

Weniger Stickoxide, gleich viel Ozon, noch immer Überschreitungen bei PM10

Auswirkungen der A4-Umfahrung auf die Luftbelastung in Feuerthalen

Im August 1996 wurde die A4-Umfahrung durch das Weinland von Winterthur nach Schaffhausen in Betrieb genommen. Ziel war es, Anliegergemeinden wie Feuerthalen und Hettlingen vom grossen Durchgangs-Transitverkehr zu entlasten. Die Auswirkungen der Umfahrung wurden in der Folge anhand von Verkehrszählungen und Messkampagnen in den Bereichen Luft und Lärm abgeklärt. Der erste von drei Artikeln erläutert den Vorher/Nachher-Vergleich im Sektor Luft. Hier hat sich die lokale Situation für die Gemeinden deutlich verbessert. Grossräumig gab es jedoch keine Änderungen.

Eine 1993/94 durchgeführte einjährige Messkampagne des AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft hatte gezeigt, dass die Grenzwerte von Stickstoffdioxid (NO₂) und Ozon (O₃) im Weinland überschritten wurden. Die Stickstoffdioxid-Belastung (NO₂) hatte an den verkehrsexponierten Lagen der Hauptverkehrsachse Zürich – Schaffhausen den Jahresmittelgrenzwert von 30 µg/m³ um 35 bis 60 Prozent deutlich überschritten.

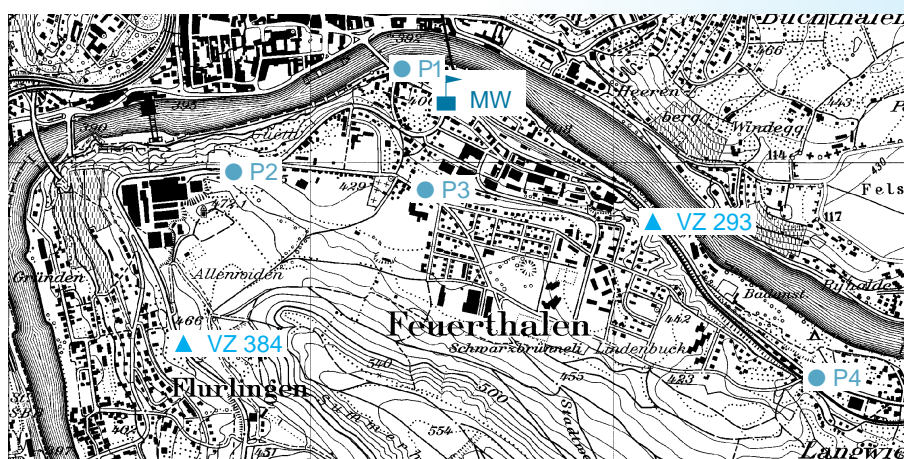
Diese übermässige Belastung war vor allem dem Nord-Süd-Transitverkehr anzulasten.

Mit dem Ziel, Gemeinden wie Feuerthalen und Hettlingen vom grossen Durchgangs-Transitverkehr zu entlasten, wurde die A4-Umfahrung durchs Weinland von Winterthur nach Schaffhausen realisiert und am 15. August 1996 in Betrieb genommen. Um die Auswirkungen dieser Verkehrsumlagerung auf die Luftqualität in Feuerthalen zu untersuchen, erfolgte durch das AWEL vom Oktober 1996 bis Oktober 1997 eine weitere Jahresmesskampagne.

Stickoxide und Ozon beeinflussen sich gegenseitig

Um die Immissionswerte zu beurteilen, müssen die komplexen Zusammenhänge zwischen Stickstoffoxiden (NO_x = NO + NO₂, im folgenden Stickoxide genannt) und Ozon (O₃) verstanden werden. Insbesondere Stickstoffdioxid (NO₂) und O₃ haben negative Auswirkungen auf die Gesundheit und die Vegetation.

