



# Immissionsmessungen Zoo Zürich Ozon im Wald

Batteriestrasse/Heubeeriweg, 8044 Zürich  
28.3.2001 bis 19.7.2001

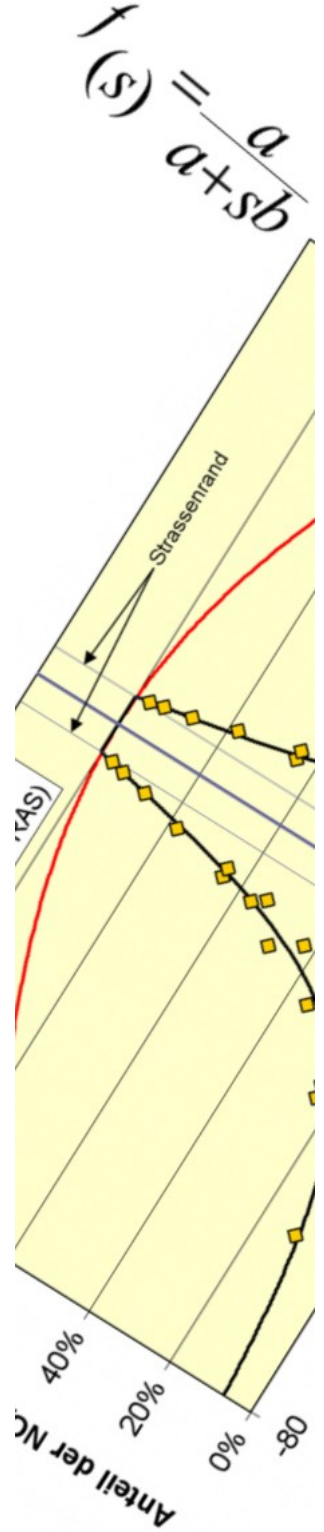
## MESSBERICHT

Bericht Nr. 20040630

### Verfasser/in:

Markus Scheller, wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Fachbereich Labor

Zürich, Juni 2004



## **Impressum**

### **Herausgeberin**

Stadt Zürich

Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich UGZ

Abteilung Umwelt  
Fachbereich Labor  
Walchestrasse 31  
8021 Zürich

### **Sachbearbeitung**

Markus Scheller

Susanne Schlatter

Noël Rederlechner

Jürg Brunner

## INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung und Zielsetzung.....	1
2	Messprogramm und Methodik .....	2
3	Messort und Messperiode .....	3
4	Resultate.....	5
5	Beurteilung.....	11



# 1 Einleitung und Zielsetzung

In den Schubladen des UGZ lagen seit längerer Zeit Projektideen, um die „Filterfunktion“ des Waldes auf Luftschadstoffe zu untersuchen. Der Anstoss zu einer Immissionsmessung im Wald gab das Praktikum „System Anthroposphäre — Teil Umwelthygiene“, welches jährlich im Rahmen des Studienganges der Umweltnaturwissenschaften an der ETH Zürich durchgeführt wird. Das Praktikum behandelt Themen aus dem Bereich der Mensch-Umwelt-Beziehungen. Im Jahr 2001 bestand das Praktikumsziel in der systemischen Betrachtung der Beziehungen von Mensch, Wald und Luftschadstoffen. Im Zürichbergwald sollten auch Erfahrungen im Bereich der Messtechnik gesammelt werden. Der UGZ begleitete dieses Messpraktikum und bot Hilfe bei messtechnischen Problemen. Zudem wurde das UGZ-Messfahrzeug mit Online-Gasanalytoren zur Verfügung gestellt. Nebst der Begleitung des ETH-Praktikums, bot sich die Möglichkeit die „Waldmessdaten“ mit den Messdaten der nahe gelegenen Ozon-Messstation Heubereibühl zu vergleichen, um einen allfälligen Ozonabbau durch den Pflanzenbewuchs erkennen zu können. Aussagen über eine abschirmende Wirkung der Waldvegetation sollten so möglich gemacht werden.

