

**Stadt
Luzern**

Umweltschutz

Die Luftqualität in der Stadt Luzern 2006

Inhalt

1. Einleitung	3
2. Beurteilung der Luftqualität in der Stadt Luzern für das Jahr 2006	4
2.1 Allgemeine Informationen	4
2.2 Charakterisierung des Wettergeschehens im Jahre 2006	4
2.3 Beurteilung der Messresultate 2006	4
3. Entwicklung der Luftqualität in der Stadt Luzern	7
3.1 Stickstoffdioxid (NO ₂)	7
3.2 Ozon (O ₃)	7
3.3 Feinstaub (PM10)	8
4. Standorte der Messungen	9
5. Detaillierte Messresultate der Monitoring Stationen für das Jahr 2006	10
6. Detaillierte Messresultate der Stickstoffdioxid-Passivsammler für das Jahr 2006	11
7. Messresultate der Monitoring-Stationen seit 1999	12
8. Messresultate der Stickstoffdioxid-Passivsammler seit 1989	14
9. Beilagen: Grafiken Messresultate / BAFU Auswertungen	15

1. Einleitung

Die Kantone der Zentralschweiz und der Kanton Aargau betreiben gemeinsam das interkantonale Luftmessnetz «in-LUFT». Die Messresultate werden in einem Flyer und in einem Bericht mit den detaillierten Messdaten dokumentiert. Die Flyer, die detaillierten Berichte und sämtliche Messdaten können auf dem Internet unter www.in-luft.ch eingesehen werden.

Der vorliegende Bericht ist eine Ergänzung zur periodischen Berichterstattung von «in-LUFT». Er dokumentiert die lufthygienische Situation in der Stadt Luzern, enthält zusätzliche Auswertungen der Messdaten und liefert aktuelle Interpretationen.

Von besonderem Interesse sind die Ergebnisse der permanent messenden Stationen an der Museggstrasse und auf dem Sedel (Gemeindegebiet Ebikon). Daneben wurde im Jahre 2006 auf Stadtgebiet zusätzlich an 9 Standorten Stickstoffdioxid mittels Passivsammlern gemessen. Mit Passivsammlern kann die Entwicklung der Stickstoffdioxid-Belastung mit bescheidenem finanziellem Aufwand auf der Basis von Jahresmittelwerten verfolgt und beurteilt werden.

Alle Messungen stützen sich auf das Schweizerische Umweltschutzgesetz (USG) vom 7. Oktober 1983 und die am 16. Dezember 1985 vom Bundesrat erlassene Luftreinhalte-Verordnung (LRV). Mit dem Ziel, Menschen, Tiere, Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume sowie den Boden vor schädlichen oder lästigen Luftverunreinigungen zu schützen, wurden in der LRV Immissionsgrenzwerte festgelegt. Sie regeln die minimalen Anforderungen an die Luftqualität. Die Immissionsgrenzwerte müssten seit dem 1. März 1994 eingehalten werden. Trotz erheblicher Fortschritte konnte diese Zielsetzung auch in der Stadt Luzern nicht erreicht werden und bei einigen Schadstoffen treten auch heute noch zum Teil massive Grenzwertüberschreitungen auf.

Die politischen Behörden der Stadt Luzern wollen die Luftbelastung weiter senken und haben sich für eine aktive Luftreinhalte- und Klimapolitik ausgesprochen. Die Stadt Luzern unterstützt die lufthygienische Massnahmenplanung der Zentralschweizer Kantone und setzt die beschlossenen Massnahmen auf Stadtgebiet konsequent um.

Weitere Auskünfte zu Fragen der Luftqualität in der Stadt Luzern erhalten Sie beim Herausgeber dieses Berichtes (Stadt Luzern, Umweltschutz, Sälistrasse 24, 6002 Luzern) oder über die Homepage www.stadtluzern.ch.

2. Beurteilung der Luftqualität in der Stadt Luzern für das Jahr 2006

2.1 Allgemeine Informationen

Von zentraler Bedeutung für die Beurteilung der Luftqualität sind einerseits die grossräumigen Hintergrund-Immissionen und andererseits die lokalen Emissionen von Haushalten, Industrie, Gewerbe und Verkehr. Im dicht besiedelten Gebiet der Stadt Luzern versorgen mehr als 5 500 Öl- und Gasfeuerungen rund 58 000 Einwohnerinnen und Einwohner sowie 53 000 Beschäftigte mit Wärme. Täglich fahren mehr als 85 000 Fahrzeuge auf der Autobahn A2 durch den Reussport-Tunnel und 40 000 Fahrzeuge über die Seebrücke im Zentrum der Stadt. Auch die Bautätigkeit hat lokal Auswirkungen auf die Belastung der Luft mit unerwünschten Schadstoffen.

Die Topographie und die Art der Überbauung sind weitere Faktoren die eine Bedeutung haben für die Luftqualität. Enge Strassen flankiert von hohen Gebäuden, die quer zu den vorherrschenden Windrichtungen laufen, behindern die Verdünnung der Luftschadstoffe und führen zu hohen Schadstoffkonzentrationen. Die Verdünnung der Schadstoffe und die Bildung von Sekundärschadstoffen in der Atmosphäre sind ferner abhängig von den Ausbreitungsbedingungen, vom Klima und vom Wetter im betrachteten Gebiet. Die Witterungsverhältnisse, insbesondere lang andauernde aussergewöhnliche Wetterlagen, können grosse Schwankungen der Luftbelastung von Jahr zu Jahr bewirken.

2.2 Charakterisierung des Wettergeschehens im Jahre 2006

Da das Wettergeschehen einen grossen Einfluss auf die Entwicklung der Schadstoffbelastung hat, lohnt sich ein Blick auf die Wetterkarten des Jahres 2006. Es war das fünftwärmste seit Beginn der systematischen Aufzeichnungen im Jahr 1864. Der Wärmeüberschuss betrug in Luzern rund 1.4 °C. Aussergewöhnlich kühl waren die Monate Januar, Februar, März und August. Die langandauernden Inversionslagen in den Monaten Januar bis Mitte März führten zu massiven Überschreitungen des Tagesgrenzwertes für Feinstaub. Der Monat August zählte mit einem Wärmedefizit von mehr als 1.5 °C zu den kühlest Augustmonaten seit 1901. Zwischen 10. Juni und Ende Juli wurde eine 52-tägige Hitze-welle registriert, die im Juli zu einem Wärmeüberschuss im Vergleich zum langjährigen Mittel von rund 5 °C führte. Die Niederschlagsmengen erreichten in Luzern im Jahre 2006 normale Werte gegenüber dem Mittelwert von 1961 bis 1990. Die Sonnenscheindauer lag über dem langjährigen Mittel. Die Monate Juni und Juli sowie Januar, November und Dezember waren verantwortlich für dieses Ergebnis.

2.3 Beurteilung der Messresultate 2006

Wegen der lang andauernden Inversionslagen im ersten Quartal des Berichtsjahres lag die Stickstoffdioxidbelastung bei vielen Messpunkten über dem Niveau des Vorjahres. Im dicht besiedelten Gebiet und entlang des Hauptverkehrsnetzes lag der Jahresmittelwert über dem Grenzwert der schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung von 30 µg/m³. Bei der Messstation Ebikon, Sedel betrug er 27 µg/m³, bei der Station Museggstrasse 34 µg/m³. Die höchsten gemessenen Tagesmittelwerte lagen mit 68 µg/m³ (Ebikon, Sedel) und 70 µg/m³ (Museggstrasse) unter dem Grenzwert von 80 µg/m³. Erwartungsgemäss war die Belastung in den Wintermonaten rund doppelt so hoch wie in den Sommermonaten.

Die Ozon-Spitzenbelastungen lagen im Sommer 2006 auf gleichem Niveau wie im Vorjahr. Bei der Station Museggstrasse wurde ein maximaler Stundenwert von 178 µg/m³ gemessen (Vorjahr 180 µg/m³). Auf dem Sedel erreichte der Maximalwert 200 µg/m³ und lag 3 µg/m³ über dem Wert des Vorjahres. Diese

