

**Zeitschrift:** Magglingen : Monatszeitschrift der Eidgenössischen Sportschule  
Magglingen mit Jugend + Sport

**Herausgeber:** Eidgenössische Sportschule Magglingen

**Band:** 49 (1992)

**Heft:** 7

**Artikel:** Ozon : kann man damit leben?

**Autor:** Schott, Thomas

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-993120>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Ozon – kann man damit leben?

Thomas Schott

**Um die Kursteilnehmer mit den Luftschadstoffen vertraut zu machen und sie auf das Thema zu sensibilisieren, wurde die Abteilung Umwelttechnik der Ingenieurschule Biel (IBS) im Sommer 1991 gebeten, ihren Messwagen auf der Terrasse der ESSM aufzustellen. Thomas Schott, Ingenieur und Lufthygieniker war mit dem Einrichten und Betrieb des Wagens, an dem an einer Stirnseite eine riesige Anzeige angebracht war, beauftragt. Er versucht, einige Unsicherheiten zu beseitigen und Zusammenhänge aufzuzeigen.**

Aus der Sicht der Lufthygieniker der ISB war der Standort Magglingen, 450 m über Biel und 3 km vom Stadtzentrum entfernt, interessant, weil hier die typischen Umwandlungsprozesse beim Transport der Schadstoffe in Reinluftgebiete studiert werden können (Abb. 1). Die Ergebnisse können außerdem mit anderen Messungen verglichen werden, die im Rahmen des Nationalen Forschungsprojektes «Lufthaushalt und Luftverschmutzung in einer Schweizer Stadt» in Biel erhoben wurden. Alle Arbeiten dieses Forschungsprojektes wurden von Heinz Wanner (1991) in einem Buch zusammengefasst.

Beim Betreuen des Messwagens musste ich im Gespräch mit Sportlern

120 µg/m<sup>3</sup>?), und wie Ozon entsteht, wissen die wenigsten. Außerdem werden die anderen Luftschadstoffe oft vergessen.

## Mengenangaben und ihre Einheiten

In der Luftreinhalteverordnung (LRV) werden Schadstoffgrenzwerte in µg/m<sup>3</sup> (Mikrogramm pro Kubikmeter Luft) angegeben, also das Gewicht des Schadstoffes in einem Volumen. Haben Sie schon einmal versucht, ein Gasteilchen auf eine Waage zu legen? – es könnte etwas schwierig werden! Vielleicht ist es leichter, das Gasteilchen als Prozentzahl eines Luftvolumens zu messen.

Genau das machen die Hersteller der Messgeräte. Die Anzahl Ozonmoleküle beträgt aber im Verhältnis zu den Luftmolekülen kein Prozent, sondern einige Hundertmillionstel eines Prozentes. Deshalb wird die Einheit ppb (parts per billion) zur Angabe der Ozonteile verwendet. In Abb. 2 sind Namen und deren Wertigkeit aufgelistet.

Will man nun wissen, wieviele µg/m<sup>3</sup> Ozon es sind, wenn ein Messgerät zum Beispiel 60 ppb anzeigt, so muss der Messwert mit einem Faktor multipliziert werden, der vom Luftdruck und der Lufttemperatur abhängig ist. Als Näherung kann für Ozon der Faktor 2 eingesetzt werden. Somit sind:

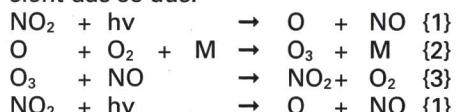
$$60 \text{ ppb} \approx 120 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ Ozon.}$$

## Wie Ozon entsteht

Ozon ( $\text{O}_3$ ) wird nicht direkt aus einem technischen Gebrauchsgerät (Auto, Heizung, usw.) ausgestossen, sondern ist ein Sekundärprodukt, das unter Einwirkung von Sonnenlicht aus Schadstoffen wie Stickstoffdioxyd ( $\text{NO}_2$ ), Kohlenmonoxyd ( $\text{CO}$ ), Methan ( $\text{CH}_4$ ) und weiteren flüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen (VOC = engl.: Volatile Organic Compounds) entsteht.