## 2 Messprogramm und Methodik

Kontinuierlich erfasst wurden Ozon und Stickstoffoxide. Mit NO<sub>2</sub>-Passivsammler wurden 14-Tagesmittelwerte erfasst

Die eingesetzten Messgeräte:

- Stickoxide: Horiba APNA 350 E
- Stickstoffdioxid: Passivsammler mit Turbulenzsperrern, 3-fach Bestimmung (Methode UGZ)
- Ozon: Dasibi 1008 AH, Horiba APOA 350 E

### 3 Messort und Messperiode

#### 3.1 Messort

Es erwies sich als sehr schwierig, am Zürichberg im Wald einen geeigneten Messort, mit einem Stromanschluss in der Nähe, zu finden. Freundlicherweise konnte uns der Zoo Zürich behilflich sein und richtete uns einen Abstellplatz für das Messfahrzeug ein. Der Messort befand im Bereich Rütiholz, auf dem Gelände des Zoo Zürich. In der Nähe der Kreuzung Batteriestrasse/Heubereiweg stand der Messwagen im Wald. Die Distanz zum Waldrand betrug zirka 50 Meter. Die nächste Strasse mit Motorfahrzeugverkehr liegt mehr als 300 Meter vom Messort entfernt.

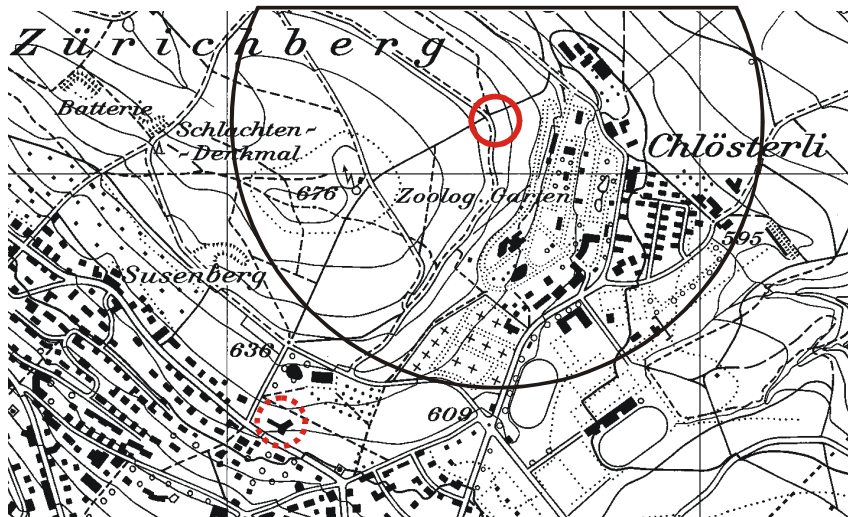


Abb. 1 Kartenausschnitt vom Quartier Fluntern mit rot markiertem Messstandort. Der schwarze Kreis bestimmt ein Gebiet mit einem Radius von ca. 500 Metern.

#### 3.2 Bilder vom Messort

Detailansichten vom Messort zur Orientierung und Dokumentation der näheren Umgebung



Abb. 2 Fotos vom Messort.



Abb. 3 Orthofoto des Messorts.

### 3.3 Messperiode

Die Messperiode im Zoo Zürich fiel relativ kurz aus, da der Messwagen ab August 2001 für Qualitätskontrollfunktionen gebraucht wurde. Von Ende März bis Mitte Juli standen somit etwa dreieinhalb Monate zur Verfügung. Auch wenn die zur Beantwortung der Fragestellung wichtige Phase des Hochsommers nur relativ knapp in die Messperiode fiel, war es doch interessant während der Vegetationsentwicklung messen zu können.

Tab. 1 Eckdaten der Messungen.

