

# Luftgüte

Messbericht über Immissionsmessungen  
am Standort „Aeroclub“  
(Jänner 2016 - Mai 2017)

DI Alexander Kranabetter / Josef Schmitzberger, MSc  
Abteilung 5, Natur- und Umweltschutz, Gewerbe, März 2018



## **Kurzfassung**

Am Standort „Aeroclub“ wurde vom 29.01.2016 bis 17.05.2017 eine Luftgütemessung durchgeführt. Der Fokus der Messkampagne lag bei den Komponenten Feinstaub ( $PM_{10}$  und  $PM_{2,5}$ ) und Stickstoffoxide.

Dieser Zeitraum umfasste einerseits die Wintermonate, in denen die Belastung mit Feinstaub durch ungünstigere Meteorologie naturgemäß höher ausfällt, sowie auch die Sommermonate, welche höhere Ozonbelastungen aufweisen. Die gewonnenen Messdaten werden nachfolgend mit den Kurz- und Langzeitgrenzwerten des Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) in Relation gesetzt und mit Messwerten anderer Luftgütemessstellen des Landes verglichen.

### **Stickstoffdioxid ( $NO_2$ )**

Hauptverursacher von Stickstoffdioxid ist der Straßenverkehr, insbesondere Fahrzeuge mit Dieselmotoren. Selbst moderne Diesel-Pkws der Euroklasse 6 emittieren auf der Straße ein Vielfaches der Werte am Prüfstand. Der Jahresgrenzwert von Stickstoffdioxid wird in Salzburg im Nahbereich stark frequentierter Straßen, insbesondere entlang von Autobahnen, seit Jahren erheblich überschritten.

Am Standort „Aeroclub“ lag der Mittelwert über dem gesamten Messzeitraum von Stickstoffdioxid mit  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  deutlich unter dem derzeit gültigen Jahresgrenzwert des IG-L ( $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und unter dem Niveau der städtischen Hintergrundmessstelle im Lehener Parker Park ( $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Im Vergleich dazu lag die mittlere  $NO_2$ -Belastung am Rudolfsplatz mit  $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$  deutlich über dem Jahresgrenzwert des IG-L. Der maximale Halbstundenwert lag beim Standort „Aeroclub“ bei  $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und damit deutlich unter dem Kurzzeitgrenzwert des IG-L ( $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Am Standort Aeroclub wurden daher alle Ziel- und Grenzwerte des IG-L für Stickstoffdioxid eingehalten und sogar die deutlich strengeren Anforderungen an Luftkurorten unterschritten.

### **Feinstaub ( $PM_{10}$ )**

Feinstaub ist ein typischer Winterschadstoff, wobei erhöhte Feinstaubkonzentrationen vermehrt bei Inversionswetterlagen während der kalten Jahreszeit auftreten. Der Tagesgrenzwert des IG-L von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , welcher bis zu 25-mal im Jahr überschritten werden darf, wurde am Messort 8-mal (Messzeitraum 1,5 Jahre) überschritten. Ursache dieser

---

Überschreitung waren Inversionswetterlagen im Jänner und Februar 2017, welche die Feinstaubkonzentration im gesamten Salzburger Zentralraum ansteigen ließ.

Zum Jahreswechsel fiel die Feinstaubbelastung durch Feuerwerke im Vergleich zu anderen Messstationen sehr niedrig aus, sodass der Tagesgrenzwert am Neujahrstag eingehalten wurde. Im Vergleich zu anderen Messstellen des Landes liegt die Feinstaubbelastung am Messort Aeroclub im Bereich der städtischen Hintergrundstation Lehener Park.

Mit einem  $PM_{10}$ -Mittelwert von  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde der Jahresgrenzwert des IG-L ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) deutlich unterschritten und sogar die strengeren Anforderungen an Luftkurorten eingehalten.

Die Feinstaubbelastung mit  $PM_{2,5}$  lag während der Messkampagne mit  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ebenso deutlich unter dem Jahresgrenzwert des IG-L von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Ozon ( $O_3$ )

Die mittlere Belastung mit Ozon lag am Messort Aeroclub mit  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in etwa gleich hoch wie an den städtischen Messstellen (z.Bsp.: Lehener Park:  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Ozon wird durch Vorläufersubstanzen (Stickstoffoxide und Kohlenwasserstoffe) unter Einwirkung von UV-Strahlung photochemisch erzeugt. Daher sind auch die Ozonwerte im Sommer aufgrund der längeren und intensiveren Sonnenstunden wesentlich höher als in den Wintermonaten. Der maximale Ozonwert lag mit knapp  $152 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (als MW1) deutlich unter dem Grenzwert der Ozoninformationsschwelle ( $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als MW1). Ebenso wurde der Zielwert des Ozongesetzes am Standort „AeroClub“ eingehalten.

### Partikelzahlmessung

Weiters wurden am Standort „Aeroclub“ Partikelmessungen durchgeführt. Für diese ultrafeinen Partikel (UFP) gibt es zurzeit keine gesetzlichen Grenzwerte. Um eine erste belastbare Datengrundlage für Salzburg zu bekommen wurde daher gemeinsam mit der Universität Salzburg Messungen im Nahbereich des Salzburger Flughafens durchgeführt.

### Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Messort „Aeroclub“ die Luftqualität einer städtischen Hintergrundmessstelle aufweist und alle Ziel- und Grenzwerte des IG-L, sowie des Ozongesetzes eingehalten wurden. Bei  $NO_2$ ,  $PM_{10}$  und Ozon wurden sogar die strengeren Vorgaben an Luftkurorte eingehalten.

## Inhalt

1	Einleitung .....	1
1.1	Lage des Messortes .....	1
1.2	Beurteilungsgrundlagen .....	2
2	Messgeräte .....	3
3	Methoden .....	3
3.1	Messverfahren für Feinstaub - PM <sub>10</sub> und PM <sub>2,5</sub> .....	3
3.2	Messverfahren für Stickstoffdioxid - NO <sub>2</sub> .....	3
3.3	Messverfahren für Ozon - O <sub>3</sub> .....	3
3.4	Messverfahren für Nanopartikel .....	4
4	Ergebnisse .....	5
4.1	Messergebnisse Luftschadstoffe .....	5
4.2	Datenverfügbarkeit .....	6
4.3	Tage mit Grenzwertüberschreitungen .....	6
4.4	Meteorologie .....	7
4.5	Witterungsverlauf 2016/2017 .....	10
5	Vergleich mit Grenzwerten .....	12
6	Diskussion .....	12
6.1	Ferntransport von Saharastaub .....	12
6.2	Inversionswetterlagen im Jänner 2017 .....	13
6.3	Feinstaub Jahreswechsel .....	15
6.4	Jahresgang Ozon .....	16
6.5	Mittlerer Wochengang Stickstoffdioxid .....	17
6.6	Sondermessung Partikelzahl .....	18

# 1 Einleitung

## 1.1 Lage des Messortes

Die Messstation (siehe *Abbildung 1*: Messort als roter Punkt markiert) wurde am Gelände (BMN M31 Rechtswert: 425934, Hochwert: 294149. Seehöhe: 430 m) des „Aeroclubs“ am Ende der Kendlerstraße in der Stadt Salzburg aufgestellt.