Redaktionelle Verantwortung für diesen Beitrag:
AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Abteilung Lufthygiene
Markus Meier
8090 Zürich
Telefon 01 / 259 29 93
Telefax 01 / 259 51 78
E-Mail: markus.meier@zh.ch



Überblick über die Messstandorte:

- Messwagen (MW) Gemeindehaus-Parkplatz «Fürstengut»
- Passivsammler: Rheinbrücke (P1), Zürcherstrasse (P2), Kirchweg / Haldenweg (P3), Diessenhoferstrasse (P4)
- ▲ Verkehrszählstellen: 384 (Flurlingen) und 293 (Feuerthalen, Diessenhoferstrasse)

VERKEHR/LUFT

Messinfrastruktur und Standorteigenschaften

Messstelle	Messparameter	Standortcharakter
MW Messwagen → 30-Minuten-Mittelwerte	NO, NO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , SO ₂ , Schwebestaub (TSP), Meteorologie	Belastung durch den gesamten Durchgangsverkehr der beiden Achsen Schaffhausen – Zürich und Stein am Rhein – Schaffhausen
P1 = Passivsammler → 14-Tages-Mittelwerte	NO ₂	Belastung durch den gesamten Durchgangsverkehr der beiden Achsen Schaffhausen – Zürich und Stein am Rhein – Schaffhausen
P2 = Passivsammler → 14-Tages-Mittelwerte	NO ₂	Belastung durch die Verkehrsachse Zürich – Schaffhausen.
P3 = Passivsammler → 14-Tages-Mittelwerte	NO ₂	Hintergrundstandort, von den Verkehrsemissionen nicht direkt betroffen
P4 = Passivsammler → 14-Tages-Mittelwerte	NO ₂	Belastung durch die Verkehrsachse Stein am Rhein – Schaffhausen
VZ 293 = Verkehrszählstelle	DTV*	Verkehrsachse Stein am Rhein – Schaffhausen
VZ 384 = Verkehrszählstelle	DTV*	Verkehrsachse Zürich – Schaffhausen.

* DTV = durchschnittlicher täglicher Verkehr (Anzahl Fahrzeuge Montag bis Sonntag)

Die Stickoxide entstehen als Nebenprodukte von Verbrennungsprozessen. Der Verkehr verursacht rund 70 Prozent der Stickoxidbelastung. Die aus dem Auspufftopf stammenden Stickoxide werden hauptsächlich in Form des Vorläuferschadstoffes Stickstoffmonoxid (NO) emittiert. Ist Ozon in grosser Menge vorhanden, so wird NO unter Ozonabbau sehr schnell in NO₂ umgewandelt. Allerdings erfolgt die Umwandlung vor Ort nicht vollständig, da das Verhältnis NO₂/NO abhängig von der (übrigbleibenden) Ozonkonzentration ist. Das O₃ seinerseits entsteht unter Einwirkung von Sonnenlicht aus flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Seine Entstehung ist damit abhängig von der Witterung. Die NO_x wiederum wirken bei der Bildung von Ozon als Katalysator.

Diese komplexe Abhängigkeit führt zu der scheinbar paradoxen Situation, dass eine Reduktion der Vorläuferschadstoffe (Stickoxide und VOC) quellennah und kurzfristig eine Ozonerhöhung bewirkt. Dieser unerwünschte Nebeneffekt wird allerdings durch eine Reduktion des ebenfalls gesundheitlich bedenklichen NO₂ gemildert. Regional und langfristig betrachtet, trägt diese Emissionsreduktion jedoch zu der gewünschten weiträumigen Ozonreduktion bei.

Wie und wo wurde gemessen?

- Für beide Jahreskampagnen vor und nach Inbetriebnahme der Umfahrung wurde ein

Messwagen (MW) des AWEL eingesetzt, der mit diversen Analysen- und Meteorgeräten rund um die Uhr die Luftschadstoff-Konzentration registrierte.

- An vier weiteren Standorten (P1–P4) wurden mittels Passivsammler spezifisch Stickstoffdioxid (NO₂)-Messungen durchgeführt. Beim NO₂-Passivsammler handelt es sich um eine einfache und kostengünstige Messmethode, mit welcher eine zuverlässige Aussage über die Einhaltung des Jahresmittel-Grenzwertes gemacht werden kann, welcher in der Luftreinhalte-Verordnung festgesetzt ist. Diese Methode lässt jedoch keine Beurteilung der Kurzzeit-Grenzwerte zu. In Intervallen von zwei Wochen wurden die Passivsammler exponiert und anschliessend im Labor analysiert.
- Die Verkehrsdatenerhebung wurde an den Verkehrszählstellen (VZ 293 und 384) der beiden Hauptverkehrsachsen Zürich – Schaffhausen und Bodensee – Schaffhausen vorgenommen. Die Daten wurden uns durch die Fachstelle Lärmschutz (FALS) des Tiefbauamtes des Kantons Zürich zur Verfügung gestellt.