Messung	Beginn	Ende
Waldrand, Zoo Zürich	28. März 2001	19. Juli 2001



## 4 Resultate

Die Basis der Auswertung bildeten 30-Minuten-Mittelwerte. Wurden Tageswerte verschiedener Stationen miteinander verglichen, berücksichtigte man nur die Tage mit gültigen Messwerten aller Stationen.

### 4.1 Periodenwerte Zoo Zürich

Tab. 2 Periodenmittelwerte.

	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>
	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Anzahl Überschreitungen
	ppb	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	>120 µg/m <sup>3</sup>
28.3.01 – 19.7.01	11.8	3.3	17.6	77.1	129

### 4.2 Vergleich der Mittelwerte zwischen Stampfenbachstrasse, Zoo und Schulhaus Heubeeribüel

Tab. 3 Hochrechnung Jahresmittelwerte

	NO <sub>x</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert
	ppb	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Zoo	11.8	3.3	17.6	77.1
Stampfenbachstrasse	29.5	14.2	34.8	59.6
Heubeeribüel	-	-	-	75.2
Verhältnis Zoo/Stampfenbachstr.	0.40	0.23	0.51	1.29
Jahresmittel 2001 Stampfenbachstr.	41.2	27.0	37.4	40.2
<b>Jahresmittel Zoo berechnet</b>	<b>16.5</b>	<b>6.2</b>	<b>19.1</b>	<b>51.9</b>

### 4.3 Ozonvergleich während der Messperiode vom 28. März bis zu 19. Juli

In Abb. 4 ist der Vergleich der maximalen Stundenmittelwerte pro Tag grafisch dargestellt. Es mussten gültige Messresultate aller drei Messstellen vorliegen, damit sie in der Darstellung aufgeführt wurden.

Im Frühling und Frühsommer weist die Station Zoo Zürich an den meisten Frühlingstagen die grössten Belastungen auf. Teilweise sind jedoch sogar die Ozonwerte der verkehrsexponierten Station Stampfenbachstrasse die Höchsten. Die Grafik zeigt ebenfalls, dass die Ozonmessstation Heubeeribüel jedoch ab Anfang Juli jeweils an stark ozonbelasteten Tagen die deutlich

höchsten maximalen Stundenwerte aufweist. Auch mit der Verlegung der Station Heubeeribüel in die benachbarte CS-Sportanlage (auf Grund grösserer Umbauarbeiten im Schulhaus Heubeeribüel), hat sich das Verhältnis der Spitzenwerte nicht verändert.

Tab. 4 Ozon-Kenndaten.

	Zoo	Stampfenbachstrasse	Heubeeribüel
max. 1h-Mittel	169.3 µg/m³	153.4 µg/m³	176.2 µg/m³
Verhältnisse	110 %	100 %	115 %
98% Wert	137.3 µg/m³	131.5 µg/m³	137.3 µg/m³
Anz. Überschreitungen > 120 µg/m³	165	101	138*
Anz. Überschreitungen > 160 µg/m³	3	0	11

\* Die Anzahl Überschreitungen der Messstation Heubeeribüel ist auf Grund von Messgerätausfällen an ozonbelasteten Tagen zu tief ausgefallen. Ohne Messausfälle dürfte sie um 20 bis 40 Überschreitungen höher liegen.

Die Ozonwerte vom Zoo Zürich sind ab Mitte Juni deutlich niedriger als diejenigen vom Heubeeribüel. Der Mittelwert der maximalen Ozonstundenmittel vom Zoo sinkt von 112 % des Stampfenbachstrassewertes in der ersten Periode, auf 103 % in der zweiten Periode.