*Abbildung 1: Aufstellungsort des Messcontainers*

## 1.2 Beurteilungsgrundlagen

Als gesetzliche Grundlage zur Beurteilung der Luftqualität werden die Ziel- und Grenzwerte des Immissionschutzgesetz-Luft (IG-L) sowie des Ozongesetzes in ihrer jeweils gültigen Fassung zum Zeitpunkt der Messungen herangezogen.

*Tabelle 1: Grenzwerte gemäß IG-L Anlage 1a und 1b in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$*

Luftschadstoff	Halbstundenmittelwert	Tagesmittelwert	Jahresmittelwert
Stickstoffdioxid	200	-	30*)
Feinstaub PM <sub>10</sub>	-	50**)	40
Feinstaub PM <sub>2,5</sub>	-	-	25

\*) Der Immissionsgrenzwert von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ist ab 1. Jänner 2012 einzuhalten. Die Toleranzmarge beträgt  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei Inkrafttreten dieses Bundesgesetzes und wird am 1. Jänner jedes Jahres bis 1. Jänner 2005 um  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  verringert. Die Toleranzmarge von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gilt gleich bleibend ab 1. Jänner 2005 bis 31. Dezember 2009. Die Toleranzmarge von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gilt gleich bleibend ab 1. Jänner 2010. Im Jahr 2012 ist eine Evaluierung der Wirkung der Toleranzmarge für die Jahre 2010 und 2011 durchzuführen. Auf Grundlage dieser Evaluierung hat der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Wirtschaft, Familie und Jugend gegebenenfalls den Entfall der Toleranzmarge mit Verordnung anzuordnen.

\*\*) Pro Kalenderjahr ist die folgende Zahl von Überschreitungen zulässig: ab In-Kraft-Treten des Gesetzes bis 2004: 35; von 2005 bis 2009: 30; ab 2010: 25

*Tabelle 2: Alarmwerte gemäß IG-L in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$*

Luftschadstoff	Status	Dreistundenmittelwert (MW3)
Stickstoffdioxid	Alarmstufe	400

*Tabelle 3: Grenzwerte gemäß Ozongesetz Anlage 1 in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$*

Luftschadstoff	Status	Einstundenmittelwert (MW1)
Ozon	Informationsschwelle	180
Ozon	Alarmstufe	240

*Tabelle 4: Zielwerte gemäß IG-L und Ozongesetz in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$*

Luftschadstoff	Tagesmittelwert (TMW)	Achtstundenmittelwert (MW8)
Stickstoffdioxid	80	-
Ozon	-	120 <sup>***)</sup>

\*\*\*)  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als höchster Achtstundenmittelwert eines Tages; dürfen im Mittel über drei Jahre an nicht mehr als 25 Tagen pro Kalenderjahr überschritten werden. Langfristiges Ziel für den Schutz der menschlichen Gesundheit bis 2020 ist die  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als höchster Achtstundenmittelwert eines Tages innerhalb eines Kalenderjahres.

## 2 Messgeräte

*Tabelle 5: Verwendete Messgeräte*

Bezeichnung	Seriennummer	Hersteller
Stickstoffoxide, API 200E	929	API
Ozon, Thermo 49i	JC1317958369	Thermo Fisher
Ozon, API 400E	1276	API
Partikelzahl, CPC 5421	54211502	Grimm Aerosol Technik
Feinstaub, Grimm EDM180	18A 14068	Grimm Aerosol Technik

## 3 Methoden

Die Messungen wurden qualitätsgesichert nach den Vorgaben der IG-L Messkonzeptverordnung 2012 durchgeführt.

### 3.1 Messverfahren für Feinstaub - $PM_{10}$ und $PM_{2,5}$

Die in der Probenluft enthaltenen Partikel werden in der Messkammer durch eine Streulichtmessung nach Größe und Anzahl klassifiziert. Mit einem Laser wird über eine nachgeschaltete Optik ein Messvolumen ausgeleuchtet. Durch dieses Messvolumen wird der Partikelstrom geleitet. Das von jedem Partikel ausgehende Streulicht wird von einer zweiten Optik unter einem Öffnungshalbwinkel und einem Streuwinkel erfasst und die Lichtintensität über einen Spiegel auf einen Detektor geleitet und gemessen. Die Partikelgröße ist proportional zur Intensität des reflektierten Lichtstrahls. Die Zählrate ergibt sich aus der Partikelanzahl und der Volumenflussrate. Bei bekanntem Partikeldurchmesser und bekannter Dichte kann unter Annahme der Kugelform die Partikelmasse aus der Partikelanzahl abgeleitet werden.

### 3.2 Messverfahren für Stickstoffdioxid - $NO_2$

Das Messprinzip basiert auf dem Chemilumineszenz-Verfahren, wobei bei der chemischen Reaktion von Stickstoffmonoxid (NO) mit Ozon ein Lichtimpuls abgegeben wird. Dabei wird NO zu  $NO_2$  oxidiert und der Lichtimpuls vom Detektor gemessen. Das vom Detektor ausgegebene Messsignal entspricht direkt der Konzentration von NO.

### 3.3 Messverfahren für Ozon - $O_3$

Das Messverfahren des Ozonanalysators beruht auf dem Prinzip der Ultraviolettabsorption. Dazu wird die Probenluft an einer UV-Quelle vorbei geleitet und die durch Absorpti-

on verringerte Lichtmenge erfasst. Die nachgeschaltete Elektronik setzt das Messergebnis in ein für EDV-Systeme verständliches Signal um.

### **3.4 Messverfahren für Nanopartikel**

In einem CPC (Condensed Particle Counter) werden die ultrafeinen Partikel durch Kondensation vergrößert, damit diese vom Laser erfasst werden können. Die Probeluft wird dabei durch einen beheizten Saturator, wo sie mit Butanol angereichert wird, geführt. Anschließend wird diese im Kondensator gekühlt, wo der nun übersättigte Dampf auf den Partikeln, welche als Kondensationskeime fungieren, kondensiert.

Die daraus resultierenden Tröpfchen sind nun groß genug, um durch optisches Streulicht erfasst zu werden. Das Einsatzspektrum beim eingesetzten Gerät liegt zwischen 4 bis 350nm.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Messergebnisse Luftschadstoffe