Verkehrsentwicklung

Die Verkehrszahlen in nebenstehender Tabelle belegen das stetige Verkehrswachstum und zeigen, dass die neue A4-Umfahrung vor allem für die Transitachse Zürich – Schaffhausen von Bedeutung ist.

Zürich – Schaffhausen

In den zwei Jahren vor Eröffnung der A4 wies die Nord-Süd-Transitachse eine Verkehrszunahme von acht Prozent aus. Durch die A4-Umfahrung konnte die Gemeinde Feuerthalen enorm entlastet werden. Das Verkehrsaufkommen an der Zürcherstrasse ging gegenüber 1994 um rund zwei Drittel (64 Prozent) zurück. Für die Kreuzung «Fürstengut» resultierte ebenfalls eine Abnahme von 39 Prozent.

Stein am Rhein – Schaffhausen

Allein in den zwei Jahren (1994 – 1996) vor Eröffnung der Umfahrung verzeichnete die Bodenseeachse einen deutlichen Verkehrszuwachs von 20 Prozent. Verglichen mit 1994 hat der Verkehr nach Eröffnung der A4-Umfahrung auf diesem Strassenabschnitt um weitere sechs Prozent zugenommen. Der Verkehrszuwachs konnte durch die A4-Umfahrung also nur teilweise kompensiert werden.

Schwebestaub

Für beide Messperioden wurde der LRV-Grenzwert für Gesamt-Schwebestaub (TSP) eingehalten. Der Jahresmittelwert lag vor Eröffnung der Umfahrung bei 44 µg/m³, nachher um 14 Prozent tiefer bei 38 µg/m³. Die Schwermetallanteile von Blei und Cadmium im Schwebestaub lagen bereits 1994 bei weniger als zehn Prozent des Grenz-

Ergebnisse der Verkehrszählungen

Fahrzeuge pro Tag: DTV (DTV = Durchschnittlicher täglicher Verkehr von Montag bis Sonntag)	Verkehrsachse Zürich – Schaffhausen (Zählstelle 384)	Verkehrsachse Stein a. R. – Schaffhausen (Zählstelle 293)	Kreuzung «Fürstentum» Schnittpunkt beider Verkehrsachsen (DTV-Zählstellen 384 und 293)
1994	15 300	8 800	rund 24 100
1996	16 600	10 600	rund 27 200
Verkehrszuwachs: (vor Eröffnung A4) Veränderung 1994/96 [%]	+ 8 %	+ 20 %	+13 %
1997	5 500	9 300	14 800
Verkehrsreduktion: (vor/nach Eröffnung A4) Veränderung 1994/97 [%] Veränderung 1996/97 [%]	- 64 % - 67 %	+ 6 % - 12 %	- 39 % - 46 %

Auswirkungen der Umfahrung auf die Luftqualität

Messstandorte	Max. Tagesmittel	Anz. Tagesmittel >IGW	Jahresmittelwerte				
			MW	P 1	P 2	P 3	P 4
1994 NO ₂ [µg/m ³]	88	2	41	49	44	26	30
1997 NO ₂ [µg/m ³]	103	3	32	35	26	23	26
Differenz [%]			-22	-29	-41	-12	-13
IGW LRV [µg/m ³]	80	1	30				
1994 NO [µg/m ³]			63				
1997 NO [µg/m ³]			33				
Differenz [%]			-48				
1994 NO _x [ppb*]			74				
1997 NO _x [ppb*]			44				
Differenz [%]			-41				
1994 Schwebstaub [µg/m ³]	107		44				
1997 Schwebstaub [µg/m ³]	121		38				
Differenz [%]			-14				
IGW LRV			70				

Die fettgedruckten Werte zeigen LRV-Grenzwertüberschreitungen an. Für NO_x und NO existieren keine LRV-Grenzwerte.