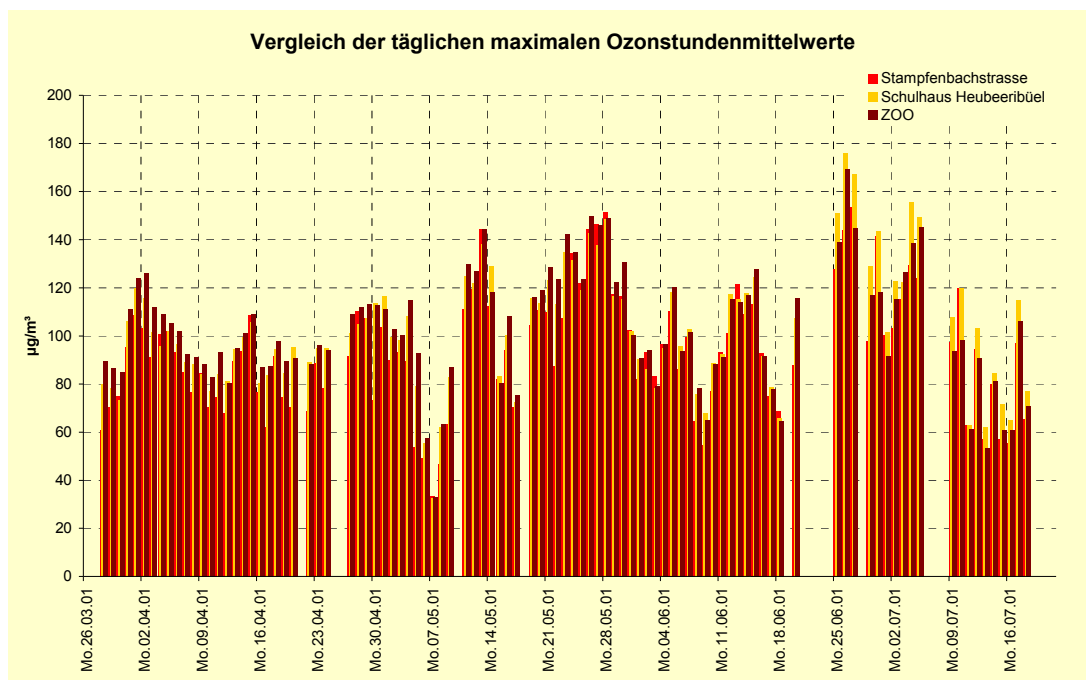


Abb. 4 Vergleich der maximalen Stundenmittel pro Tag von drei Stationen während der Messperiode. von Ende März bis Mitte Juli 2001.

Die Werte in den folgenden drei Tabellen beziehen sich jeweils nur auf die Tage mit Messwerten aller drei Stationen.

Tab. 5 Mittelwerte der maximalen Ozonstundenmittel.

	Stampfenbachstrasse	Heubeeribüel	Zoo
28. März 2001 – 20 Juni 2001	92.0 µg/m³	99.3 µg/m³	102.8 µg/m³
Verhältnis	100 %	108 %	112 %
21. Juni 2001 - 19. Juli 2001	101.2 µg/m³	114.4 µg/m³	104.1 µg/m³
Verhältnis	100 %	113 %	103 %

Tab. 6 Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwerts.

	Stampfenbachstrasse	Heubeeribüel	Zoo
28. März 2001 – 20 Juni 2001	36	61	91
21. Juni 2001 - 19. Juli 2001	34	77	54

Tab. 7 Ozonmittelwerte.

	Stampfenbachstrasse	Heubeeribüel	Zoo
28. März 2001 – 20 Juni 2001	57.3 µg/m³	73.3 µg/m³	77.1 µg/m³
Verhältnis	100 %	128 %	135 %
21. Juni 2001 - 19. Juli 2001	63.9 µg/m³	81.8 µg/m³	74.6 µg/m³
Verhältnis	100 %	128 %	117 %