Tabelle 6: Messergebnisse von 29.01.2016-17.05.2017

<b>NO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Mittel</b>	<b>Perz98</b>	<b>max.HMW</b>	<b>max.MW1</b>	<b>max.MW8</b>	<b>max.TMW</b>
Salzburg Rudolfsplatz	47	101	192	175	135	108
Salzburg Mirabellplatz	29	75	124	120	109	90
Salzburg Lehener Park	24	67	121	120	101	80
Salzburg A1	47	109	191	174	138	94
Hallein B159	42	93	177	175	136	115
Hallein A10	49	102	185	181	146	112
Hallein Winterstall	12	44	90	90	86	82
Haunsberg	8	29	87	87	80	64
St.Johann	23	71	110	107	94	78
Tamsweg	16	59	111	105	84	60
Zederhaus	32	97	166	155	123	108
Zell am See	19	68	107	104	95	78
Standort Aeroclub	21	65	113	113	103	80
<b>NO<sub>x</sub> in ppb</b>	<b>Mittel</b>	<b>Perz98</b>	<b>max.HMW</b>	<b>max.MW1</b>	<b>max.MW8</b>	<b>max.TMW</b>
Salzburg Rudolfsplatz	62	197	582	481	300	229
Salzburg Mirabellplatz	26	105	284	277	201	144
Salzburg Lehener Park	20	94	268	260	180	140
Salzburg A1	68	242	525	487	287	216
Hallein B159	63	217	610	493	325	258
Hallein A10	61	194	419	397	286	216
Hallein Winterstall	9	36	119	107	89	71
Haunsberg	5	18	79	77	58	41
St.Johann	23	103	223	207	165	122
Tamsweg	16	78	283	269	170	87
Zederhaus	35	154	336	305	219	165
Zell am See	17	76	175	164	118	99
Standort Aeroclub	18	89	237	224	166	131
<b>O<sub>3</sub> in µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Mittel</b>	<b>Perz98</b>	<b>max.HMW</b>	<b>max.MW1</b>	<b>max.MW8</b>	<b>max.TMW</b>
Salzburg Mirabellplatz	45	109	150	148	142	99
Salzburg Lehener Park	43	111	152	150	143	91
Hallein Winterstall	61	115	160	160	157	115
Haunsberg	66	118	161	161	149	121
St.Johann	37	107	145	141	124	85
St.Koloman	77	120	151	150	147	120
Tamsweg	47	109	127	126	120	106
Zederhaus	43	101	122	121	114	105
Zell am See	43	104	130	129	121	87
Standort Aeroclub	44	112	154	152	144	91
<b>PM<sub>10</sub> in µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Mittel</b>					<b>max.TMW</b>
Salzburg Rudolfsplatz	22					150
Salzburg Mirabellplatz	16					129
Salzburg Lehener Park	17					132
Salzburg A1	20					143
Hallein B159	18					113
Hallein A10	20					111
Tamsweg	14					81
Zederhaus	14					85
Zell am See	13					72
Standort Aeroclub	15					99
<b>PM<sub>2,5</sub> in µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Mittel</b>					<b>max.TMW</b>
Salzburg Rudolfsplatz	14					130
Zell am See	9					51
Standort Aeroclub	12					99

## 4.2 Datenverfügbarkeit

In *Tabelle 7* wird die Datenverfügbarkeit im untersuchten Zeitraum dargestellt.

*Tabelle 7: Datenverfügbarkeit*

Messort	Verfügbarkeit %	gültige HMW	Verfügbarkeit %	gültige HMW	Verfügbarkeit %	gültige HMW	Verfügbarkeit %	gültige HMW
Komponente	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>
Salzburg Rudolfsplatz	97	22.102	69*	15756	97	21.676	-	-
Salzburg Mirabellplatz	100	22.764	-	-	100	22.234	99	22.080
Salzburg Lehener Park	100	22.771	-	-	100	22.276	100	22.258
Salzburg A1	100	22.735	-	-	100	22.324	-	-
Hallein B159	97	22.146	-	-	100	22.280	-	-
Hallein Autobahn	100	22.738	-	-	100	22.332	-	-
Hallein Winterstall	-	-	-	-	100	22.264	100	22.212
Haunsberg	-	-	-	-	100	22.247	100	22.169
St. Kolomann	-	-	-	-	-	-	100	22.215
St. Johann - BH	-	-	-	-	100	22.262	100	22.278
Zell am See-Eishalle	100	22.649	96	21.927	100	22.181	100	22.160
Tamsweg	100	22.752	-	-	100	22.291	100	22.250
Zederhaus	96	21.927	-	-	100	22.272	98	21.671
Standort Aeroclub	88	20.150	88	20.150	99	22.103	100	22.078

\*) geringere Verfügbarkeit aufgrund eines Verkehrsunfalles in die Messstation

## 4.3 Tage mit Grenzwertüberschreitungen

In *Tabelle 8* wird die Anzahl der Tage mit Grenzwertüberschreitungen dargestellt. Hierbei ist hinzuzufügen, dass die nachfolgende Tabelle die Überschreitungen des gesamten Untersuchungszeitraumes (~1,5 Jahre) wiedergibt.

*Tabelle 8: Anzahl der Tage mit Überschreitungen (29.01.2016-17.05.2017)*

Messort	Grenzwerte			Zielwert
	PM <sub>10</sub> TMW>50*	Ozon MW1>180	NO <sub>2</sub> HMW>200	NO <sub>2</sub> TMW>80
Salzburg Rudolfsplatz	21	-	0	14
Salzburg Mirabellplatz	16	0	0	4
Salzburg Lehener Park	19	0	0	1
Salzburg A1	-	-	0	11
Hallein B159	13	-	0	11
Hallein Autobahn	14	-	0	12
Hallein Winterstall	-	0	0	1
St. Kolomann	-	0	-	-
Haunsberg	-	0	0	0
St. Johann - BH	-	0	0	0
Zell am See - Eishalle	6	0	0	0
Tamsweg	6	0	0	13
Zederhaus	2	0	0	0
Standort Aeroclub	8	0	0	0

\*) bis maximal 25 Überschreitungstage pro Kalenderjahr sind zulässig

### 4.4 Meteorologie

Abbildung 2 stellt den Temperaturverlauf von 2016 im Vergleich zum langjährigen Mittel dar. Aus dieser geht hervor, dass der Februar, April und September wärmere Temperaturen im Vergleich zum langjährigen Mittel aufwiesen.