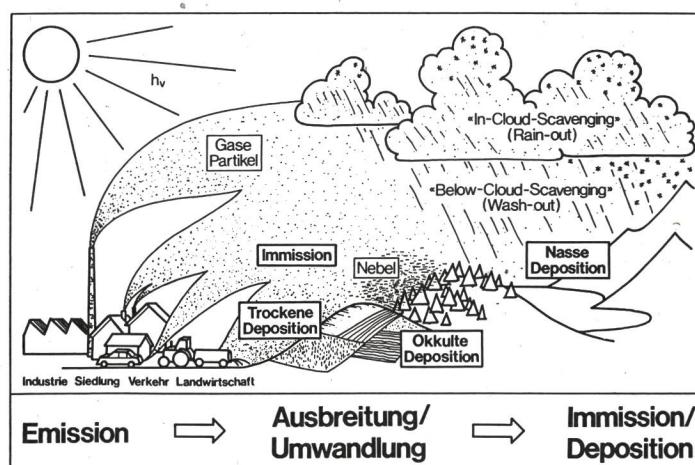
Hat es in einer Umgebungsluft viele Stoffe, mit denen  $\text{O}_3$  reagieren kann (z.B. Stickstoff, NO), so wird  $\text{O}_3$  zu  $\text{O}_2$  = Sauerstoff reduziert. Mit den häufigsten Schadstoffen  $\text{NO}_2$  und NO (zusammen oft als NOx bzw. Stickoxyd bezeichnet) stellt sich ein Gleichgewicht zwischen Ozonproduktion/Stickoxydreaktion einerseits und Ozonreduktion/Stickoxydproduktion andererseits ein.

Mit chemischen Formeln dargestellt sieht das so aus:



Darin sind:

hv: die Energie des ultravioletten Sonnenlichtes (mit einer Wellenlänge um 400 nm).



**Abb. 1: Wanderung der Luftschadstoffe vom Entstehungsort in die Umgebung (aus Wanner 1991).**

oder Passanten immer wieder dieselben Fragen beantworten. Bezuglich Luftverschmutzung ist offenbar noch vieles unklar. So scheinen sich die wenigsten bei der Mengenangabe eines Schadstoffes und deren Bedeutung auszukennen. Über die Toxizität des Ozons herrscht eine grosse Unsicherheit (was ist das, LRV-Grenzwert

Name	Kürzel	als Dez-Bruch von 1	in %
Prozent	%	0,01	1,0
Promille	‰	0,001	0,1
parts per million	ppm	0,000001	0,00001
parts per billion*	ppb	0,000000001	0,00000001

**Abb. 2: \*Im englischen Sprachraum kennt man die Milliarde nicht!**

M: ein sogenannter Stosspartner, ein Gasmolekül, das in die chemische Umsetzung nicht eingebunden ist, aber den Prozess auslöst (z.B.: CO<sub>2</sub>).

Diese drei Umwandlungsprozesse (Formeln 1 bis 3) sind nur einige von zahlreichen chemischen Prozessen, die in der verunreinigten Luft ablaufen. Es würde den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen, auf die anderen Prozesse auch noch einzugehen.

Formel 1 zeigt, wie die Ozonbildung direkt von der Intensität der Sonneneinstrahlung abhängt. Verallgemeinernd kann man sagen, dass einerseits bei intensiver Sonneneinstrahlung viel Ozon gebildet, andererseits bei grosser Luftverschmutzung auch Ozon abgebaut wird.