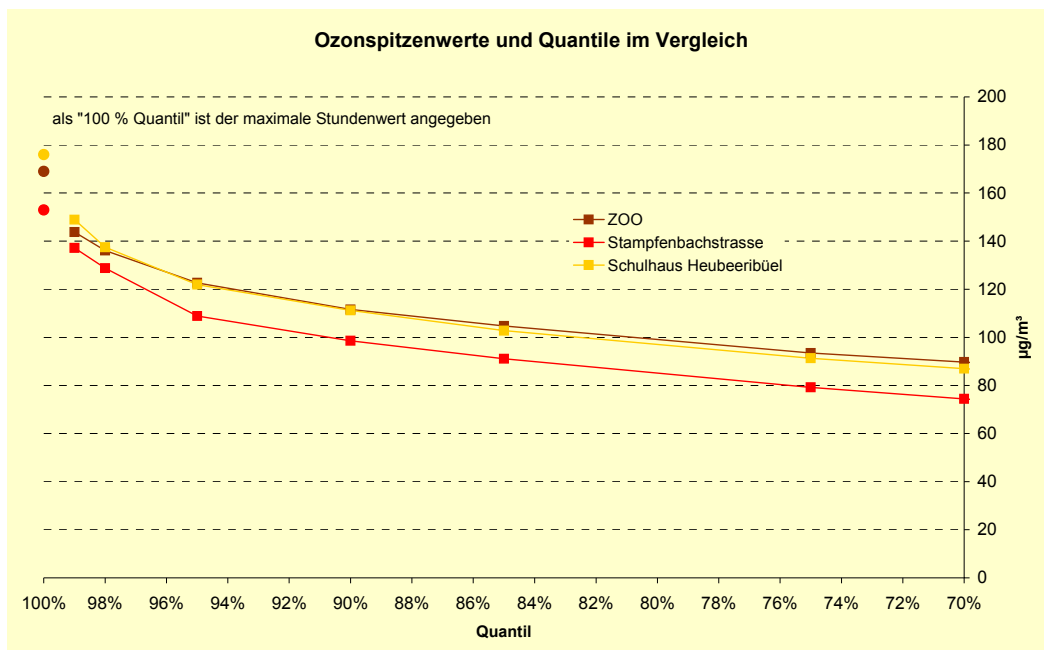


Abb. 5 Darstellung der Quantilwerte und der maximalen Stundenmittelwerte während der Messkampagne vom 28. März 2001 bis zum 19. Juli 2001.

Die Quantilwerte während der Messperiode vom 28. März bis zum 19. Juli sind in Abb. 5 dargestellt. Zusätzlich sind die maximalen Stundenwerte der drei Stationen als 100 % Quantil aufgezeichnet. Bei hohen Quantilwerten (> 95 Prozent) zeigen die Heubeeribüel-Daten die

höchsten Werte. Unterhalb des 95 Prozentwertes weist hingegen die Messstation Zoo die höchsten Werte auf. Beim Standort Zoo Zürich handelt es sich um einen ozongünstigen Messpunkt, jedoch scheinen die Ozon-Spitzenbelastungen im Hochsommer im Vergleich zu Heuberibüel abgeschwächt zu werden.

#### 4.4 Halbstundenwerte im Vergleich

In Abb. 6 sind zwei Ozonverläufe dargestellt. Der Obere deckt die Periode von Ende April bis Anfang Mai ab, die Untere die Periode von Ende Juni bis Anfang Juli. Beide Zeiträume zeichnen sich durch relativ hohe Ozonbelastungen aus. Ende April, anfangs Mai beginnt die Vegetationsperiode der Laubbäume im Wald. Das heisst es haben sich zu diesem Zeitpunkt etwa 50 % ihrer Blätter entfaltet. An den meisten Tagen der Grafik „Ozonverlauf April / Mai“ sind die höchsten Ozonkonzentrationen bei der Station Zoo auszumachen. Im Sommer ändert sich dieses Bild und es herrschen bei der Messstation Heuberibüel die stärksten Ozonbelastungen.

