus Schenk und Jutta Ansorg, Abteilung für Umwelt.

**Querschnitt des Messgebiets in Richtung West-Ost**



Ein Querschnitt der gemessenen NO<sub>2</sub>-Konzentrationen durch das gesamte Messgebiet zeigt, dass die Konzentrationsunterschiede zwischen den beiden Messperioden im Zentrum wesentlich kleiner sind als in der Peripherie. Die Ursache dafür dürfte in der NO<sub>2</sub>-Verfrachtung durch den Wind liegen: Während in der Peripherie je nach Windrichtung und -stärke NO<sub>2</sub> weggeweht oder von der Emissionsquelle zugeweht werden kann, scheint der Einfluss des Windes direkt bei der Emissionsquelle nur gering zu sein.