Das Balkendiagramm in Abb. 3 mit den Tagesmittelwerten vom 6.8.1991 für Bern, Biel und Magglingen soll diese Aussage illustrieren. Bei jedem Balkenpaar ist jeweils der linke Balken die NO<sub>2</sub>-Konzentration und der rechte Balken die O<sub>3</sub>-Konzentration. Betrachtet man nur die NO<sub>2</sub>-Konzentration, so sieht man, was man erwartet: je kleiner der Ort, desto weniger NO<sub>2</sub> (in Biel sind es etwa  $\frac{2}{3}$  von Bern und in Magglingen ist es knapp  $\frac{1}{4}$  des Bernerwertes). Man neigt dazu, die O<sub>3</sub>-Konzentration an den verschiedenen Orten proportional zu den NO<sub>2</sub>-Konzentrationen zu erwarten. Doch die Natur lehrt uns eines anderen. Die Chemie nach den Formeln 1 bis 3 ist voll im Gang. Betrachten wir das Ver-

## Wie stark leiden wir unter dem Einfluss von Ozon?

Wie giftig ist nun Ozon wirklich? Die Grenzwerte in der LRV kamen nicht willkürlich zustande, sondern wurden von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) aufgrund verschiedener weltweit gemachter Studien empfohlen. Mit andern Worten: Länder, die höhere Luftschaadstoffgrenzwerte in ihren Gesetzen haben als die Schweiz, halten sich nicht an die Empfehlungen der WHO. Da man mit der Umweltschutzgesetzgebung nicht den Menschen allein, sondern auch seine Lebensgrundlage (seine Mittewelt, die manchmal empfindlicher ist als der Mensch) schützen will, sind die Grenzwerte relativ tief angesetzt. Bei Ozon zum Beispiel dort, wo Ernteeinnissen zu verzeichnen sind. Pflanzen haben also bereits einen gewissen Schaden erlitten. Kurz, die LRV nimmt Artikel 1 des Umweltschutzgesetzes (USG) ernst, denn dort heisst es:

**Art. 1 Zweck:** Dieses Gesetz soll Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume gegen schädliche oder lästige Einwirkungen schützen und die Fruchtbarkeit des Bodens erhalten. Im Sinne der Vorsorge sind Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden können, frühzeitig zu begrenzen.

Morton Lippmann vom Institute of Environmental Medicine der University of New York fasst in einer Veröffent-

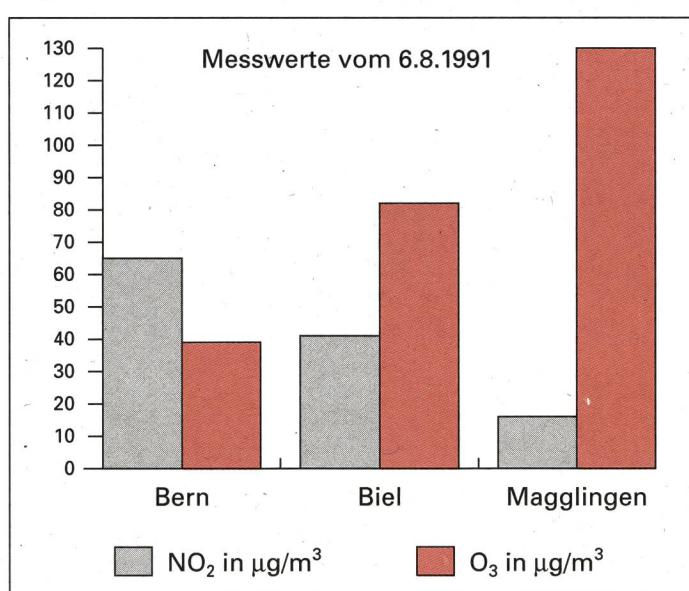
lung mit 80 ppb ( $\approx 160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Ozon auf. Nach jeder Stunde wurde die Lungenfunktion mittels dem sogenannten Erstsekundenvolumen (FEV1) gemessen. FEV1 steht für Forced Expiratory Volume in 1 second und bedeutet, dass die Versuchsperson nach maximaler Einatmung soviel Luft als möglich ausatmet. Das Ergebnis des Versuches ist in Abb. 4 dargestellt.