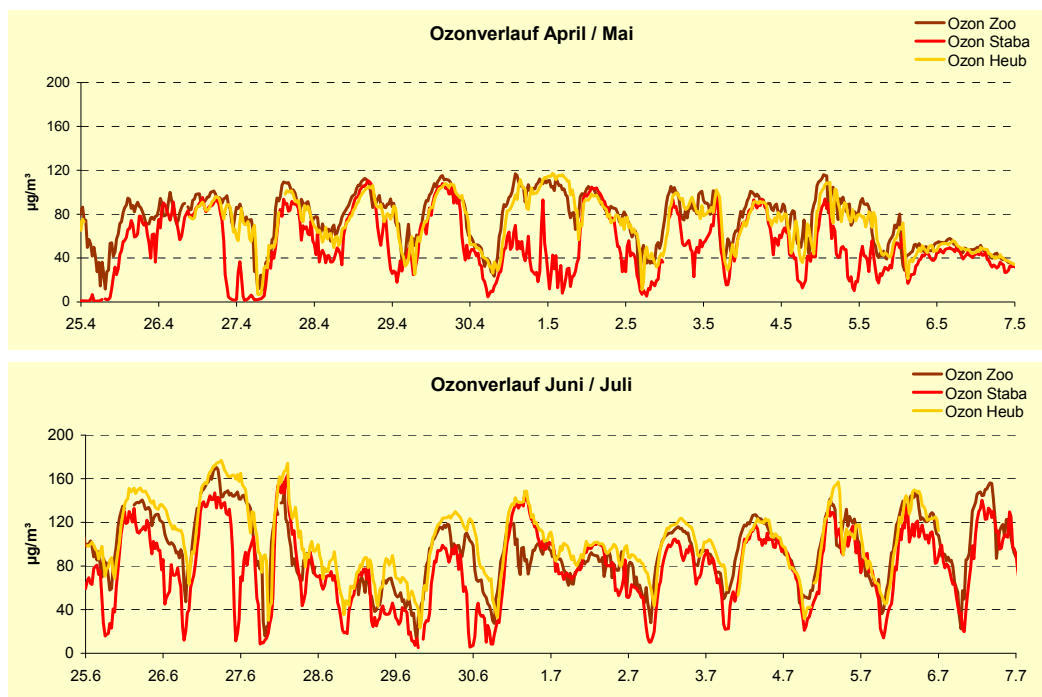


Abb. 6 Vergleich des Ozonverlaufes im Frühling, zu Beginn der Vegetationsperiode im Wald und im Sommer während einer Schönwetterperiode.

#### 4.5 Ozonvergleich: Maximale 1h-Werte über das ganze Jahr

Einen Vergleich der Ozonüberschreitungen für das ganze Jahr ist mit den Werten aus der Messkampagne Zoo nicht möglich. Zum Einschätzen der Ozonbelastung während des gesamten Sommers 2001 sind die Werte von der Stampfenbachstrasse und Heuberibüel in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tab. 8 Maximaler Stundenwert und Anzahl Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwerts über das ganze Jahr.

	Zoo	Stampfenbachstrasse	Heubeeribüel
Max. 1h-Mittel	-	208 µg/m <sup>3</sup>	230 µg/m <sup>3</sup>
Verhältnisse	-	100 %	111 %
Grenzwertüberschreitungen	-	199	270
Verhältnisse	-	100 %	136 %

### 4.6 Stickoxidbelastung am Messort Zoo Zürich

Die Verkehrsexposition der Messstation Zoo Zürich ist minimal. Die am nächsten gelegene, stärker befahrene Strasse liegt in etwa 400 Metern Entfernung. Dies ist gut am NO-Verlauf zu erkennen, denn Stickstoffmonoxid ist ein primärer Schadstoff und wird direkt von den Motorfahrzeugen ausgestossen. Er zeigt an Werktagen nur geringe Tagesspitzen. Am Beispiel der direkt verkehrsexponierten Station Stampfenbachstrasse sind die typischen „Doppelspitzen“ morgens und abends recht gut zu erkennen. Die „sekundär gebildete“ Stickstoffdioxidbelastung ist auch bei der Station Zoo an den NO<sub>2</sub>-Spitzen zu erkennen.