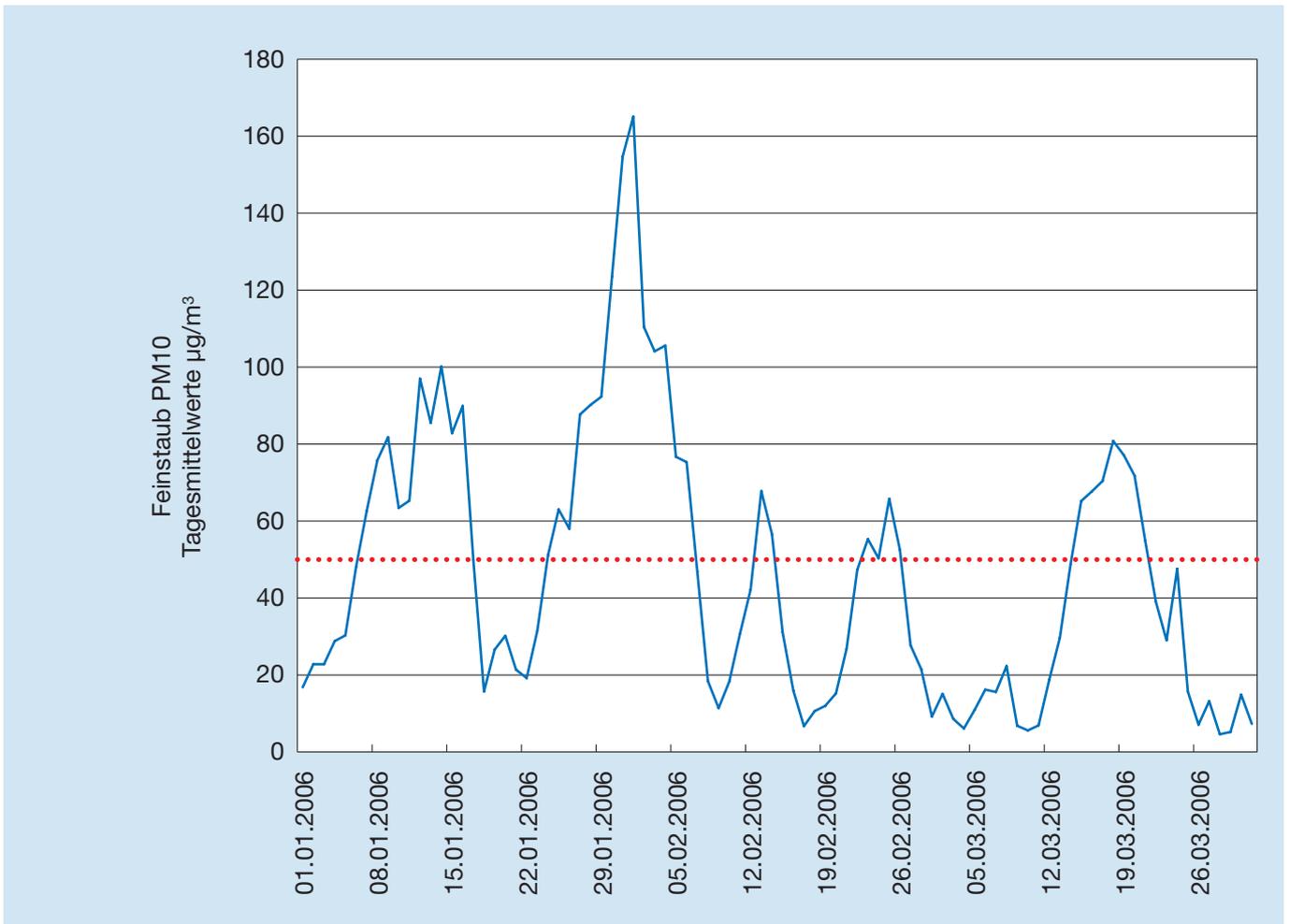
Entwicklung lässt sich mit vergleichbaren Wetterbedingungen während der Sommermonate erklären. Die höchsten Stundenmittelwerte und eine grosse Anzahl von Überschreitungen des Stundenmittel-Grenzwertes wurden in den Monaten Juni und Juli festgestellt. Die lang andauernde Hitzewelle mit geringen Niederschlägen vom 10. Juni bis Ende Juli war verantwortlich für diese hohe Belastung. Hohe Spitzenwerte der Ozonbelastung entstehen nur bei starker Sonneneinstrahlung und hohen Temperaturen. Die Anzahl Stunden mit Überschreitungen des gültigen Grenzwertes von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lag bei beiden Messstationen deutlich über den Werten des Vorjahres. Bei der Station Museggstrasse wurden 209 Überschreitungen registriert (Vorjahr 129), bei Ebikon, Sedel waren es 369 Stundenwerte über $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Vorjahr 269). Die Ozonbelastung insgesamt lag im ganzen Stadtgebiet deutlich über den zulässigen Werten.

Die Feinstaub (PM₁₀)-Konzentration gilt seit einigen Jahren als wichtiger Indikator für die gesundheitliche Beurteilung der Luftqualität. Im Siedlungsgebiet von Luzern wurden im Berichtsjahr alle relevanten Grenzwerte der schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung überschritten. Bei der Station Ebikon, Sedel lag das Jahresmittel ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) über dem Grenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bei der Station Museggstrasse wurde ein Jahresmittelwert von $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registriert. Das Monatsmittel lag im Januar bei der Station Ebikon, Sedel rund sechsmal höher als im August was ausserordentlich ist. Grund dafür waren die Inversionslagen im Januar und Februar die den vertikalen Austausch der Luftmassen verhinderten oder einschränkten und die vielen Niederschläge im August.

Feinstaub wird zum Teil direkt als solcher emittiert oder aus Vorläufer-substanzen erst in der Atmosphäre gebildet. Staubteilchen, die sich erst in der Atmosphäre aus Vorläufergasen (v. a. Schwefeldioxid, Stickoxide, Ammoniak und Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe) bilden, werden als sekundäre Staubpartikel bezeichnet.

Die höchsten Tagesmittelwerte für Feinstaub waren mit $165 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Museggstrasse) und $161 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ebikon, Sedel) mehr als dreimal so hoch wie der Grenzwert der schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Gegenüber dem Vorjahr lagen die maximalen Tagesmittelwerte im Berichtsjahr rund 2.4-mal höher. An der Museggstrasse wurde der Tagesgrenzwert im 2006 42-mal (Vorjahr 21-mal), bei der Station Ebikon, Sedel 35-mal (Vorjahr 8-mal) überschritten. Zulässig ist eine Überschreitung pro Jahr. Die lang andauernden Inversionslagen zu Jahresbeginn waren für die hohen Feinstaubbelastungen verantwortlich. Inversionslagen traten in den ersten drei Monaten des Jahres grossflächig auf. Es gibt keine vergleichbare Situation in den vergangenen 20 Jahren. Es handelte sich somit um ein seltenes Extremereignis.

Untenstehende Grafik 1 zeigt, dass während der Periode Januar bis März 2006 total 5 Perioden mit massiven Überschreitungen des Tagesgrenzwertes auftraten. Die höchsten Belastungswerte wurden zwischen dem 24. Januar und dem 7. Februar 2006 registriert.



Grafik 1: Feinstaubbelastung PM10 beim Standort Museggstrasse (Tagesmittelwerte für die Periode Januar bis März 2006)

..... Grenzwert Luftreinhalte-Verordnung

3. Entwicklung der Luftqualität in der Stadt Luzern

3.1 Stickstoffdioxid (NO₂)

Wie bereits in den vorangehenden Ausführungen dargestellt, ist eine grosse Anzahl von Faktoren für die Entwicklung der Luftqualität verantwortlich. Ein Blick auf die Langzeitgrafik der Passivsammler zeigt, dass sich in den letzten 10 Jahren die Jahresmittelwerte von Stickstoffdioxid in einer Bandbreite von $\pm 7\%$ bis $\pm 12\%$ bewegten. Leider hat sich der Trend der 90-iger Jahre, als eine starke Reduktion der Stickstoffdioxid-Belastung beobachtet werden konnte, in den letzten 10 Jahren nicht mehr im gleichen Umfang fortgesetzt. Die lokalen Emissionen und die Hintergrundbelastung haben sich in diesem Zeitraum nicht mehr wesentlich verringert. Ausgenommen sind Standorte, deren Umgebung oder Emissionssituation sich in den vergangenen 10 Jahren stark verändert hat, zum Beispiel der Standort Sternmatt.

Auffallend bei den Passivsammlerresultaten ist ein deutlich erkennbarer Anstieg der Belastungswerte im Jahre 2006. In diesem Jahr wurden überdurchschnittlich viele und lang andauernde austauscharme Wetterlagen (sogenannte Inversionslagen) beobachtet. Der Anstieg des Jahresmittelwertes bei der Station Ebikon, Sedel von 8 % gegenüber dem Vorjahr ist auf Grund dieser aussergewöhnlichen Wetterlage gut erklärbar.

Die höchste Belastung mit Stickstoffdioxid wurde in den letzten 8 Jahren am Bahnhofplatz in Luzern gemessen. Die Jahresmittelwerte liegen mehr als 50 % höher als an den übrigen Messstandorten und überschreiten den gültigen Grenzwert der schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung aktuell um 83 %. Die Schadstoffsituation am Bahnhofplatz ist geprägt durch bedeutende Verkehrsemissionen. Die Entwicklung der Stickstoffdioxidbelastung am Bahnhofplatz unterscheidet sich stark von der Entwicklung an anderen Standorten der Stadt Luzern.

Für die beiden Stationen, die zeitlich hochaufgelöste Messdaten liefern (Museggstrasse und Ebikon, Sedel), ist auch eine Aussage über kurzfristige Stickstoffdioxid-Belastungen möglich. Eine wichtige Grösse ist der Tagesmittelwert, der gemäss der schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung während eines Jahres maximal einmal den Wert von $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreiten darf. Bei der Messstation Museggstrasse wurden in den Jahren 1999 und 2003 Messwerte über $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registriert. Die maximalen Tagesmittelwerte der übrigen Jahre lagen unterhalb des gültigen Grenzwertes.

Die in Ebikon, Sedel gemessenen Jahresmittelwerte waren in den letzten 10 Jahren immer rund 20 bis 30 % tiefer als an der Museggstrasse und lagen unterhalb des Grenzwertes.

3.2 Ozon (O₃)

Die Ozonbelastung war in den letzten 8 Jahren in Luzern stark schwankend. Verantwortlich dafür sind die unterschiedlichen Wetterbedingungen von Jahr zu Jahr. Längere Schönwetterperioden ohne Gewitter im Sommer führen während des Tages zu hohen Ozonwerten mit Überschreitungen des Stunden Grenzwertes von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Extrem waren die Verhältnisse während des Hitzesommers 2003. Die Anzahl Überschreitungen des Stundengrenzwertes war im Jahr 2003 bei der Messstation Museggstrasse mehr als dreimal so hoch wie im Jahr 2002.