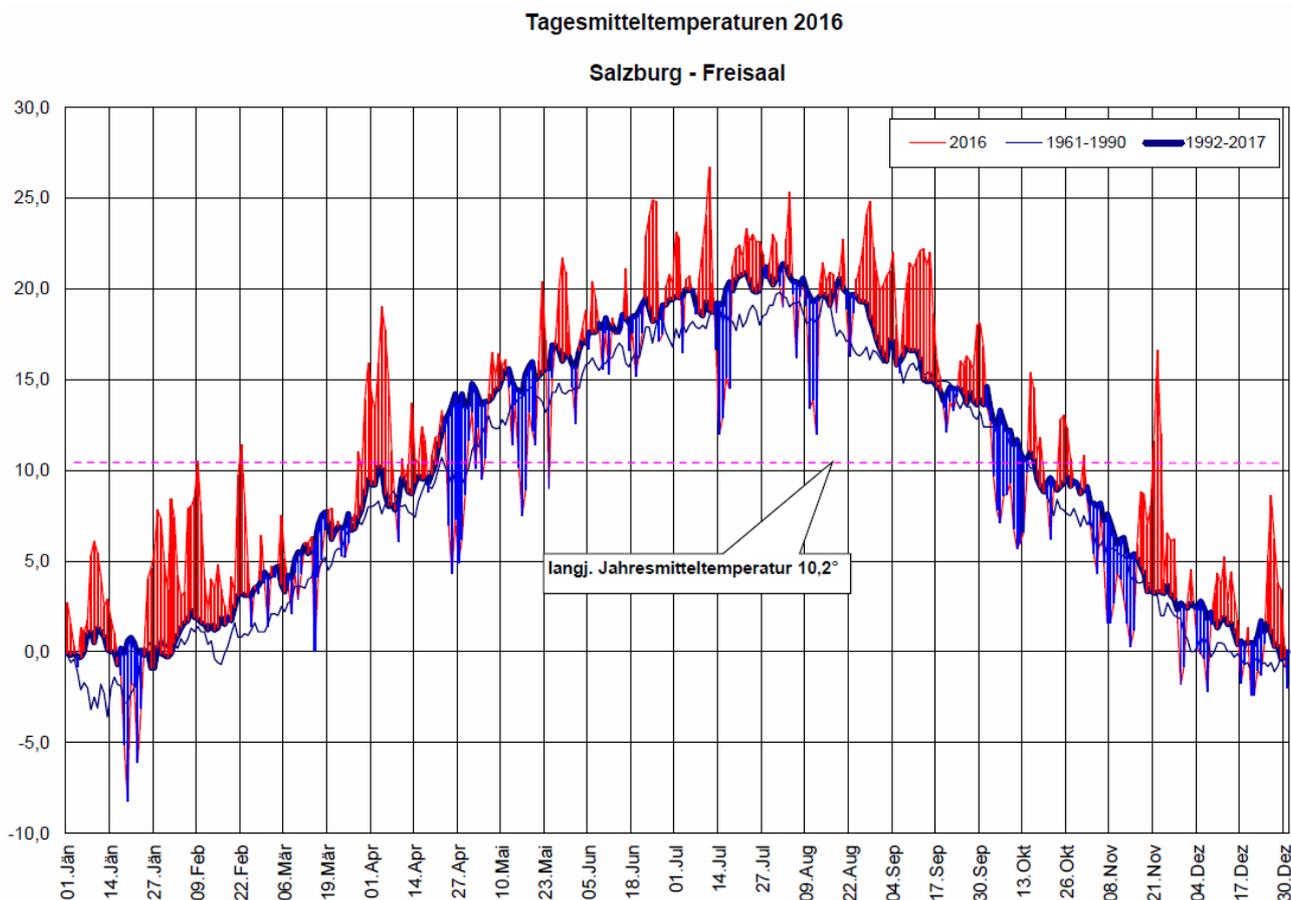


Abbildung 2: Temperaturverlauf 2016 im Vergleich zum langjährigen Mittel

Abbildung 3 stellt den Temperaturverlauf von 2017 im Vergleich zum langjährigen Mittel dar. Aus dieser geht hervor, dass der Jänner und April kältere Temperaturen im Vergleich zum langjährigen Mittel aufwies.

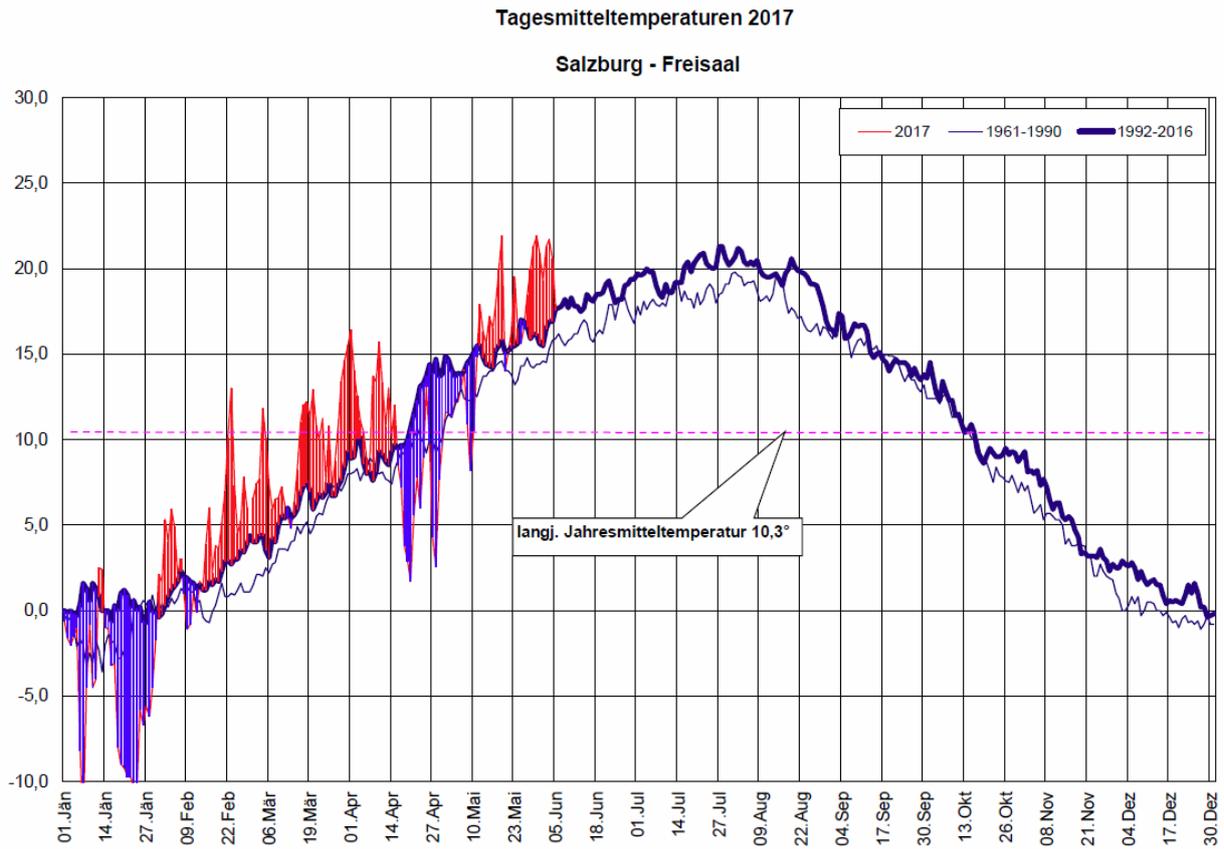


Abbildung 3: Temperaturverlauf 2017 bis Ende Mai im Vergleich zum langjährigen Mittel