Die Kurve zeigt, wieviele ml Luft die Versuchspersonen nach jeder Exposition (Ex.) weniger ausatmen konnten bezogen auf die erste Exposition (0 ml auf der Y-Achse). Der leichte Anstieg der Kurve von Pre nach Ex. 1 ist als Trainingseffekt der Probanden zu verstehen. Die Kurve zeigt deutlich, dass bei 80 ppb Ozon die Lungenfunktion zunehmend beeinträchtigt wird. Weiter wollte man wissen, ob es einen Ozongrenzwert gibt, bei dessen Überschreitung man sagen kann, dass die Menschen Entzündungszeichen in den Bronchien und Alveolen zeigen. Ein solcher Schwellenwert konnte nicht gefunden werden. Viel mehr kam heraus, dass schon bei leicht erhöhten Ozonbelastungen solche Entzündungen zu erwarten sind.

In einer dritten Arbeit wurde untersucht, ob die über einen Tag gemessene Ozonkonzentration mit einem Faktor umgerechnet werden muss, um die Konzentration zu kennen, der ein Mensch wirklich ausgesetzt ist. Entscheidend ist dabei die Tatsache, dass sich die meisten Leute einer Industriegesellschaft während zirka 80% eines Tages in einem Raum aufhalten und Ozon sich in Räumen abbaut. Die Ozonkonzentration ist also in einem Raum niedriger als im Freien. Für verschiedene Wohn- und Arbeitsräume wurden entsprechende Prozentwerte der Ausenkonzentration gefunden, von denen zwei Durchschnittswerte hier angegeben sind:

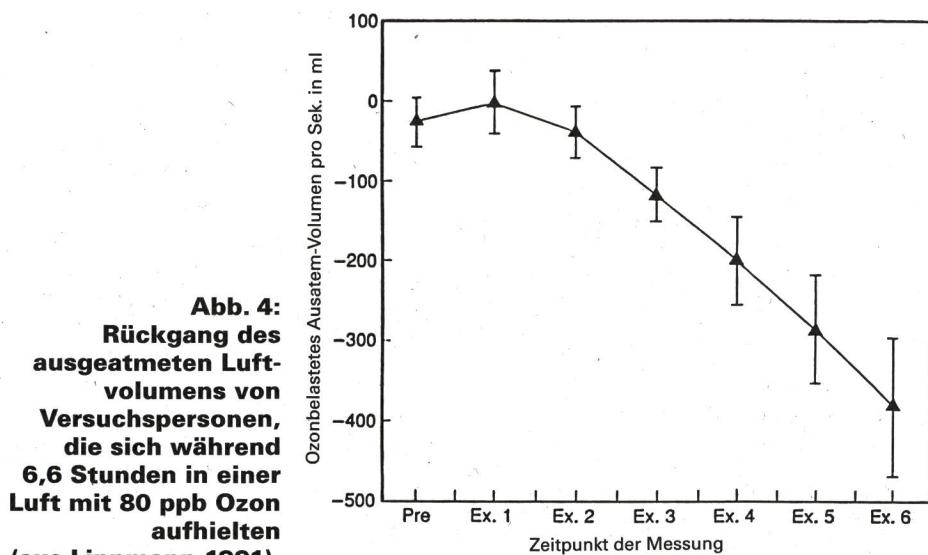
**Abb. 3:**  
Verhältnis O<sub>3</sub>  
(rechter Balken)  
zu NO<sub>2</sub> (linker  
Balken) in Bern,  
Biel und  
Magglingen.



hältnis O<sub>3</sub> zu NO<sub>2</sub>, so erhalten wir für Bern: 1:1,7 für Biel: 1:0,5 und für Magglingen: 1:0,11. Das heisst, in Bern hatte es auf 10 µg Ozon 17 µg Stickstoffdioxid, in Biel hingegen auf 10 µg Ozon nur 5 µg Stickstoffdioxid und in Magglingen auf 10 µg Ozon gar nur 1 µg Stickstoffdioxid. Würden wir Stickstoffdioxid, nicht aber Ozon als Luftschaadstoff betrachten, so wäre in Magglingen Reinstluft zu finden.

lichung Ergebnisse verschiedener Versuche mit Ozon, die in den USA an Menschen gemacht wurden, zusammen. Vier dieser Experimente seien hier zur Erklärung der Grenzwertfrage kurz wiedergegeben:

In einem ersten Versuch wollte man wissen, ob Ozon eine Auswirkung auf die Lungen des Menschen hat. Dazu hielten sich 38 gesunde junge Männer während 6,6 Stunden in einem Klima-



**Abb. 4:**  
**Rückgang des ausgeatmeten Luftvolumens von Versuchspersonen, die sich während 6,6 Stunden in einer Luft mit 80 ppb Ozon aufhielten (aus Lippmann 1991).**

- 65% in Räumen mit Fenstern zum Öffnen
  - 32% in Räumen mit Klimaanlagen
- Das bedeutet, dass ein Mensch, der in einer Wohnung mit Fenstern zum Öffnen lebt, während eines Tages nur zirka 65% des im Freien vorhandenen Ozons einatmet.

## Die anderen Luftschadstoffe werden oft vergessen

Die Luftschadstoffe NO, NO<sub>2</sub>, VOC und Staub (z.B. Russpartikel aus den Dieselfahrzeugen) dürfen nicht vergessen werden! Sie setzen den Augen, den Bronchien, den Lungen und den Schleimhäuten genau so zu wie Ozon. Außerdem ist zu bedenken, dass die Russpartikel der Dieselfahrzeuge Krebs auslösend sind. In der schon erwähnten Publikation von Lippmann (1991) wird dazu folgende Beobachtung beschrieben: Kinder, die an Sommerlagern teilnahmen, wo viel im Freien gespielt wurde, zeigten eine stärkere Verminderung der Lungenfunktionen als Kinder, die in einem Klimaraum bei vergleichbaren Ozonkonzentrationen vergleichbare körperliche Leistungen erbrachten. Man folgerte daraus, dass die anderen Schadstoffe nicht vergessen werden dürfen. In einem Kontrollversuch absolvierten deshalb junge erwachsene Nichtraucher in einem Schadstoffgemisch aus säuerlichen Aerosolen, NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> (einer typischen Stadtluft), verschiedene sportliche Übungen. Unmittelbar vor und nach jeder Übung wurde die Atemfunktion der Probanden gemessen. Der Versuch bestätigte, was die Sommerlagerkinder zeigten und man im Ozoneifer vergessen hatte: Das Zusammenspiel mehrerer Luftschadstoffe wirkt auf den Menschen toxischer, als ein einzelner Schadstoff in einer hohen Konzentration (wird in Wanner behandelt S. 321-362).

**Fazit:** Für eine seriöse Beurteilung der Luftqualität müssen alle darin enthaltenen Schadstoffe berücksichtigt werden!

## Luftmessungen als Entscheidungshilfe bei der Unterrichtsplanung

Durch die Wahl des Zeitpunktes, wann eine Sportlektion angesetzt wird, kann auf den Tagesverlauf der Schadstoffe am Unterrichtsort eingegangen werden. Dieser Zeitpunkt ist von Ort zu Ort verschieden, denn er ist von verschiedenen Faktoren abhängig; nämlich von