Die Spitzenwerte der Ozon-Stundenmittel zeigen nur relativ kleine Schwankungen von Jahr zu Jahr. Erwartungsgemäss sind die Spitzenbelastungen mit einer Ausnahme (2002) bei der Messstation Sedel höher als bei der Musegg-

strasse. Die maximalen Werte bewegten sich bei der Station Sedel zwischen 173 und 225 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Bei der Station Museggstrasse lagen die Werte zwischen 144 und 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Der kritische Ozon-Schwellenwert AOT 40¹ für Wald wurde bei der Station Ebikon, Sedel in den letzten 8 Jahren jährlich zwischen 26 % und 170 % überschritten. Bei der Station Museggstrasse wurde der Schwellenwert in den Jahren 2003 und 2006 überschritten, um 65 % respektive 11 %.

3.3 Feinstaub (PM10)

Die Belastung der Luzerner Luft mit Feinstaub (PM10) lag in den letzten 8 Jahren immer über den gültigen Grenzwerten. Die Unterschiede zwischen den kontinuierlich messenden Stationen Ebikon, Sedel und Museggstrasse sind klein. Bei der Museggstrasse bewegten sich die Jahresmittelwerte zwischen 21 und 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der höchste Wert wurde im Jahre 2006 registriert, der tiefste im Jahre 2004. Auf dem Sedel lagen die Jahresmittelwerte für PM10 ebenfalls zwischen 21 und 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Maximalwert wurde hier im Jahre 2003 gemessen, der Minimalwert im Jahre 2004.

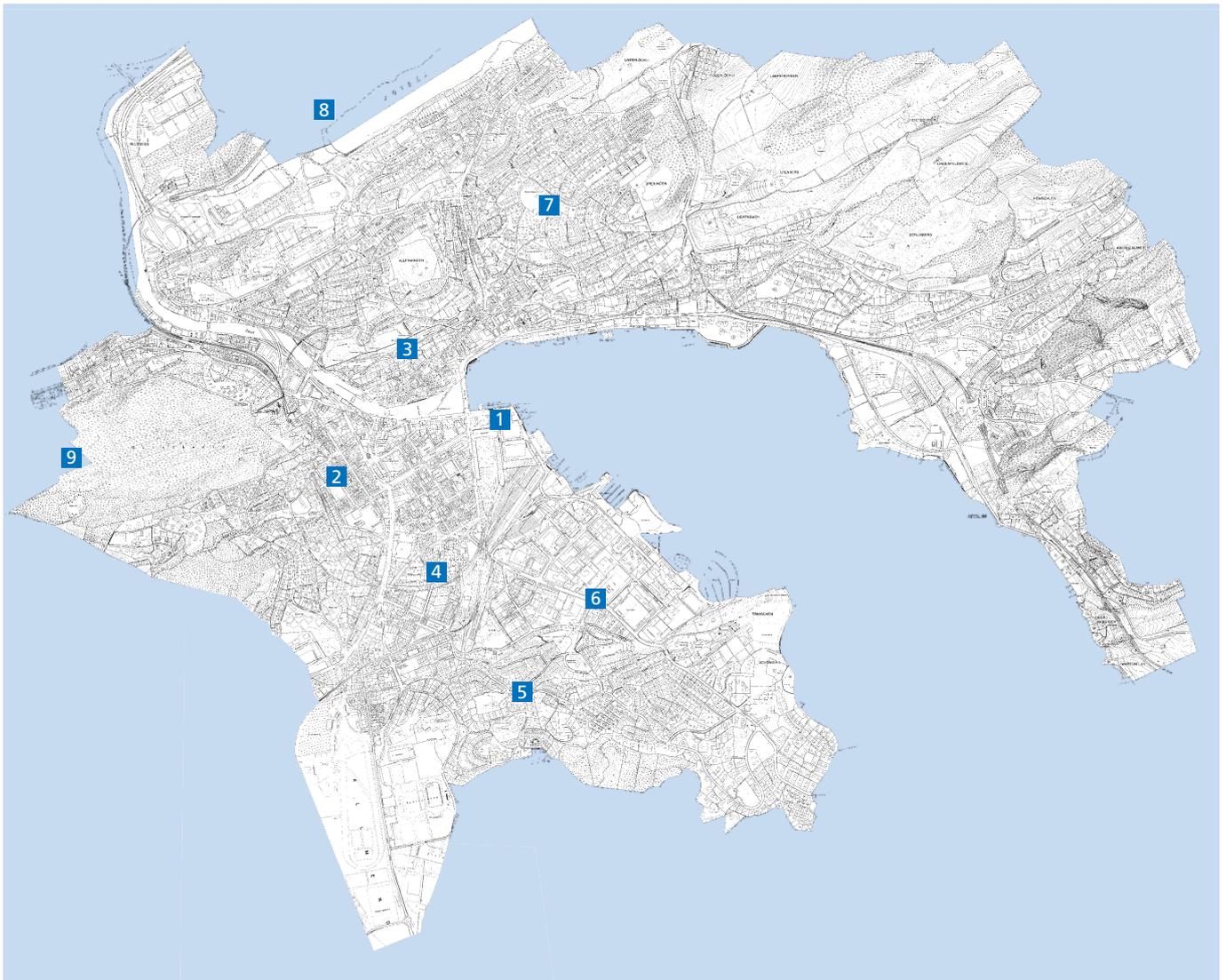
Die höchsten Tagesmittelwerte sind stark abhängig von der Länge der austauscharmen Wetterlagen und der Höhe des Inversionsniveaus über Grund. Es ist deshalb verständlich, dass die höchsten Tagesmittelwerte eines Jahres starken Schwankungen unterworfen sind. Die höchsten Werte wurden an beiden Messstationen im Jahre 2006, das Jahr mit extremen Inversionslagen in der Zentralschweiz, gemessen. In Ebikon, Sedel lag der höchste Tagesmittelwert in diesem Jahr bei 161 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, an der Museggstrasse sogar bei 165 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Grenzwert für den Tagesmittelwert beträgt 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die lang andauernden Inversionslagen zu Jahresbeginn waren für die hohen Feinstaubbelastungen verantwortlich. Inversionslagen traten in den ersten drei Monaten des Jahres grossflächig auf. Es gibt keine vergleichbare Situation in den vergangenen 20 Jahren. Es handelte sich somit um ein seltenes Extremereignis.

Die Anzahl Tage mit Überschreitung des PM10-Tagesgrenzwertes schwankte bei der Museggstrasse in den letzten 8 Jahren zwischen 10 und 42. Zulässig wäre ein Tag. Der bisher höchste Wert von 42 Überschreitungen des Tagesmittelwertes wurde im Berichtsjahr 2006 verzeichnet. Auf dem Sedel schwankte die Anzahl Überschreitungen zwischen 8 und 35. Auch hier wurden im Jahre 2006 die meisten Überschreitungen der letzten 8 Jahre registriert. 2004 war das Jahr mit der geringsten Anzahl von Überschreitungen bei der Station Museggstrasse, 2005 wurde die geringste Zahl von Überschreitungen bei der Station Ebikon, Sedel festgestellt.

¹ AOT 40 ist ein Schwellenwert. Bei Belastungen über 10 ppm*h muss mit Wachstumseinbussen im Wald gerechnet werden.

4. Standorte der Messungen



Grafik 2: Messstandorte

Standorte und Überblick Messresultate 2006					
Pos.	Standort	Art der Messung	Jahresmittel NO ₂ in µg/m ³	Jahresmittel PM10 in µg/m ³	Max. 1-h Wert Ozon in µg/m ³
1	Bahnhofplatz	NO ₂ -Passivsammler	55		
2	Kasimir-Pfyffer-Strasse	NO ₂ -Passivsammler	29		
3	Museggstrasse	Monitoring Station	34	27	178
4	Neustadt Bleicherpark	NO ₂ -Passivsammler	33		
5	Sternmatt	NO ₂ -Passivsammler	28		
6	Tribtschen (VBL)	NO ₂ -Passivsammler	28		
7	Wesemlin Kloster	NO ₂ -Passivsammler	22		
8	Ebikon, Sedel	Monitoring Station	27	25	200
9	Littau, Rigistrasse	NO ₂ -Passivsammler	24		

5. Detaillierte Messresultate der Monitoring Stationen für das Jahr 2006

Messtation Museggstrasse	Stickstoffdioxid (NO ₂)	Feinstaub PM10	Ozon (O ₃)				
			Mittelwert µg/m ³	Mittelwert µg/m ⁴	Mittelwert µg/m ⁵	Anzahl Stundenmittel > 120 µg/m ³	maximales Stundenmittel µg/m ³
2006							
Januar	49.6	61.0	11.0	0	59	39	
Februar	42.9	48.9	24.8	0	90	75	
März	37.6	28.9	50.0	0	95	91	
April	30.9	17.4	53.2	7	130	110	
Mai	27.3	14.3	57.5	7	139	107	
Juni	28.8	21.2	71.1	57	172	152	
Juli	27.8	20.4	86.2	136	178	158	
August	24.3	10.0	47.4	2	132	97	
September	32.8	22.2	34.0	0	106	88	
Oktober	33.6	24.2	16.9	0	76	63	
November	35.9	23.6	12.8	0	69	61	
Dezember	36.8	31.1	11.3	0	75	50	
Jahresmittel	34.0	26.8	39.7	209	178		
Grenzwert LRV*	30.0	20.0	–	1	120	100	

* Schweizerische Luftreinhalte-Verordnung

Messtation Ebikon, Sedel	Stickstoffdioxid (NO ₂)	Feinstaub PM10	Ozon (O ₃)			
			Mittelwert µg/m ³	Mittelwert µg/m ⁴	Mittelwert µg/m ⁵	Anzahl Stundenmittel > 120 µg/m ³
2006						
Januar	42.2	55.3	15.4	0	71	49
Februar	36.8	43.9	30.6	0	91	82
März	29.8	26.4	58.4	0	117	103
April	24.9	15.9	61.0	19	137	126
Mai	18.2	12.8	66.3	19	143	124
Juni	18.0	19.8	80.2	107	193	171
Juli	20.1	18.8	93.1	214	200	175
August	17.3	8.8	53.7	7	142	110
September	22.9	21.8	42.2	3	131	107
Oktober	27.3	21.6	22.0	0	85	70
November	31.2	21.4	16.3	0	71	65
Dezember	31.7	28.0	14.8	0	76	56
Jahresmittel	26.6	24.5	46.2	369	200	
Grenzwert LRV*	30.0	20.0	–	1	120	100

* Schweizerische Luftreinhalte-Verordnung

Die Jahresmittelwerte von Stickstoffdioxid und Feinstaub überschreiten bei der Station Museggstrasse die gültigen Grenzwerte. In den Sommermonaten wurden Überschreitungen des Stundengrenzwertes für Ozon registriert (Museggstrasse während 209 Stunden, Sedel während 369 Stunden). Der maximale Stundenmittelwert für Ozon liegt mit 178 µg/m³ respektive 200 µg/m³ in der gleichen Grössenordnung wie im Vorjahr. Der 98 %-Wert der Halbstundenmittel von Ozon lag an der Museggstrasse während 4 Monaten über dem entsprechenden Grenzwert, in Ebikon, Sedel während 7 Monaten.