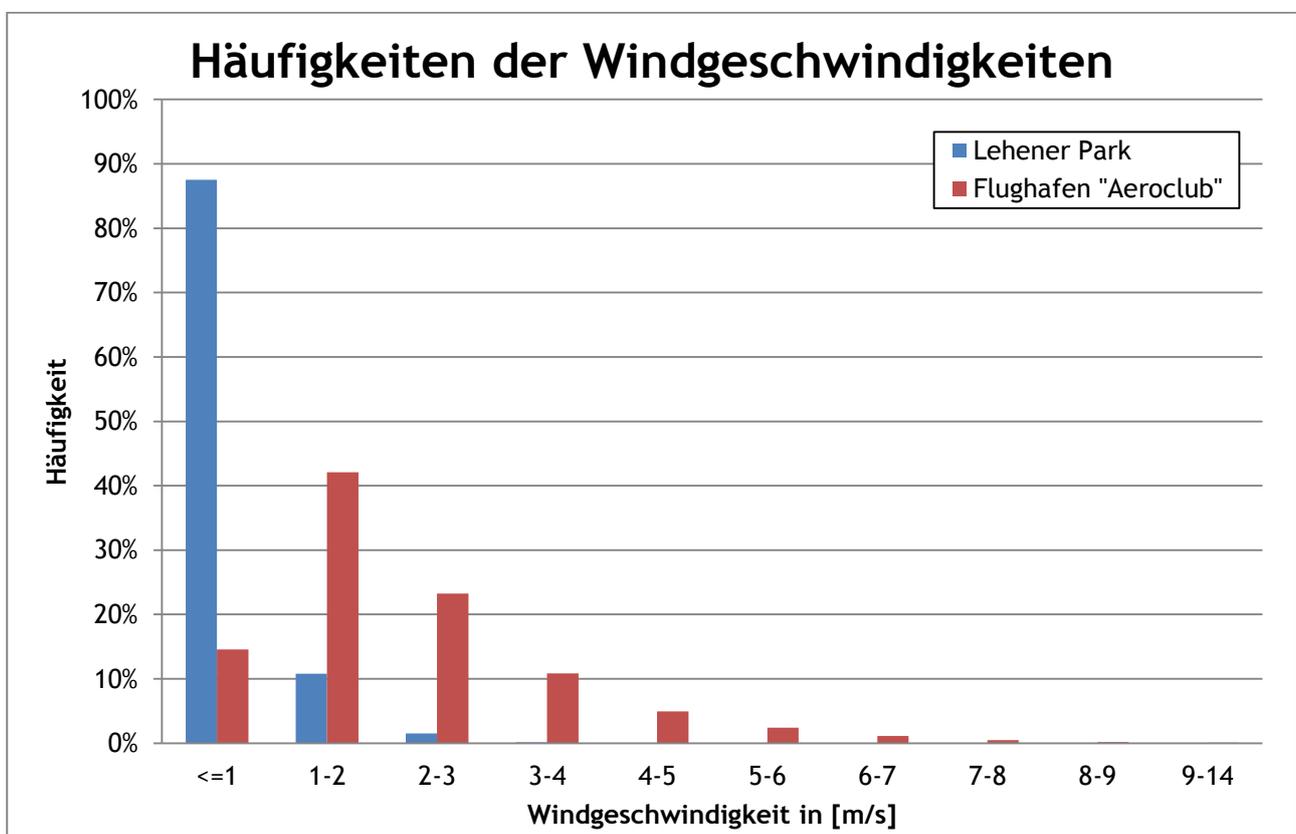
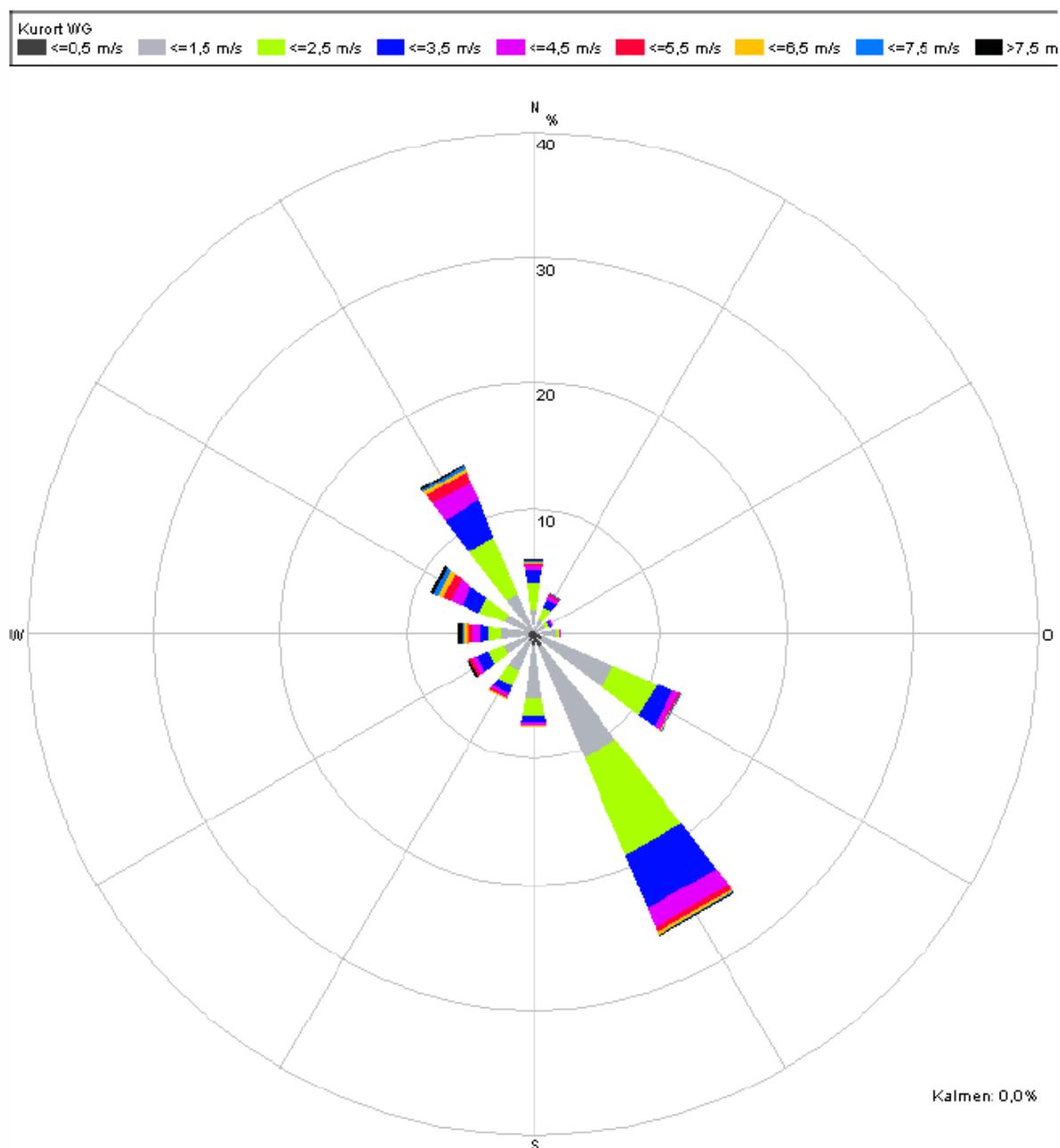


Abbildung 4: Häufigkeiten der Windgeschwindigkeiten

In *Abbildung 4* sind die Häufigkeiten der Windgeschwindigkeiten der Messstation im Lehener Park in Salzburg und dem Messort „Aeroclub“ dargestellt. Erkennbar ist, dass die Windgeschwindigkeiten grösser 1 m/s am Messort „Aeroclub“ deutlich häufiger auftreten als im Lehener Park, die Luft daher besser durchmischt wird.

Die mittlere Windgeschwindigkeit am Messort „Aeroclub“ betrug ca. 2,1 m/s. Die maximale Windspitze wurde am 12.07.2016 mit 23,5 m/s gemessen werden.

In *Abbildung 5* ist die Windrose im Untersuchungszeitraum dargestellt. Am Messort treten vorwiegend Nord Nordwest- und Süd Südostwinde auf.



*Abbildung 5: Windrose Flughafen "Aeroclub" von 29.01.2016-17.05.2017*

## 4.5 Witterungsverlauf 2016/2017

Der **Jänner** brachte zum Monatsbeginn und vom 14. bis zum 24. winterlich kaltes Wetter mit zeitweisem Schneefall. In dieser Zeit gab es zum Teil Bodeninversionen bei strengem Frost in den Morgenstunden mit eingeschränktem Austausch. Sonst gab es mildes und wechselhaftes Wetter mit häufig Regen.