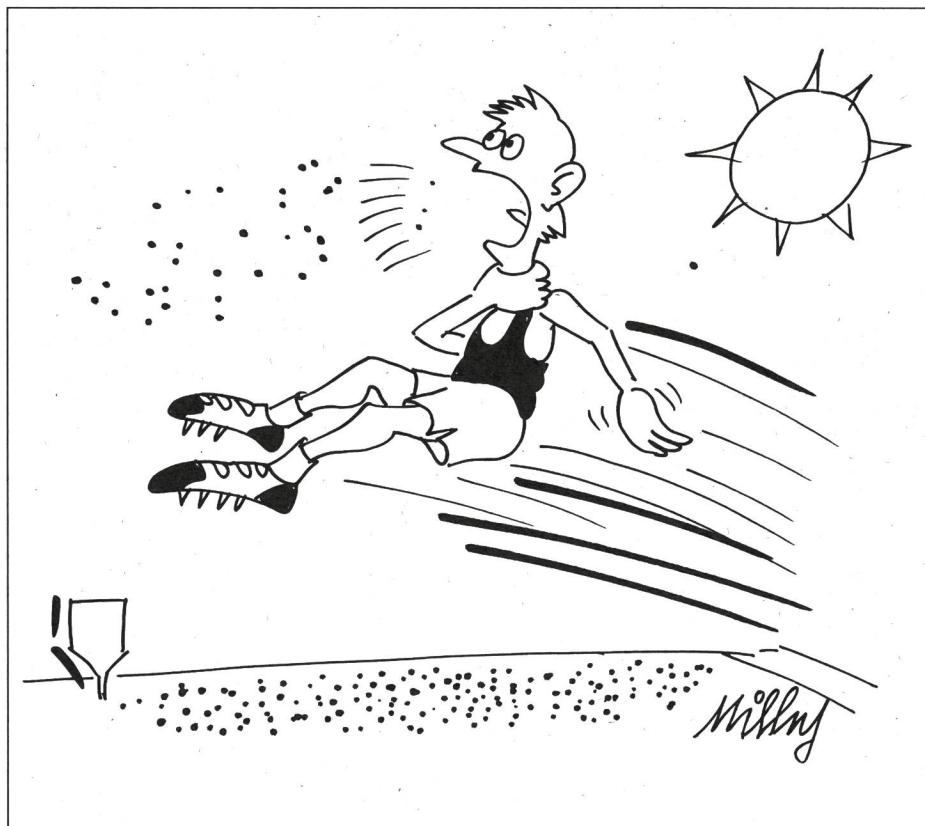
- der Grösse des Ortes: Stadt oder Dorf;
- dem Verkehrsaufkommen im Ort: liegt er an einer Transitstrasse;

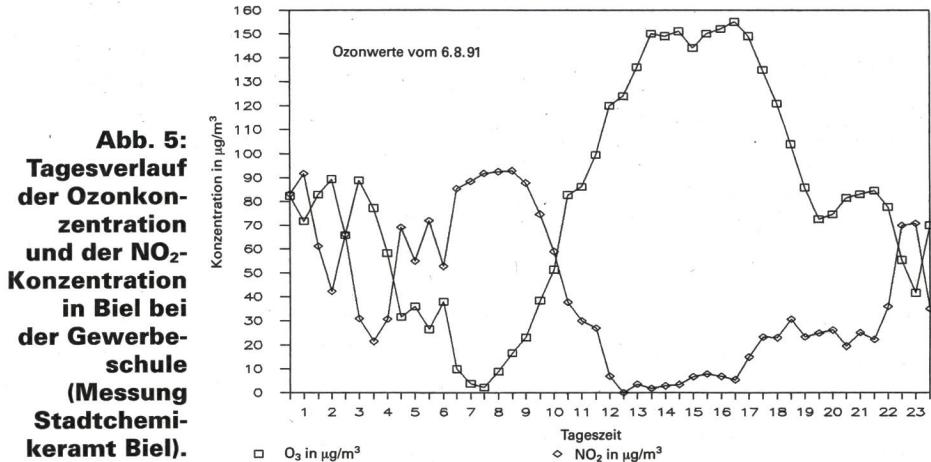
- der Durchlüftung des Ortes: liegt er in einem Tal, an einem See, auf einem Hügel, ist eine Stadt in der Nähe.

Die drei folgenden Tageskurven vom 6.8.1991 der Ortschaften Bern, Biel und Magglingen sollen diese Unterschiede etwas illustrieren. Bern wird ganz anders durchlüftet als das 30 km entfernte Biel. Magglingen ist nur 3 km von Biel entfernt und wird wegen seiner Lage auf einem Hügel nicht gleich durchlüftet wie Biel.