* Anmerkung zur Einheit ppb: → ppb wird analog zu den µg/m³ zur Messung von Luftschadstoffen eingesetzt und ist besonders zur Angabe von Summenkonzentrationen unterschiedlicher Verbindungen geeignet.

wertes.

Die auf den 1. März 1998 in der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) erfolgte Grenzwertanpassung für lungengängigen Schwebstaub PM10 (Staubpartikel die kleiner als 10 µm sind) läuft auf eine deutliche Verschärfung hinaus. Die PM10-Konzentration wird vom Verkehr, aber nicht nur vom loka-

len, stark beeinflusst. Würden die in Feuerthalen gemessenen Staubwerte (TSP) unter dem Gesichtspunkt der neuen Grenzwerte betrachtet, so wären mit Sicherheit für beide Messperioden Überschreitungen des Jahresmittel- und des Tagesmittel-Grenzwertes ausgewiesen worden. Einzig die neuen Grenzwerte für die PM10-gebundenen Schwer-

metallanteile von Blei und Cadmium könnten eingehalten werden. Messergebnisse an nicht verkehrsexponierten Agglomerationsstandorten und in weiten Teilen des Siedlungsgebietes im Kanton Zürich haben gezeigt, dass grossflächig PM10-Grenzwertüberschreitungen auftreten.

Stickoxide ($\text{NO}_x = \text{NO}_2 + \text{NO}$)

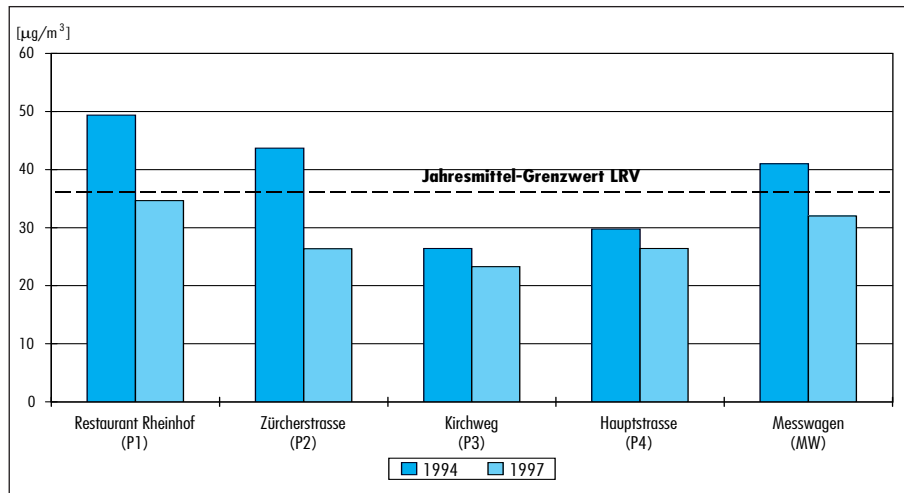
Nach Eröffnung der Umfahrung sank die NO_2 -Belastung an allen Messstandorten. Die deutlichsten Verbesserungen verzeichneten diejenigen Standorte, welche auch die grösste Verkehrsminderung erfahren hatten. Der Jahresmittel-Grenzwert der Luftreinhalte-Verordnung wurde an drei von fünf Messstandorten eingehalten. Die beiden vom Verkehr am meisten betroffenen Standorte wiesen allerdings noch immer Überschreitungen des Jahresmittel-Grenzwertes aus. Dass der Jahresmittelwert an der Diessenhoferstrasse (Messpunkt P4) rückläufig war, ohne dass hier der Verkehr abgenommen hatte, zeigt deutlich, dass der starke Verkehrsrückgang auf der Nord-Süd-Achse Auswirkungen in der ganzen Gemeinde hatte. Dieser gemeindeweite Effekt wird auch durch den Belastungsrückgang am quellenfernen Messpunkt P3 sichtbar.