Der **Februar** verlief wechselhaft und mild. Selbst auf den Sonnenseiten der Berge war es oft aper. Durch das wechselhafte Wetter gab es überdurchschnittlich viel Niederschlag und wenig Sonnenschein. Eine mehrtägige kalte Periode mit anhaltender Inversion ist ausgeblieben.

Im **März** gab es bis zum 26. des Monats meist trockene und kühle Witterung bei wechselhaftem Wetter durch Luft von nördlichen und östlichen Richtungen. Zum Monatsende folgte föhniges und mildes Wetter.

Der **April** begann warm mit viel Sonnenschein. In der letzten Woche schneite es nochmals bis in die Niederungen bei kalter Luft aus arktischen Breiten und Morgenfrösten.

Der **Mai** brachte häufig wechselhaftes und windiges Wetter mit kühler Luft vom Atlantik, Vom 5. bis zum 9. des Monats stellte sich vorübergehend trockenes und mildes Wetter ein.

Im **Juni** herrschte durchwegs wechselhaftes Wetter mit nur wenigen Tagen ohne Niederschlag. Sonniges, hochsommerlich warmes und trockenes Wetter gab es vom 21. bis 24. des Monats.

Der **Juli** war geprägt von unbeständigem Wetter mit vielen Tagen mit Regen.

Im **August** verlief das Wetter bis zum 22. wechselhaft. Ab dem 23. des Monats gab es viel Sonnenschein und sommerliche Wärme.

Der **September** brachte in Summe viel Sonnenschein mit häufig sommerlichen Temperaturen bei stabilen Hochdruckwetterlagen. Es regnete nur selten, dann aber zum Teil ergiebig.

Der **Oktober** verlief durchgehend wechselhaft mit oft kühler Luft, vielen Tagen mit Niederschlag und wenig Sonnenschein.

Der **November** war in der ersten Monatshälfte nass und kalt mit zum Teil winterlichem Wetter. In der zweiten Monatshälfte folgte warmes Wetter mit Inversionswetterlagen.

Im **Dezember** wechselten bei meist trockenem Wetter und viel Sonnenschein Kälte und milde Temperaturen. In der ersten Dekade und zum Monatsende gab es Inversionswetter.

In der ersten Monatshälfte des **Jänners** 2017 gab es wechselhaftes Wetter mit häufig Schneefall. Ab dem 18. Jänner folgte meist sonniges und trockenes Wetter mit Dauerfrost. Am 30. Jänner setzte Tauwetter mit Regen und Erwärmung ein. In der zweiten Monatshälfte gab es häufig Bodeninversionen und strengen Morgenfrost.

Im **Februar** gab es in den nördlichen Landesteilen bereits frühlingshaftes Wetter mit Regen und nur vorübergehend Schneeregen. In den Gebirgsgauen gab es noch zum Teil Schnee, aber auch dort verlief der Februar überdurchschnittlich mild. Eine wechselhafte Witterungsperiode gab es vom 16. bis zum 24. des Monats, sonst überwogen trockene Tage. Vom 9. bis zum 15. gab es trockenes Wetter mit kalten Nächten mit Bodeninversionen.

Im **März** herrschte meist mildes Wetter mit viel Sonnenschein. Bis zum 10. des Monats gab es wechselhaftes Wetter mit zeitweisem Niederschlag, danach war Niederschlag nur selten. Schnee fiel im März nur noch über 1000 m.

In der ersten Hälfte des **Aprils** gab es relativ mildes und wechselhaftes Wetter mit meist nur unergiebigem Niederschlag. Ab dem 16. April folgte kühle Witterung mit Luft vom Nordatlantik und von arktischen Regionen mit häufigem und ergiebigem Niederschlag. Dabei schneite es zeitweise bis in die Niederungen. Auch in der Stadt Salzburg gab es Schneefall und vorübergehend eine Schneedecke.

In der ersten Monatshälfte im **Mai** gab es wechselhaftes Wetter mit häufig Niederschlag. Ab dem 16. Mai folgte warme Witterung mit relativ warmer Luft.

## 5 Vergleich mit Grenzwerten

In *Tabelle 9* werden die Messergebnisse mit den jeweiligen gesetzlichen Bewertungsgrößen verglichen. Wie in dieser Tabelle ersichtlich wurden am Standort Aeroclub sämtliche Ziel- und Grenzwerte eingehalten. Hierbei ist anzumerken, dass die nachfolgende Tabelle die Überschreitungen des gesamten Untersuchungszeitraumes (1,5 Jahre) wiedergibt.

*Tabelle 9: Gegenüberstellung der Messwerte den Grenzwerten*

Grenzwert	NO <sub>2</sub> in µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> in µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>2,5</sub> in µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> in µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	21	-	-	-
JMW Grenzwert	35	-	-	-
Max HMW	113	-	-	-
HMW Grenzwert	200	-	-	-
Maximaler TMW	80	-	-	-
TMW Zielwert	80	-	-	-
Mittelwert	-	15	12	-
JMW Grenzwert	-	40	25	-
TMW > 50 µg/m <sup>3</sup>	-	8 Tage	-	-
Grenzwertüberschreitungen****)	-	25 Tage	-	-
Max. MW1	-	-	-	152
MW1 Grenzwert	-	-	-	180
MW8 > 120 µg/m <sup>3</sup>	-	-	-	11 Tage
Grenzwertüberschreitungstage *****)	-	-	-	25 Tage

\*\*\*\*) Tagesmittelwert größer 50 µg/m<sup>3</sup>

\*\*\*\*\*) MW8 > 120 µg/m<sup>3</sup>

## 6 Diskussion

### 6.1 Ferntransport von Saharastaub

Am 05.04.2016 wurden durch eine südliche Höhenströmung große Mengen von Saharastaub nach Mitteleuropa transportiert und sorgten im ganzen Land Salzburg für erhöhte Feinstaubwerte. An allen Messstellen des Landes wurde an diesem Tag der Tagesgrenzwert für Feinstaub (50 µg/m<sup>3</sup>) deutlich überschritten.

Die höchsten Feinstaubkonzentrationen wurden mit über 140 µg/m<sup>3</sup> im Salzburger Zentralraum gemessen. Mit Durchzug einer Regenfront sank die Feinstaubkonzentration zumindest in den nördlichen Landesteilen am darauffolgenden Tag wieder rasch ab.

*Abbildung 6* zeigt die erhöhte Feinstaubkonzentration am 06.04.2016 in Hof bei Salzburg im Vergleich zur Messstation in Salzburg Lehener Park.

Am Standort Flughafen „Aeroclub“ gab es zu dieser Zeit einen Messgeräteausfall.