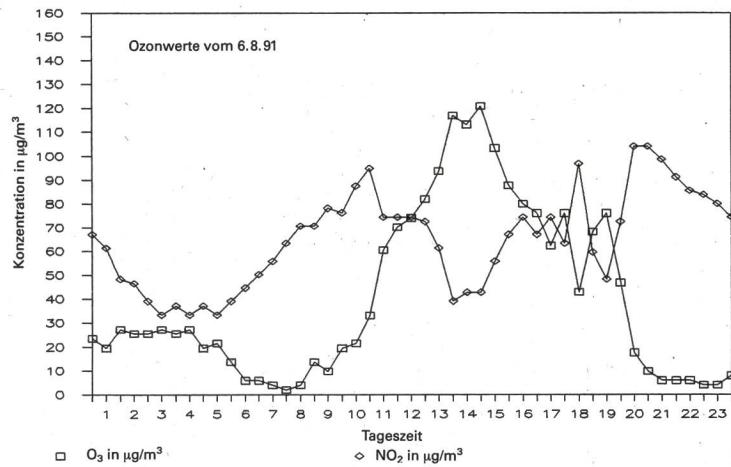
Der Verlauf der Bielerkurven (Abb. 5) ist von allen Kurven der anschaulichste: Morgens um 6 Uhr beginnt der Arbeitsverkehr bis zirka 8 Uhr. In dieser Zeit wird das noch vorhandene Ozon fast ganz in NO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> zurückverwandelt. Mit der Sonnenstrahlung in die Stadt, um zirka 9 Uhr, beginnt die Ozonproduktion und nimmt bei Sonnenuntergang wieder ab. Ab etwa 17 Uhr beginnt erneut der Arbeitsverkehr, was die NO<sub>2</sub>-Konzentration ansteigen lässt. Nach dieser groben Analyse eines typischen «Bielertages» wäre es sinnvoll, die Sportlektionen in Biel morgens zwischen 9 und 10 Uhr anzusetzen.

Auch bei den Bernerkurven (Abb. 6) sieht man wie der Arbeitsverkehr morgens um 6 Uhr zunimmt und etwa um 10 Uhr zurückgeht, wie er abends um 17 Uhr erneut aufkommt und bis etwa 19 Uhr dauert. Der Einfluss der Sonnenstrahlung kann man an der ab 10 Uhr ansteigenden Ozonkurve ablesen. Würde man die Sportlektionen wie in Biel zwischen 9 und 10 Uhr ansetzen, so erhielten die Bernerschüler/-innen etwa 15% mehr NO<sub>2</sub> und etwa 40% weniger Ozon verabreicht als die Bieler/-innen.