6. Detaillierte Messresultate der Stickstoffdioxid-Passivsammler für das Jahr 2006

Periode		Standorte (Resultate in $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Grenzwert Luftreinhalte-Verordnung $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$)								
von	bis	Kasimir-Pfyffer-Strasse	Littau, Rigistrasse	Museggstrasse	Neustadt Bleicherpark	Bahnhofplatz	Ebikon, Sedel	Tribtschen (VBL)	Sternmatt	Wesemlin Kloster
03.01.2006	17.01.2006	47	44	47	44	59	42	46	47	49
17.01.2006	31.01.2006	40	37	41	41	56	37	40	41	35
31.01.2006	14.02.2006	42	37	42	43	59	37	42	42	36
14.02.2006	28.02.2006	35	29	31	39	51	29	32	34	27
28.02.2006	14.03.2006	27	21	30	34	53	23	27	26	18
14.03.2006	28.03.2006	37	30	42	42	57	32	32	35	28
28.03.2006	11.04.2006	27	22	28	36	56	26	28	29	21
11.04.2006	25.04.2006	26	19	30	34	51	23	23	24	19
25.04.2006	09.05.2006	27	20	30	33	58	21	25	25	19
09.05.2006	23.05.2006	22	17	25	27	51	19	21	19	15
23.05.2006	06.06.2006	18	13	25	23	50	15	19	17	13
06.06.2006	20.06.2006	20	13	21	28	62	17	19	17	14
20.06.2006	04.07.2006	21	15	26	26	60	17	19	17	15
04.07.2006	18.07.2006	19	13	20	25	54	19	19	16	14
18.07.2006	01.08.2006	23	16	24	30	67	21	20	21	14
01.08.2006	16.08.2006	17	13	24	21	51	16	17	15	13
16.08.2006	29.08.2006	21	16	25	27	54	19	22	18	16
29.08.2006	12.09.2006	24	20	31	30	56	22	23	23	17
12.09.2006	26.09.2006	28	23	31	34	59	26	28	27	21
26.09.2006	10.10.2006	23	19	29	28	49	22	23	22	19
10.10.2006	24.10.2006	32	28	34	38	55	31	33	32	26
24.10.2006	07.11.2006	32	29	37	37	54	31	33	33	28
07.11.2006	21.11.2006	34	30	33	37	56	32	34	33	26
21.11.2006	05.12.2006	35	29	34	38	56	31	36	35	29
05.12.2006	19.12.2006	37	34	38	41	53	36	37	37	30
19.12.2006	02.01.2007	32	31	32	33	44	29	30	30	27
Jahresmittel		29	24	31	33	55	26	28	28	22

Die einzelnen Periodenmittelwerte der Passivsammler weisen eine relativ hohe Messunsicherheit auf. Trotzdem liefern sie einen Überblick über die monatlichen Belastungsschwankungen. Die tiefsten Stickstoffdioxid-Konzentrationen werden jeweils während der Sommermonate gemessen. Die höchsten Messwerte im Winter waren in diesem Jahr rund 3-mal höher als im Sommer, was aussergewöhnlich ist. An stark verkehrsbelasteten Standorten, wie zum Beispiel am Bahnhof Luzern, sind die jahreszeitlichen Schwankungen bedeutend kleiner. Der Jahresmittelwert am Standort Bahnhof liegt mit $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ massiv über dem Grenzwert der schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung (Grenzwert $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die Belastung an den übrigen Standorten lag entweder im Bereich des Grenzwertes oder darunter.

7. Messresultate der Monitoring-Stationen seit 1999

Stickstoffdioxid NO ₂	Museggstrasse		Ebikon, Sedel	
	Jahresmittel	Tagesmittel max.	Jahresmittel	Tagesmittel max.
Jahr	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
1999		84	28	73
2000	37	75	27	68
2001	35	54	25	51
2002	32	58	26	56
2003	35	83	26	71
2004	33	66	23	70
2005	34	75	27	69
2006	34	70	27	68
Grenzwert LRV*	30	80	30	80

* Schweizerische Luftreinhalte-Verordnung

Seit 1999 hat sich die Stickstoffdioxid-Belastung an beiden Monitoring-Messstandorten nur unwesentlich verändert. Während beim Standort Museggstrasse ein Belastungsrückgang von rund 8 % zwischen 2000 und 2006 beobachtet werden konnte, blieben die Stickstoffdioxid-Belastungen beim Standort Ebikon, Sedel praktisch unverändert. Die Entwicklung der Messergebnisse ist stark abhängig vom Wetter in den Wintermonaten. Lang andauernde austauscharme Wetterlagen (sogenannte Inversionslagen) führen zu hohen Stickstoffdioxid-Belastungen. In den Jahren 2005 und 2006 wurden mehr und länger andauernde Inversionslagen als in den Jahren 2002 und 2004 beobachtet.

Feinstaub PM10	Museggstrasse			Ebikon, Sedel		
	Jahresmittel	Tagesmittel max.	Anz. Tagesmittel	Jahresmittel	Tagesmittel max.	Anz. Tagesmittel
Jahr	µg/m ³	µg/m ³	> 50 µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	> 50 µg/m ³
1999		98	16			
2000	24	71	17			
2001	23	89	11	22	79	11
2002	23	102	24	23	88	25
2003	25	135	25	27	124	29
2004	21	82	10	21	85	10
2005	25	70	21	21	67	8
2006	27	165	42	25	161	35
Grenzwert LRV*	20	50	1	20	50	1

* Schweizerische Luftreinhalte-Verordnung

Die Feinstaubbelastung gilt heute als wichtiger Indikator für die gesundheitlichen Auswirkungen der Luftbelastung. Auffallend für die Stadt Luzern sind die hohen Spitzenbelastungen während der Wintermonate beim Auftreten von Inversionslagen. Die Schwankungen der Spitzenbelastungen von Jahr zu Jahr sind sehr gross. Sie sind von der Länge der Inversionslagen abhängig. Die Spitzenbelastungen führen zu gesundheitlichen Beschwerden bei Personen die sensibel auf Feinstaub reagieren oder gesundheitlich angeschlagen sind. Die bis heute eingeleiteten Massnahmen zur Reduktion der Feinstaubbelastung sind nicht ausreichend zum Erreichen der Qualitätsziele. Weitere Massnahmen müssen entwickelt und umgesetzt werden. Die lang andauernden Inversionslagen zu Jahresbeginn waren für die hohen Feinstaubbelastungen verantwortlich. Inversionslagen traten in den ersten drei Monaten des Jahres grossflächig auf. Es gibt keine vergleichbare Situation in den vergangenen 20 Jahren. Es handelte sich somit um ein seltenes Extremereignis.

Ozon O ₃	Museggstrasse			
	Jahresmittel µg/m ³	Stundenmittel max. µg/m ³	Anzahl Stundenmittel > 120 µg/m ³	AOT 40 Wald ppm.h
Jahr				
1999	33	144	48	4.4
2000	34	169	107	7.3
2001	36	185	123	7.8
2002	36	210	123	8.1
2003	43	191	353	16.5
2004	38	160	89	7.4
2005	39	180	129	7.9
2006	40	178	209	11.1
Grenzwert LRV*	–	120	1	10.0**

* Schweizerische Luftreinhalte-Verordnung
 ** Schwellenwert (kein Grenzwert)

Ozon O ₃	Ebikon, Sedel			
	Jahresmittel µg/m ³	Stundenmittel max. µg/m ³	Anzahl Stundenmittel > 120 µg/m ³	AOT 40 Wald ppm.h
Jahr				
1999	42	173	209	12.6
2000	43	198	351	16.1
2001	44	197	314	14.8
2002	42	206	290	14.0
2003	52	225	722	27.0
2004	45	185	288	14.7
2005	46	197	269	14.0
2006	46	200	369	17.9
Grenzwert LRV*	–	120	1	10.0**

* Schweizerische Luftreinhalte-Verordnung
 ** Schwellenwert (kein Grenzwert)

Für die Entwicklung der Ozonbelastung sind einerseits die Vorläufersubstanzen Stickoxide (NO_x) und flüchtige Organische Verbindungen (VOC) wie auch das Wetter von Bedeutung. Langandauernde und massive Überschreitungen des Stundengrenzwertes können während niederschlagsfreien Perioden mit klaren und heissen Sommertagen beobachtet werden. Da der Ausstoss von Vorläufersubstanzen von Jahr zu Jahr nur relativ geringen Schwankungen unterworfen ist, werden die Belastungsschwankungen weitestgehend durch Wetterphänomene bestimmt.