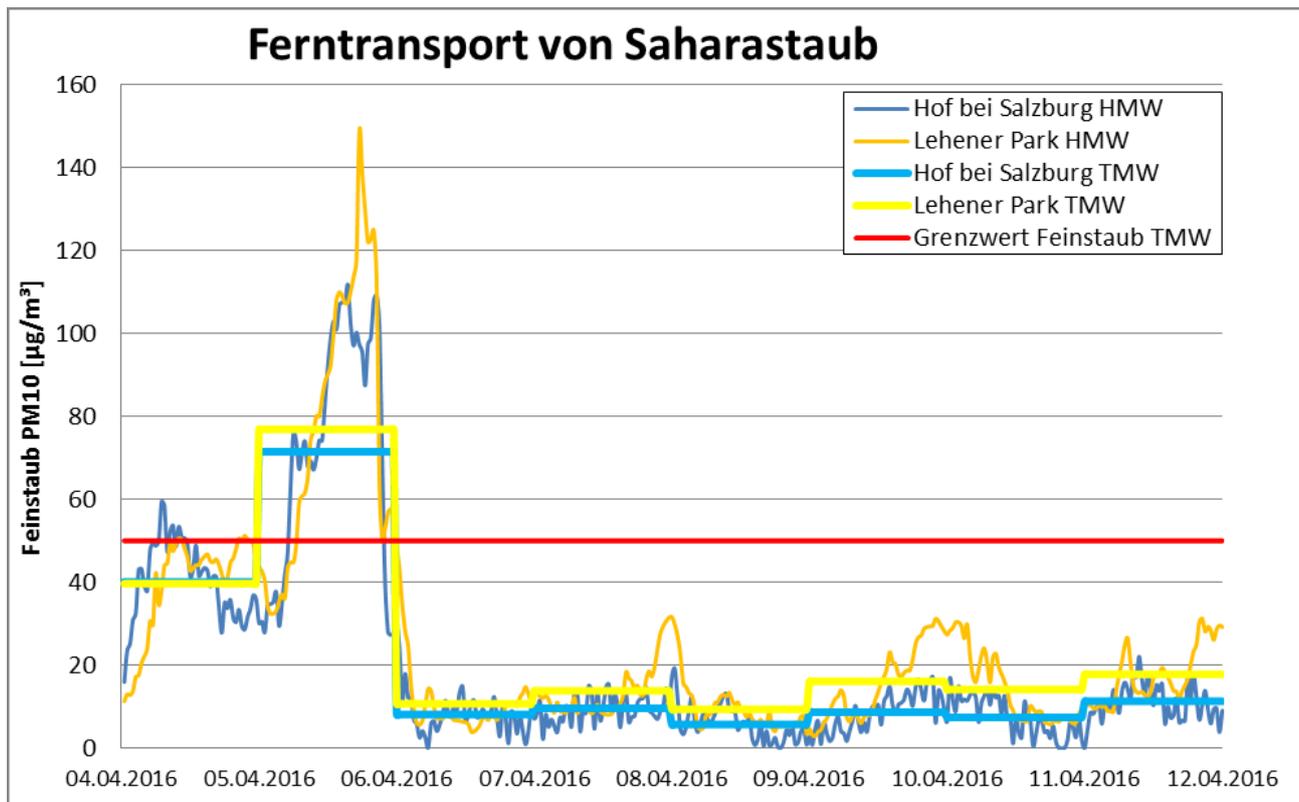


Abbildung 6: Feinstaubkonzentration Saharastaub 05.04.2016

## 6.2 Inversionswetterlagen im Jänner 2017

Die Zunahme der  $\text{NO}_2$ - und  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen in der zweiten Monatshälfte des Jäners und Mitte Februar können auf Bodeninversionen und strengen Morgenfrost während einer winterlichen Witterungsphase mit einer geschlossenen Schneedecke zurückgeführt werden (siehe *Abbildung 7*). Die anhaltenden Inversionen mit eingeschränktem vertikalem Luftaustausch führten zu zahlreichen Überschreitungen des Tagesgrenzwertes für  $\text{PM}_{10}$ . In *Abbildung 8* und *Abbildung 9* sind die Verläufe der Feinstaub- und Stickstoffdioxidkonzentrationen über diesem Zeitraum dargestellt. Aus dem Vergleich erkennt man, dass zu diesem Zeitpunkt der Feinstaub sehr homogen im gesamten Zentralraum verteilt war.