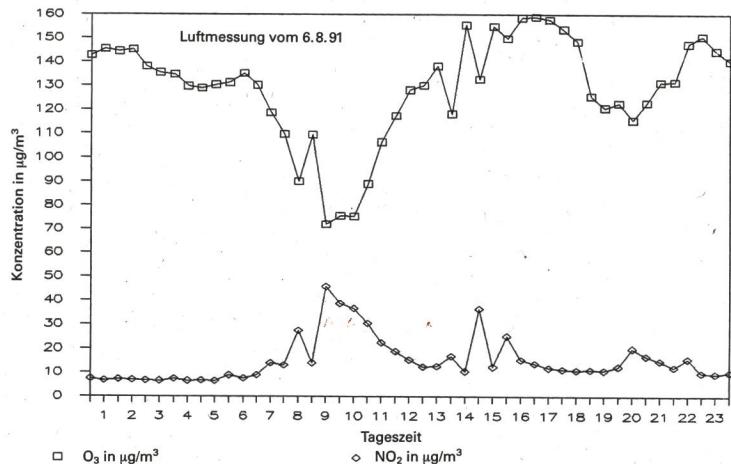




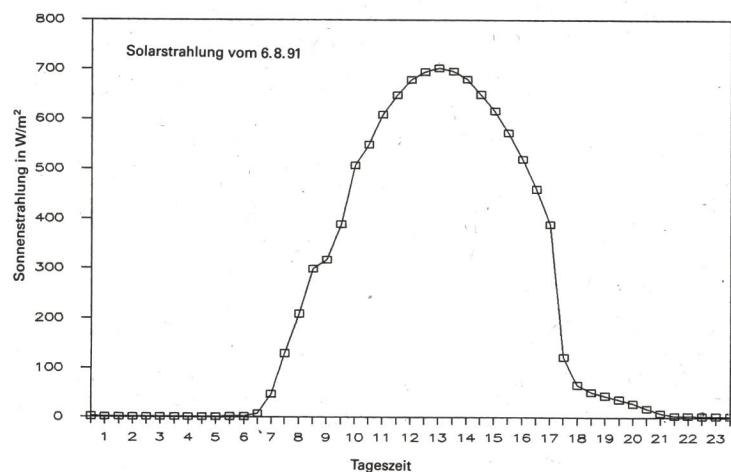
**Abb. 6:**  
Tagesverlauf  
der Ozon-  
konzentration  
und der NO<sub>2</sub>-  
Konzentration  
in Bern Brunn-  
gasshalde  
(Messung Amt  
für Umwelt-  
schutz Bern).



**Abb. 7:**  
Tagesverlauf  
der Ozon-  
konzentration  
und der NO<sub>2</sub>-  
Konzentration  
in Magglingen  
bei der ESSM  
(Messung  
Ingenieur-  
schule Biel).



**Abb. 8:**  
Tagesverlauf  
der Sonnen-  
strahlung in  
Magglingen  
bei der ESSM  
(Messung  
Ingenieur-  
schule Biel).



Da man versuchen sollte, die Schadstoffbelastung so niedrig wie möglich zu halten, wäre es sinnvoll, in Bern die Sportlektionen gleich auf Schulbeginn um 7.30 Uhr festzulegen. Die NO<sub>2</sub>-Konzentration ist dann etwa gleich wie zwischen 9 Uhr und 10 Uhr in Biel und die Ozonbelastung sogar um 80% tiefer.

In Magglingen konnten wir die Schadstoffe NO<sub>2</sub>, CO, und VOC während unserer Messcampagne nicht messen, weil die Konzentrationen zu klein waren, um sie mit unseren Messinstrumenten erfassen zu können. Die Gesamtbelastung mit diesen Schadstoffen ist hier also sehr gering! Um dies zu verstehen, kann man sich die Schweiz als eine Badewanne vorstellen, mit den Alpen und dem Jura als Rand. Magglingen befindet sich auf dem Rand dieser Badewanne. Scheint nun die Sonne in diese Badewanne, so verdunstet etwas Wasser. Dieser Dampf steigt wegen des thermischen Effektes auf. In Magglingen nimmt deshalb die NO<sub>2</sub>-Belastung am Morgen nicht wegen des Arbeitsverkehrs zu, sondern

Der SLS hat in Zusammenarbeit mit dem BUWAL und der ESSM 1991 eine Broschüre «Ozon liegt in der Luft» verfasst, die mit ihren Empfehlungen immer noch Gültigkeit hat.

(Red.)

Bezug:  
SLS, Postfach 202, 3000 Bern 32

wegen der durch die Erwärmung bedingten thermischen Aufwinde: Die Schadstoffe von Biel werden dem Jura-hang entlang nach oben verfrachtet. Das ultraviolette Licht der Sonnenstrahlung wirkt im Sinne der Formeln 1 bis 3. Wenn die Schadstoffe in Magglingen ankommen, sind sie fast ganz umgeformt (Abb.1). Legt man die Kurve der Sonnenstrahlung (Abb.8) über die Schadstoffkurve von Magglingen (Abb.7), so sieht man, wie nach acht Uhr dieser Transport durch Aufwinde einsetzt.

#### Literaturverzeichnis

- Wanner, H. 1991: Biel, Klima und Luftverschmutzung einer Schweizer Stadt. Bern: Paul Haupt: 455 S.  
Lippman, M. 1991: Health effects of tropospheric Ozone. Environmental Science & Technologie, Vol. 25, No. 12: Seiten 1954–1962.

#### Anschrift des Verfassers:

Thomas Schott, Dipl. Ing. HTL, Burgerweg, 2532 Magglingen