Im Hitzesommer 2003 war die Belastung höher als in den übrigen Jahren der Beobachtungsperiode. An der Museggstrasse war die Anzahl Überschreitungen des Stundenmittelgrenzwertes in diesem Jahr 1.7-mal höher als im Jahre 2006. Bei der Messstation Ebikon, Sedel wurden im Jahre 2003 2-mal mehr Stunden mit Stundenmittelwerten über 120 µg/m³ registriert als im Jahre 2006. Das Jahr 2006 war nach dem Hitzesommer 2003 das Jahr mit den höchsten Ozonbelastungen in Luzern.

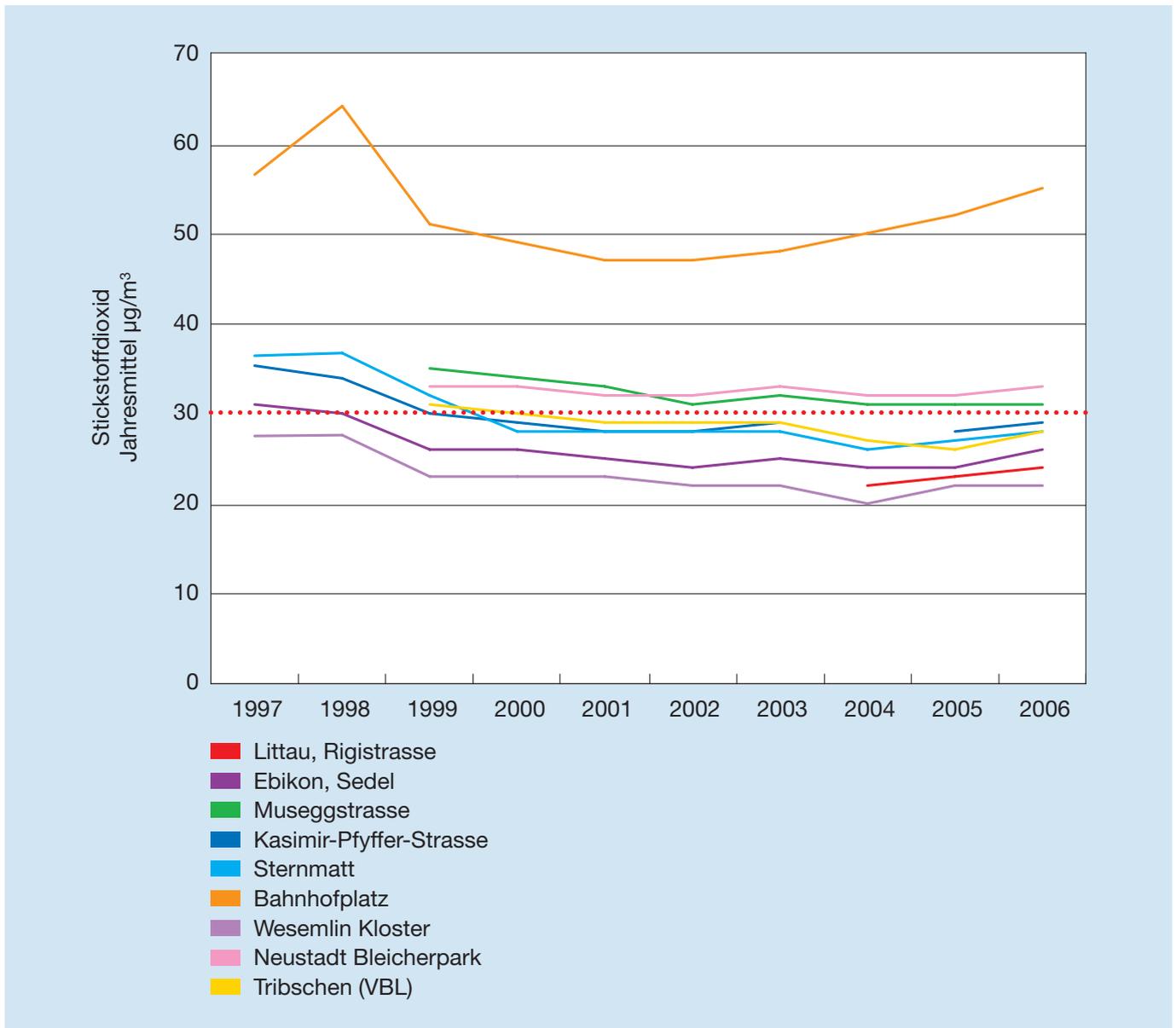
8. Messresultate der Stickstoffdioxid-Passivsammler seit 1989

Jahr	Standorte (Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Grenzwert Luftreinhalte-Verordnung $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$)								
	Littau, Rigistrasse	Ebikon, Sedel	Museggstrasse	Kasimir-Pfyffer- Strasse	Sternmatt	Bahnhofplatz	Wesemlin Kloster	Neustadt Bleicherpark	Tribtschen (VBL)
1989		38		42	49	52			
1990		36		39	45	56			
1991		34		36	44	61	33		
1992		33		37	41	64	31		
1993		32		35	39	59	30		
1994		31		36	38	62	29		
1995		31		36	39	59	29		
1996		31		34	37	55	28		
1997		31		35	36	57	28		
1998		30		34	37	64	28		
1999		26	35	30	32	51	23	33	31
2000		26	34	29	28	49	23	33	30
2001		25	33	28	28	47	23	32	29
2002		24	31	28	28	47	22	32	29
2003		25	32	29	28	48	22	33	29
2004	22	24	31		26	50	20	32	27
2005	23	24	31	28	27	52	22	32	26
2006	24	26	31	29	28	55	22	33	28

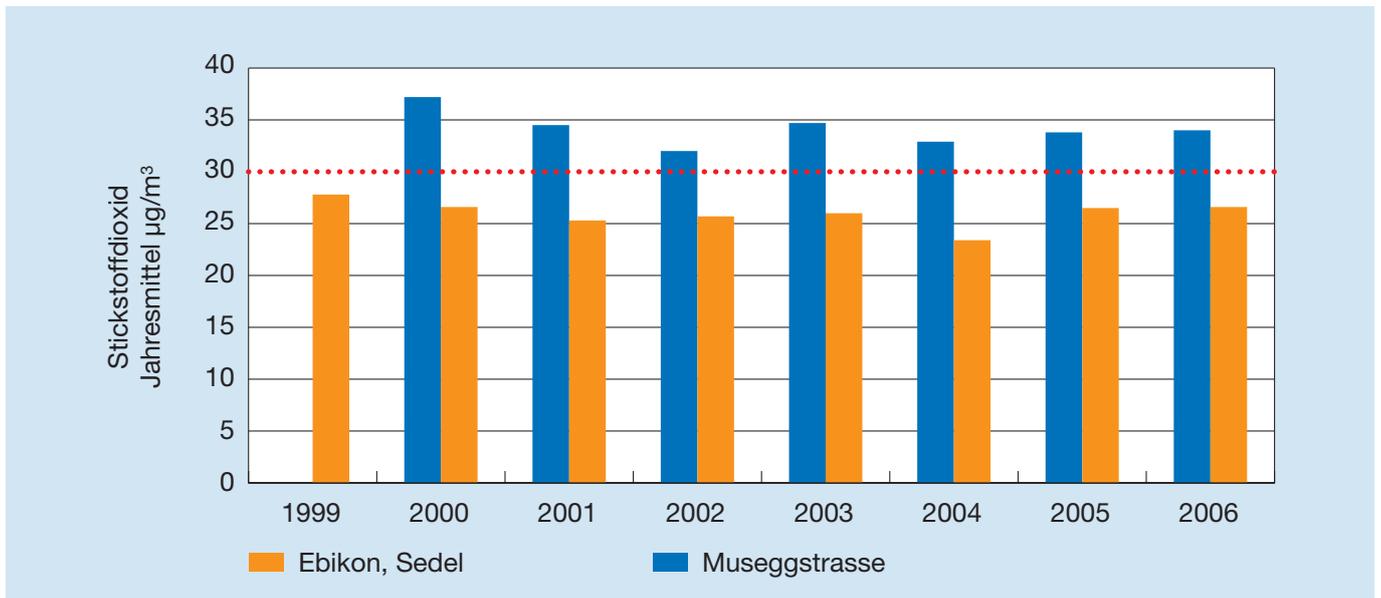
Zeitreihen von 18 Jahren existieren für 4 Messstandorte. Bedeutende Belastungsreduktionen konnten in den 90-iger Jahren beobachtet werden. Die Reduktionen von 1989 bis 2006 lagen bei 3 Stationen zwischen 31 und 43 %. Am Bahnhofplatz, einem Standort mit hohen lokalen Verkehrsemissionen, war die Reduktion der Belastung mit 16 % gegenüber dem höchsten Wert der 90-iger Jahre deutlich geringer. Heute liegen die Messwerte an den meisten Messstandorten im Grenzwertbereich oder unterhalb des Grenzwertes. Der Standort mit der höchsten Belastung ist nach wie vor der Bahnhofplatz mit einem Jahresmittelwert von $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (83 % über dem Grenzwert der Schweizerischen Luftreinhalteverordnung).

Vergleicht man die Messwerte der Passivsammler mit den Resultaten der Monitoring Stationen ist zu beachten, dass beide Messmethoden mit Unsicherheiten von rund $\pm 10 \%$ für den Jahresmittelwert behaftet sein können. Unter Berücksichtigung dieser Unsicherheiten zeigen beide Messsysteme übereinstimmende Messwerte.