Wochengang der Stickoxide

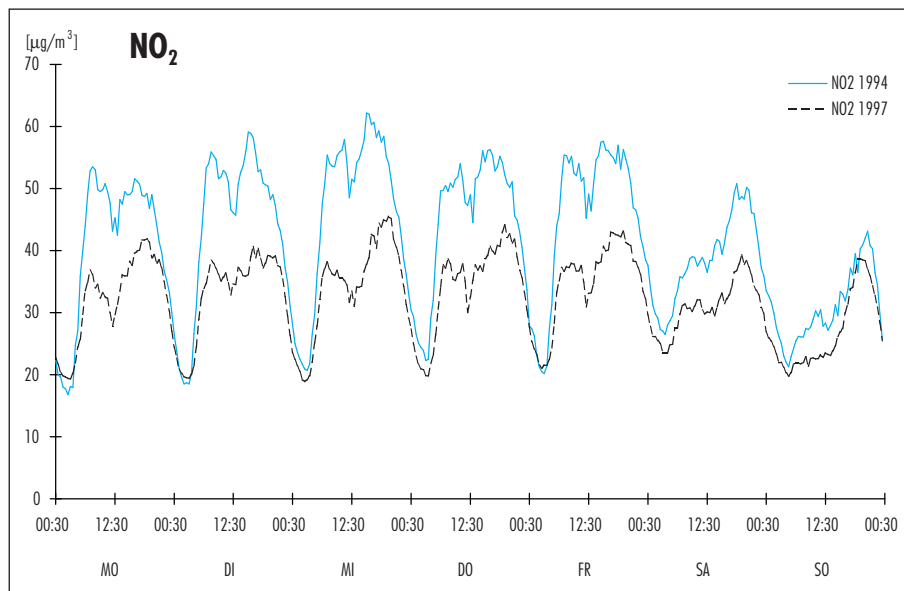
Anhand der Messwerte beim Parkplatz «Fürstengut» durch den fest installierten Messwagen wird der mittlere Wochengang der Stickoxide deutlich. Die Messungen erfolgten kontinuierlich; die Grafiken basieren auf den rund um die Uhr erhobenen 30-Minuten-Mittelwerten.

Der mittlere Wochengang (nebenstehende Abbildung) zeigt deutlich die NO_2 -Abnahme nach der A4-Eröffnung: 1997 lag die Belastung werktags (Montag – Samstag) rund 30–40 Prozent tiefer als zuvor. Einzig am Sonntagabend bewegten sich die Konzentrationswerte auf ähnlichem Niveau, was darauf schliessen lässt, dass sich der Wochenend-Rückreiseverkehr und der Ausflugsverkehr gegenüber 1994 nicht gross verändert hat. Eine Verkehrsanalyse hat diese Vermutung bestätigt. Im weiteren ist aus diesem Diagramm die relativ hohe NO_2 -Hintergrundbelastung von rund $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ herauszulesen. Diese stimmt sehr gut mit der Messung am Hintergrund-Standort P3 überein, wo $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittel gemessen wurden.

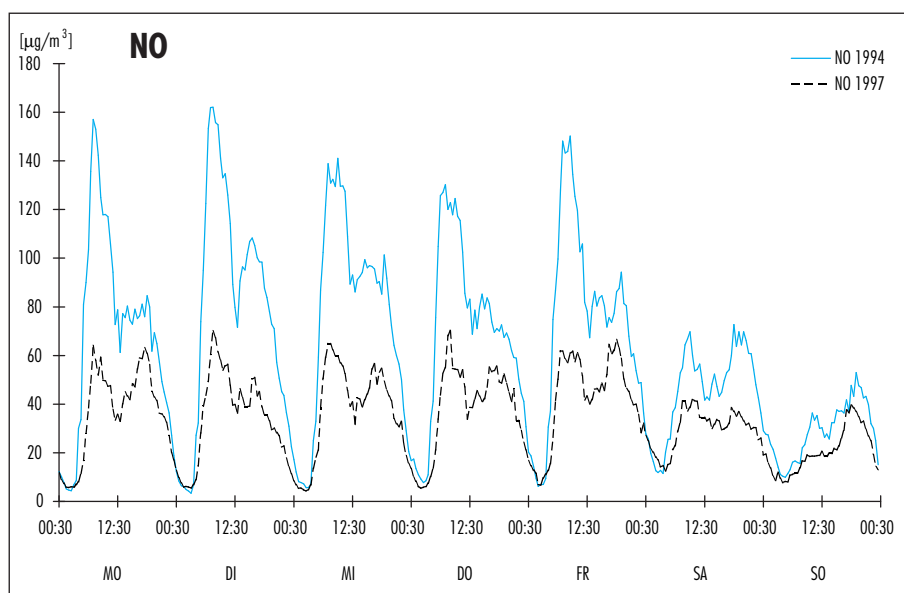
Anhand des Vorläuferschadstoffes NO sind die Auswirkungen des Verkehrs am deutlichsten sichtbar. Auffallend und im Gegensatz zum NO_2 ist beim NO praktisch keine Hintergrundbelastung ersichtlich, d.h. ohne Verkehr gibt es auch keine NO-Grundbelastung. Die hauptsächlich durch den Verkehr verursachten Morgenspitzen liegen