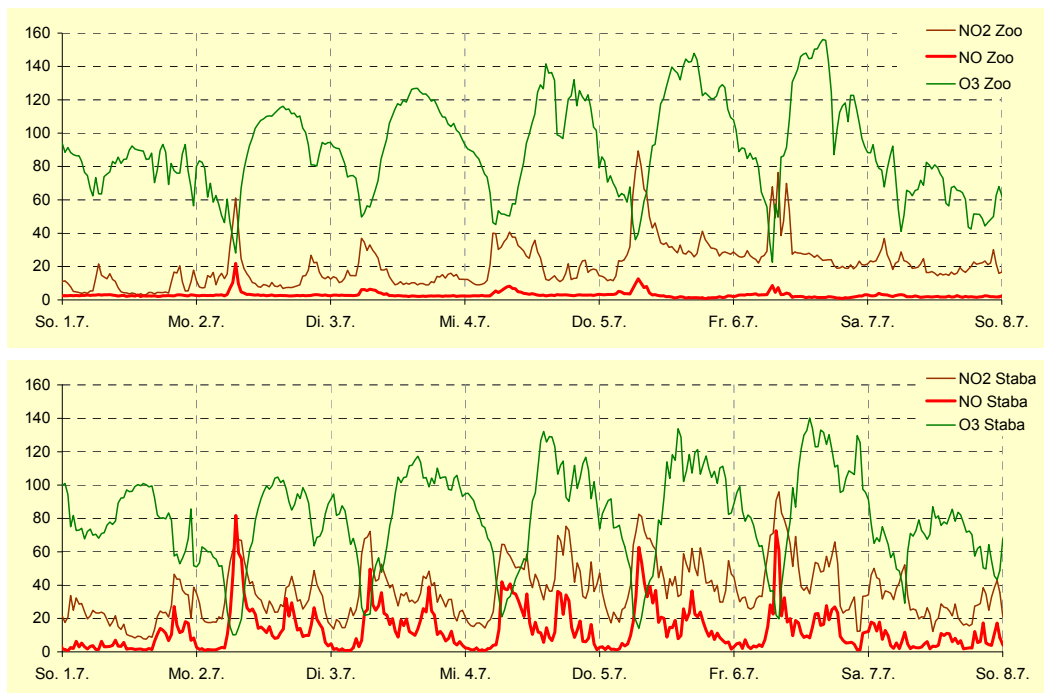


Abb. 7 Stickoxid-Situation bei der Messstation Zoo Zürich anfangs Juli im Vergleich zur Situation an der Stampfenbachstrasse im gleichen Zeitraum.

### 4.7 Witterung Frühling / Sommer 2001

Die warmen Monate Januar bis März bewirkten einen frühen Start der Vegetationsperiode. Durch den kühlen April verlor die Vegetation ihren Vorsprung wieder. Dadurch verlief die spätere Vegetationsentwicklung mehr oder weniger normal. Das bedeutet, dass auch die Entwicklung

der Blätter der Laubbäume sich im normalen Zeitrahmen entwickelten. In Abb. 8 sind die mittleren Monatstemperaturen grafisch dargestellt.