9. Beilagen: Grafiken Messresultate / BAFU Auswertungen

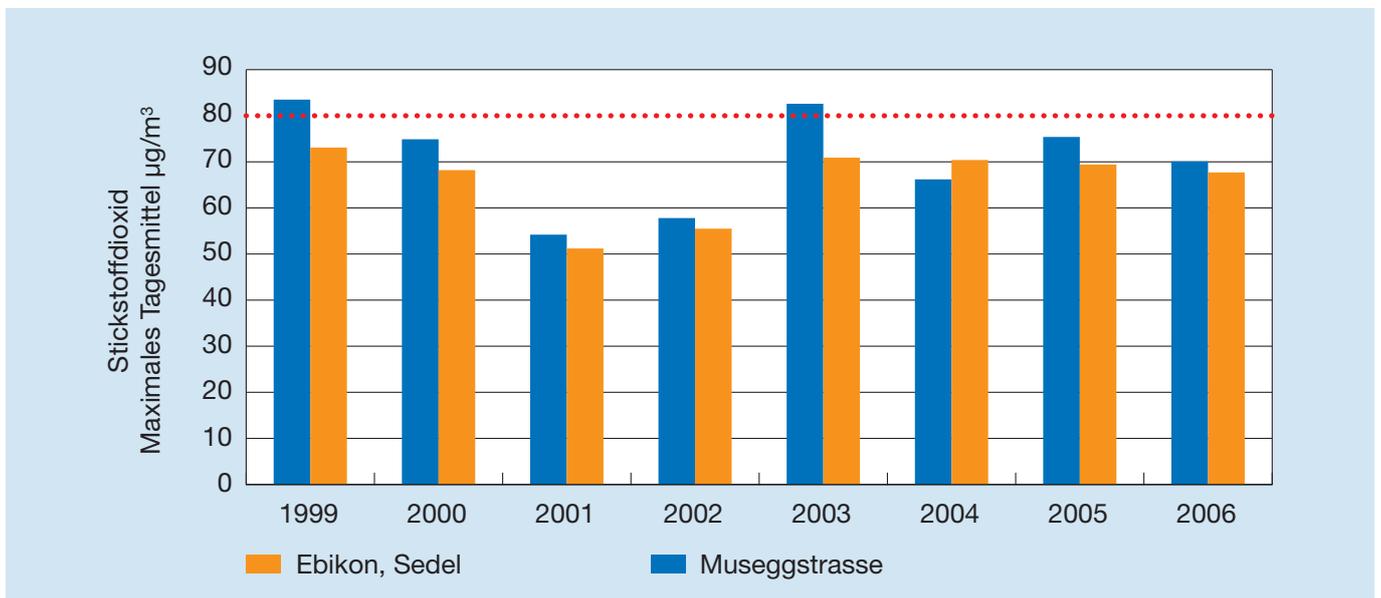


Grafik 3: Entwicklung der Stickstoffdioxidbelastung (NO_2 -Jahresmittelwerte) an verschiedenen Standorten (1998 bis 2006).
..... Grenzwert Luftreinhalte-Verordnung



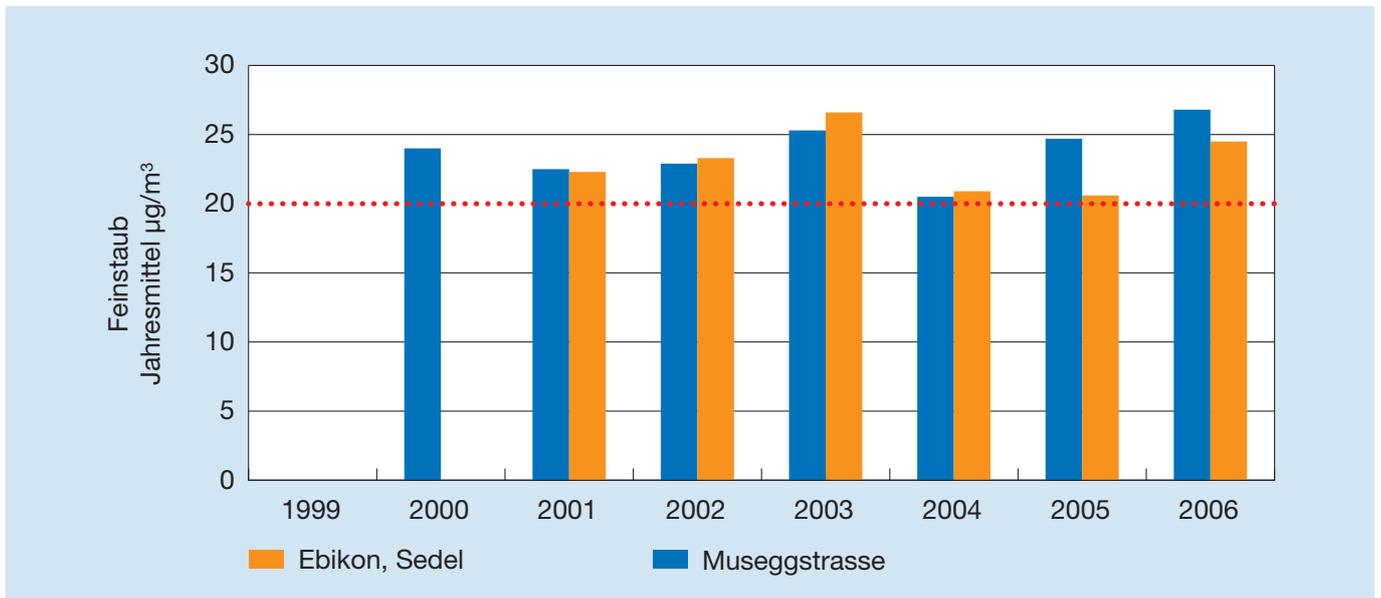
Grafik 4: Jahresmittel der Stickstoffdioxidbelastung (NO₂) für die Standorte Museggstrasse und Ebikon, Sedel (1999 bis 2006)

..... Grenzwert Luftreinhalte-Verordnung



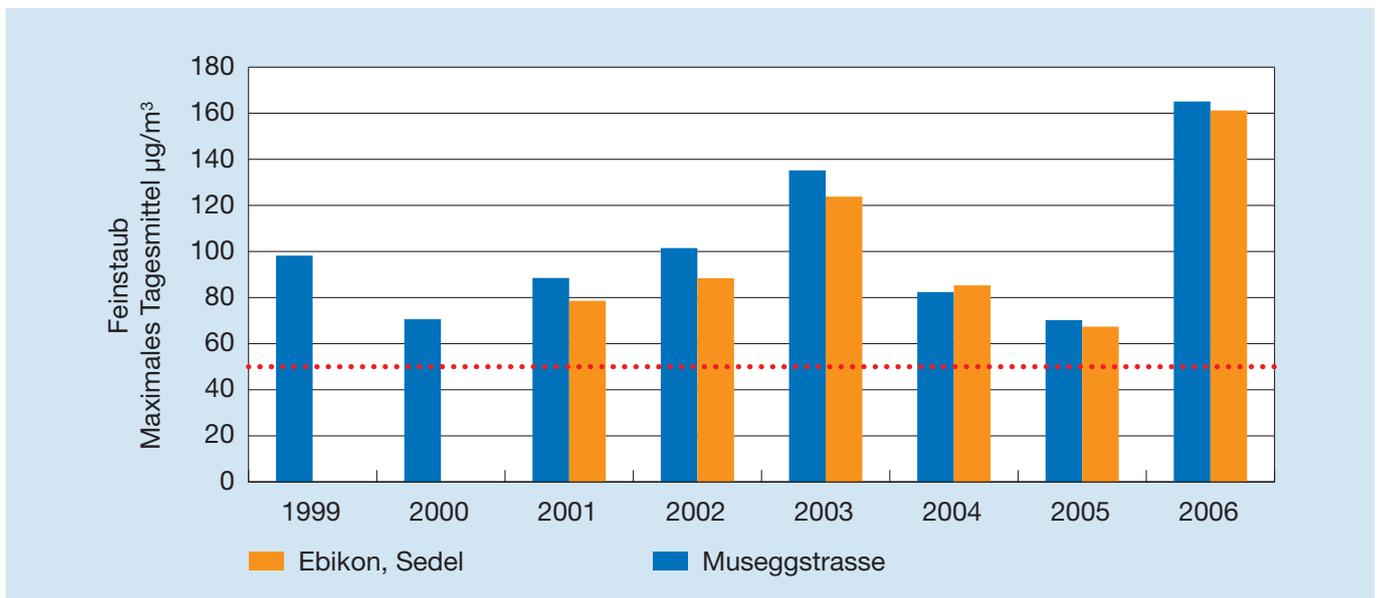
Grafik 5: Maximale Tagesmittelwerte der Stickstoffdioxidbelastung (NO₂) für die Standorte Museggstrasse und Ebikon, Sedel (1999 bis 2006)