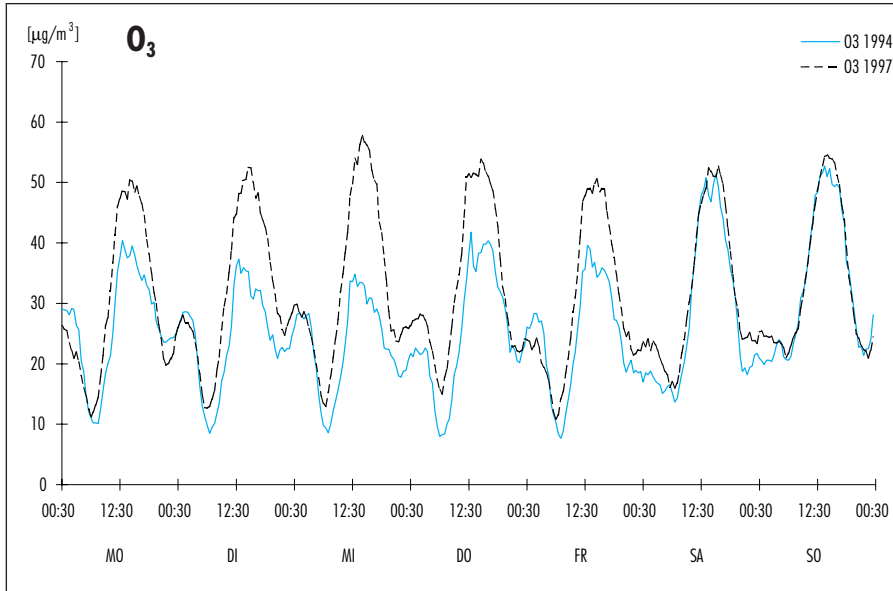
NO_2 -Jahresmittelwerte vor und nach Eröffnung der A-4-Umfahrung



Mittlerer Wochengang von NO_2 beim Parkplatz «Fürstengut»



Mittlerer Wochengang von NO beim Parkplatz «Fürstengut»



Mittlerer Wochengang von O₃ beim Parkplatz «Fürstengut»

1997 nur noch bei 30 bis 50 Prozent der Konzentration von 1994. Die Luftbelastung werktags von 1997 an der Kreuzung Fürstengut entspricht etwa der Belastung an Samstagen von 1994. Das bedeutet, dass vom Verkehrsvolumen 1994 der Pendler- und Schwerverkehrsanteil umgelagert werden konnte. Ebenso scheint es, dass sich der sonntägliche Morgenverkehr auch auf die Umfahrung verlagert hat.

Der markante Rückgang der NO- und NO₂-Belastung (NO_x-Immissionen) beim Parkplatz «Fürstengut» entspricht im Mittel ungefähr der Minderung der Emissionen: 39 Prozent Verkehrsabnahme stehen 41 Prozent NO_x-Reduktion gegenüber (vergleiche obige Tabellen). Diese Zahlen stimmen sehr gut mit einer im Kanton Obwalden durchgeführten Vorher/Nachher-Messung überein, welche die Auswirkungen der Umfahrung

von Sachseln untersuchte.

Ozon ungeeignet als Indikator für Auswirkungen von Umfahrungen

Der höchste monatliche 98-Perzentil-Wert des Ozons (der Wert, den zwei Prozent aller Halbstundenmittelwerte eines Monats überschreiten) blieb gegenüber 1994 praktisch unverändert. Auch der maximale Stundenmittelwert und die Anzahl Überschreitungen des Stundenmittelwerts, welche für die Gesundheit von Belang sind, haben sich nach Inbetriebnahme der Umfahrung nicht wesentlich erhöht.