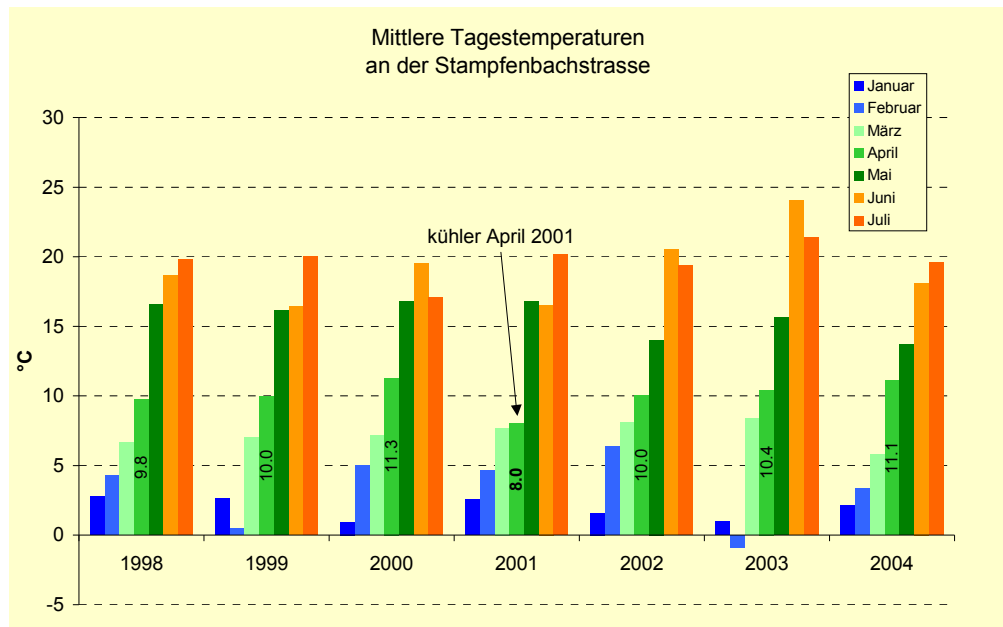


Abb. 8 Mittlere Monatstemperaturen an der Messstation Stampfenbachstrasse.

## 5 Beurteilung

Der Verlauf der Ozon-Spitzenkonzentrationen lässt sich in zwei Zeitabschnitte einteilen. Im Ersten, bis Mitte Juni, sind vorwiegend die Spitzenwerte der Station Zoo am höchsten. In dieser Periode sind auch die Ozonwerte der Station Stampfenbachstrasse vergleichsweise hoch. Mit dem Beginn der hochsommerlichen Wetter- und Schadstoffbedingungen im zweiten Zeitabschnitt, steigen die Konzentrationsspitzen beim Schulhaus Heubeeribüel verhältnismässig stärker an, an jene der andern beiden Stationen. Ein solches Verhalten zwischen Heubeeri- und Stampfenbachstrasse-Werten liess sich bereits in andern Jahren beobachten. Bei den Mittelwerten bleibt im Hochsommer das Verhältnis Stampfenbachstrasse zu Heubeeribüel konstant bei 128 %, während sich der Mittelwert der Station Zoo gegenüber der Stampfenbachstrasse von 135 % auf 117 % verringert.

Aus dem unterschiedlichen Verhalten der Stationswerte Heubeeribüel und Zoo im Hochsommer kann geschlossen werden, dass Einflüsse vorhanden sein müssen, welche die Bildung von Ozon, besonders von Ozonspitzen, behindern. Ein Faktor im Ozonbildungsprozess ist das Vorhandensein von Vorläufersubstanzen wie VOC und Stickoxide. Sind die Verhältnisse nicht „ideal“, verringern sich die Ozonspitzenwerte. Einen weiteren Einflussfaktor auf Ozonkonzentrationen stellt das Blätterdach des Waldes dar. Ozon reagiert schnell mit organischen Materialien (z. B. Zellschäden an den Blättern) und baut sich auf diese Weise ab. Der Messwagen im Zoo Zürich stand unter Laubbäumen im Wald in ca. 50 Metern Distanz zum Waldrand. Es ist möglich, dass die im Hochsommer vollständig ausgetriebenen Blätter der Waldvegetation die Ozonspitzenwerte messbar senkten.

Den Grund der niedrigeren Ozonwerte der Station Zoo Zürich während der hochsommerlichen Phase lässt sich nicht sicher ermitteln. Dazu wäre eine zweite Station in direkter Nähe, ausserhalb des Waldes von Vorteil gewesen. Mit zwei Stationen in unmittelbarer Nähe hätte man identische Bedingungen annehmen können. Es scheint jedoch wahrscheinlich, dass der Einfluss der Waldvegetation zu einer Senkung der Ozonwerte in der Sommerphase geführt hat.