..... Grenzwert Luftreinhalte-Verordnung



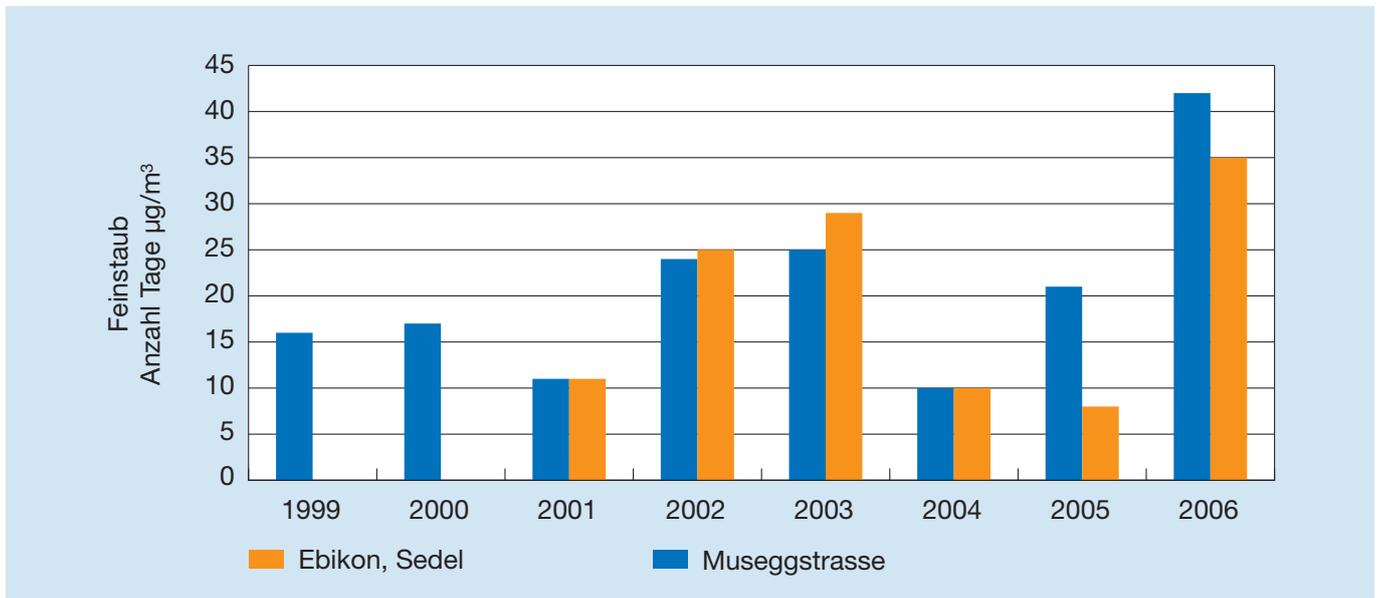
Grafik 6: Jahresmittelwerte der Feinstaubbelastung (PM10) für die Standorte Museggstrasse und Ebikon, Sedel (1999 bis 2006)

..... Grenzwert Luftreinhalte-Verordnung

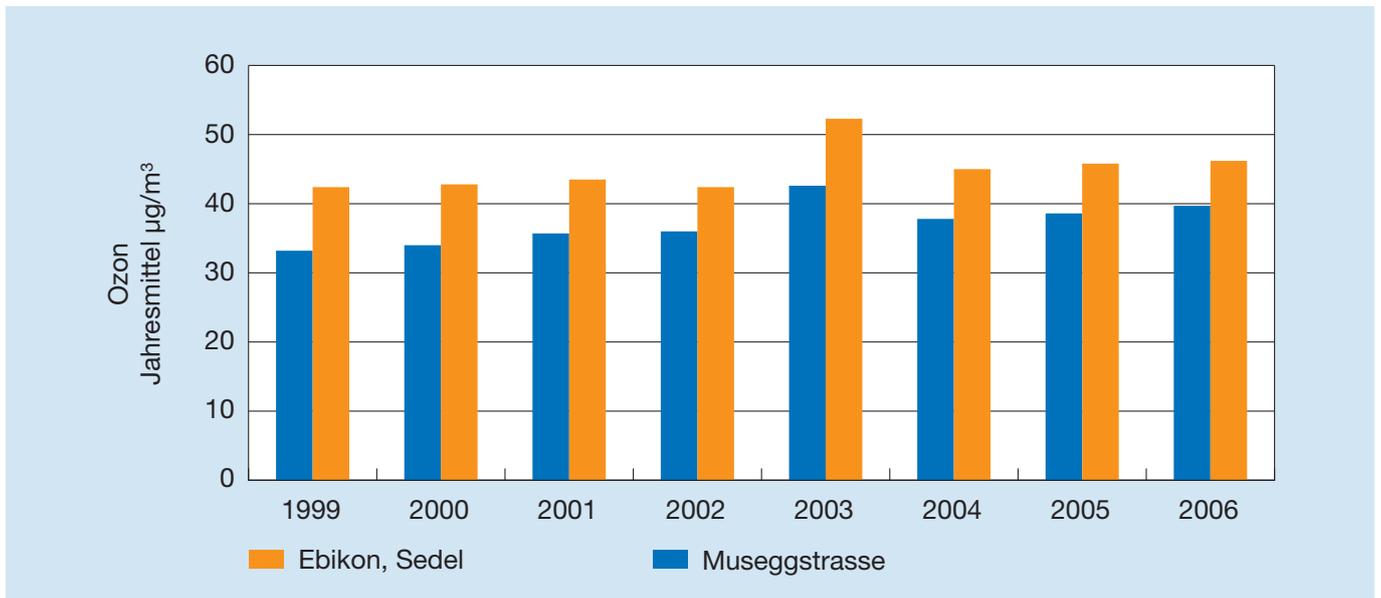


Grafik 7: Maximale Tagesmittelwerte der Feinstaubbelastung (PM10) für die Standorte Museggstrasse und Ebikon, Sedel (1999 bis 2006)

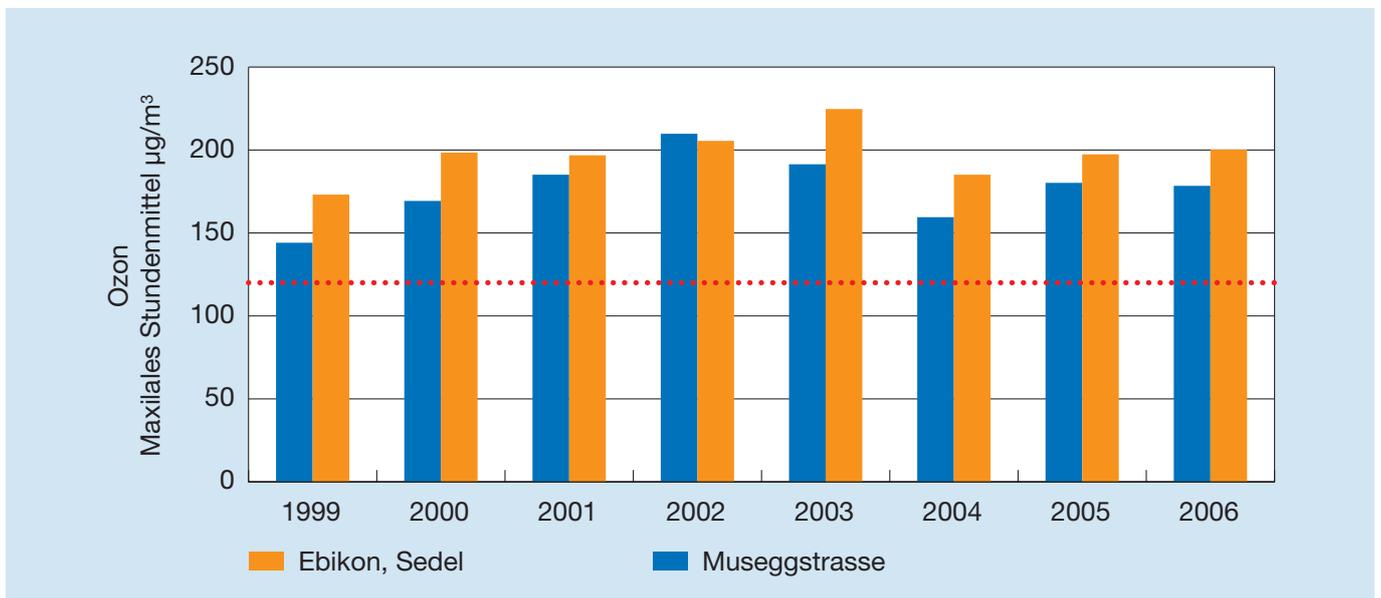
..... Grenzwert Luftreinhalte-Verordnung



Grafik 8: Anzahl Tage mit Tagesmittelwerten für die Feinstaubbelastung (PM10) über dem Grenzwert der Schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung (Standorte Museggstrasse und Ebikon, Sedel für die Jahre 1999 bis 2006). Maximal zulässig ist ein Tag.