Beim Sekundärschadstoff O₃ liegt damit die Situation anders als bei den Stickoxiden. Ozon wird ja nicht direkt aus Schadstoffquellen emittiert, sondern ist das Produkt der Vorläuferschadstoffe VOC und NO_x unter Einwirkung von Sonnenlicht. Werden diese Emissionsquellen durch Verkehrsumlagerun-

gen abgebaut oder eliminiert, so steigen die Ozonwerte in einem ersten Schritt lokal sogar wieder an, was nebenstehende Abbildung deutlich zeigt. Dieser Ozonanstieg schlägt sich jedoch in erster Linie nicht in den Extremwerten nieder, sondern im mässigen Anstieg der mittleren Jahresbelastung.

Nach Inbetriebnahme der Umfahrung ist die Ozonbelastung 1997 von Montag bis Freitag durch die rund 40-prozentige Verkehrsreduktion deutlich höher und bestätigt somit den prognostizierten Anstieg der Ozonbelastung. Praktisch unverändert zeigt sich der Verlauf am Wochenende. Auch dies ist ein Indiz und unterstützt die bereits gemachte Aussage, dass der Wochenendverkehr beim Messwagen-Standort «Fürstengut» trotz der A4-Umfahrungsstrasse keine grossen Änderungen erfahren hat.

Fazit

Die Resultate der neuen Umfahrung der A4 zeigen, dass

- die Verkehrsumlagerung für Feuerthalen in Bezug auf die Luftqualität ein Gewinn ist. Die Gemeinde konnte zwar nicht vom Verkehr befreit, jedoch auf der Nord-Süd-Transitachse wesentlich entlastet werden;
- eine Reduktion des Verkehrs in der Grössenordnung von 50 Prozent eine Verminderung der Stickoxide in etwa der gleichen Grösse (30–50 Prozent) ausmacht;
- in Feuerthalen trotzdem noch an verkehrreichen Lagen die Immissionsgrenzwerte für NO₂ überschritten werden;
- durch Reduktion von Primärschadstoffen entlang von Verkehrsachsen lokal höhere Ozonkonzentrationen gemessen werden;
- weiterhin grossflächig Überschreitungen des Kurzzeit-Grenzwertes für Ozon auf-

	Ozon (O ₃)		
	Max. 98-Perzentil µg/m ³	Max. Stundenmittel µg/m ³	Anzahl Stundenmittel > IGW
1993 / 1994	121	142	28
1996 / 1997	123	155	40
IGW der LRV	100	120	1

Ermittelte Ozonkonzentrationen beim MW-Standort. Die fettgedruckten Werte geben LRV-Grenzwertüberschreitungen an.

Überregionales Ozon

Die Ozonbelastung ist keineswegs nur hausgemacht. Der allein aus regionalen Emissionsquellen stammende Anteil an den lokalen Ozon-Immissionen im Sommer liegt nur bei etwa 20 Prozent. Der Rest der Ozonbelastung wird durch überregionale Quellen bestimmt. Damit dauerhaft niedrige Ozonwerte erreicht werden können, müssen in einem zweiten Schritt die NO_x- und VOC-Emissionen gegenüber dem Stand von 1990 weiträumig um mehr als 80 Prozent vermindert werden. Auf dieser langfristigen Strategie gründet auch die gesamtschweizerische Luftreinhaltepolitik.

treten werden;

- die Staubbelastung Verbesserungen in geringerem Ausmass aufweist und vermutlich weiträumig überschritten ist.

Durch Massnahmen wie Umfahrungen und Verkehrsberuhigungen profitieren lokal die Bewohnerinnen und Bewohner des vom Verkehr entlasteten Dorfes. Die regionale und überregionale Luftsituation ändert sich jedoch nicht. Es wird kein Autokilometer weniger gefahren. Freie Kapazität auf dem Strassennetz lockt den Verkehr an, was die jährlich stetig wachsenden Verkehrszahlen beweisen. (Vergleiche auch die beiden folgenden Artikel: «Auswirkungen der A4 auf die Lärmbelastung im Weinland» und «Auswirkungen der A4 auf den Strassenverkehr im Weinland».)