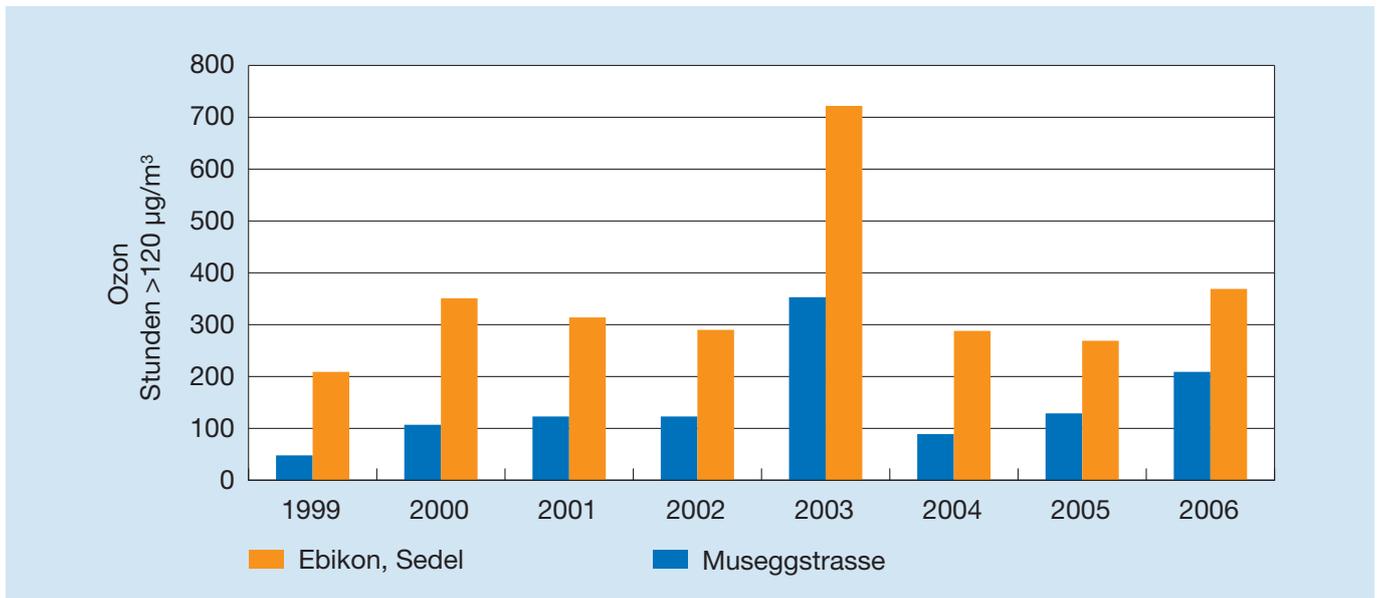


Grafik 9: Jahresmittelwerte der Ozonbelastung (O₃) für die Standorte Museggstrasse und Ebikon, Sedel (1999 bis 2006)

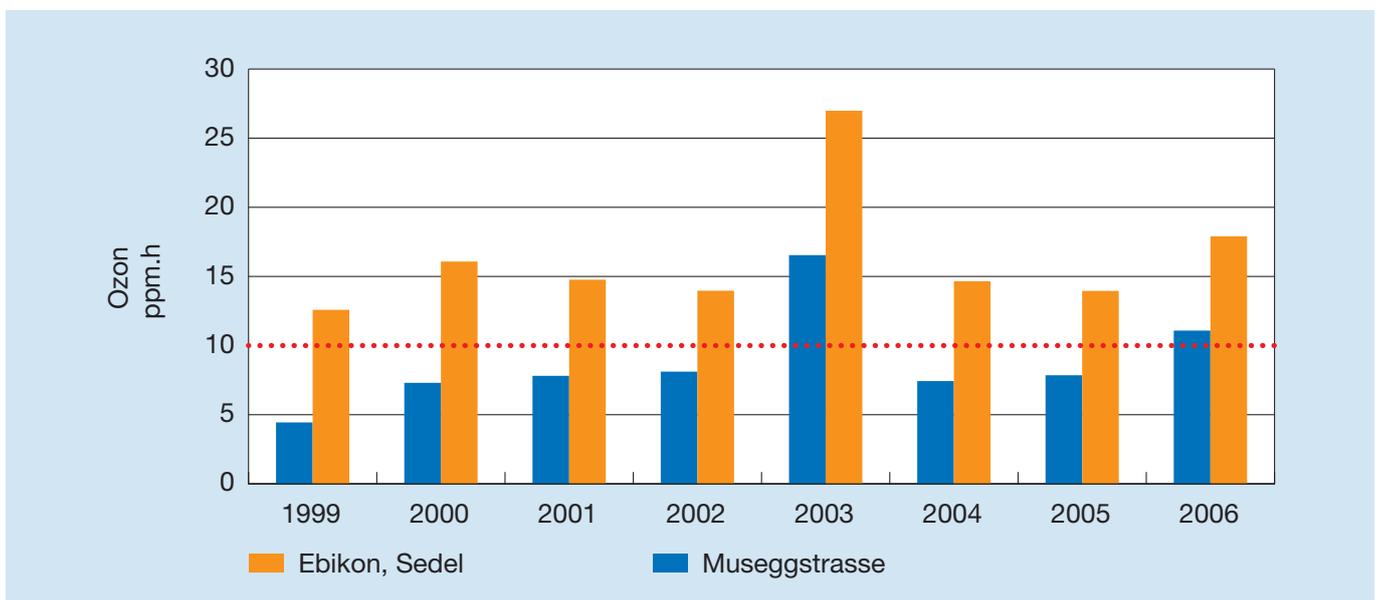


Grafik 10: Maximales Stundenmittel der Ozonbelastung (O₃) für die Standorte Museggstrasse und Ebikon, Sedel (1999 bis 2006)

..... Grenzwert Luftreinhalte-Verordnung



Grafik 11: Anzahl Stundenmittel mit Ozonbelastungen (O₃) über dem Grenzwert der schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung (120 µg/m³) für die Standorte Museggstrasse und Ebikon, Sedel (1999 bis 2006). Maximal zulässig ist eine Stunde.



Grafik 12: AOT 40 ist ein Mass für die Belastung der Wälder durch Ozon. Über dem kritischen Schwellenwert von 10 ppm*h muss mit Wachstumseinbussen in Wäldern gerechnet werden. Die Grafik zeigt die Werte für die Standorte Museggstrasse und Ebikon, Sedel (1999 bis 2006)
 Schwellenwert

Messdaten von stationären, kontinuierlich betriebenen Messstationen für Luftschadstoffe

Messort **Jahr**

Messinstanz
 Kontaktperson
 Koordinaten / Höhe
 Umräumung von ppb in µg/m³ bei 1013 °C / hPa Probenahme m von Strasse m über Meer
 m über Boden

Standortcharakteristika
 Stadtzentrum Industriezone
 Agglomeration strassennah
 ländlich Hintergrund
 Hochgebirge

Bebauung
 keine < 5'000
 offen 5'000 - 20'000
 einseitig offen 20'001 - 50'000
 geschlossen > 50'000

Verkehr (DTV)
 < 5'000
 5'000 - 20'000
 20'001 - 50'000
 > 50'000

Meteoparam.
 Ja
 Nein

Einheit	Jahresmittel	95%-Wert der 1/2h-Mittel	maximales Tagesmittel	Tagesmittel > IGW (Anz.)	Immissionsgrenzwerte		Messgerät / Messmethode	
					Jahr	Tag		
SO ₂	3.3	9.0	11.8	0	30	100	100	Monitor Labs 9850
NO ₂	34.0	63.7	70.1	0	30	80	100	Monitor Labs 9841A
NO _x	30.0	76.4	153.4					Monitor Labs 9841A
CO						9		
TSP								
PM10	26.8	75.4	165.1	42	20	50		TECOM 1400AB FDMS
PM2.5								
PM1								
Partikelanzahl								
EC / Russ								
Pb in PM10								
Cd in PM10								
Staubniederschlag								
Pb im SN								
Cd im SN								
Zn im SN								
Tl im SN								
Benzol								
Toluol								
NMVOC								
Ammoniak								

Ozon

Einheit	Jahresmittel	höchster 98%-Wert	Anzahl Monate mit 98%-Wert > 100 µg/m³	Stunden (h) und Tage (d) mit Stundenmittel > 120 µg/m³		Dosis AOT40f in ppm·h
				h	d	
µg/m³	39.7	157.6	4	209	41	11.0
		maximales Stundenmittel		h	d	
		178.4		0	0	> 240 µg/m³
				0	0	h d

Messdaten von stationären, kontinuierlich betriebenen Messstationen für Luftschadstoffe

Messort **Jahr**

Messinstanz
 Kontaktperson
 Umrechnung von ppb in µg/m³ bei °C / hPa

Koordinaten X in m / Y in m Höhe m über Meer
 Probenahme m von Strasse m über Boden

Standortcharakteristika
 Stadtzentrum Industriezone
 Agglomeration strassennah
 ländlich Hintergrund
 Hochgeorge

Bebauung
 keine
 offen
 einseitig offen
 geschlossen

Verkehr (DTV)
 < 5'000
 5'000 - 20'000
 20'001 - 50'000
 > 50'000

Meteoparam.
 Ja
 Nein

	Einheit	Jahresmittel	95%-Wert der 1/2h-Mittel	maximales Tagesmittel	Tagesmittel > GW (Anz.)	Immissionsgrenzwerte		Messgerät / Messmethode
						Jahr	Tag	
SO ₂	µg/m³					30	100	
NO ₂	µg/m³	26.6	57.4	67.7	0	30	80	Monitor Labs 9841A
NO _x	ppb	23.8	73.8	149.5			6	Monitor Labs 9841A
CO	mg/m³							
TSP	µg/m³							
PM10	µg/m³	24.5	70.3	161.2	35	20	50	TECOM 1400AB SES
PM2.5	µg/m³							
PM1	µg/m³							
Partikelanzahl	1/cm³							
EC / Russ	µg/m³							
Pb in PM10	ng/m³							
Cd in PM10	ng/m³							
Staubniederschlag	mg/(m²·d)							
Pb im SN	µg/(m²·d)							
Cd im SN	µg/(m²·d)							
Zn im SN	µg/(m²·d)							
TI im SN	µg/(m²·d)							
Benzol	µg/m³							
Toluol	µg/m³							
NM/VOC	µg/m³							
Ammoniak	µg/m³							

Ozon Messgerät
 höchster 98%-Wert maximales Stundenmittel
 Anzahl Monate mit 98%-Wert > 100 µg/m³
 Anzahl 1h-Mittel

Stunden (h) und Tage (d) mit Stundenmittel > 120 µg/m³
 h d
Stunden (h) und Tage (d) mit Stundenmittel > 180 µg/m³
 h d
Stunden (h) und Tage (d) mit Stundenmittel > 240 µg/m³
 h d
 Dosis AOT40f in ppm·h