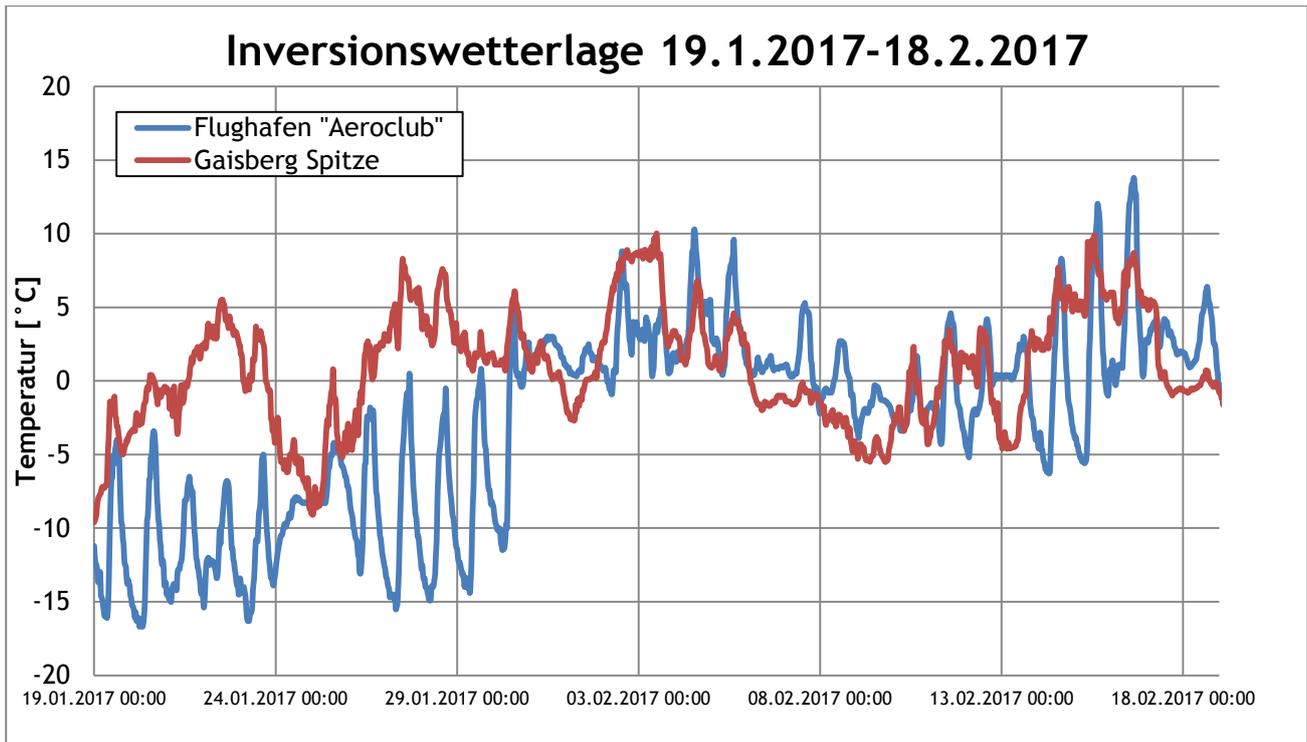


Abbildung 7: Temperaturverlauf Inversionswetterlage

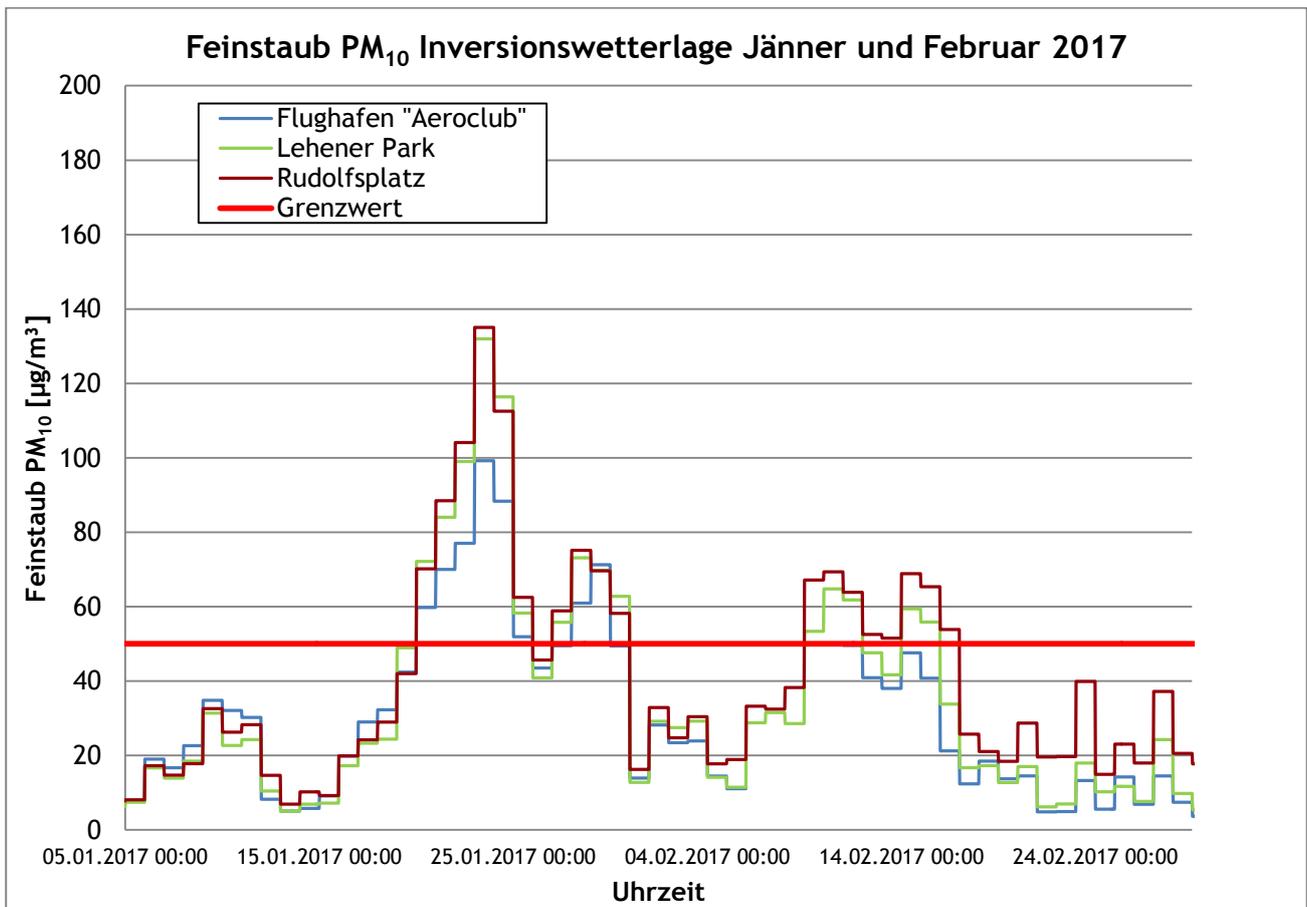


Abbildung 8: Verlauf Feinstaub Jänner und Februar 2017

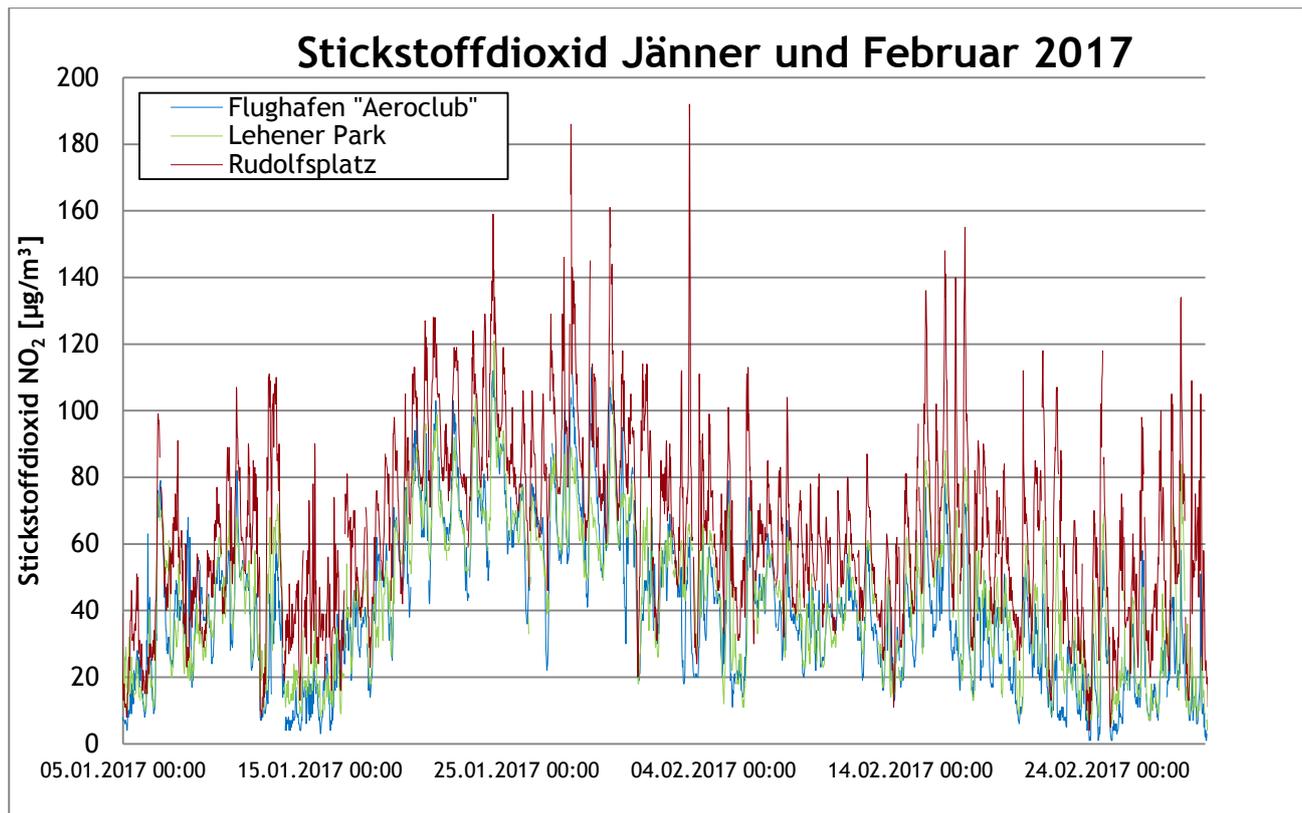


Abbildung 9: Verlauf Stickstoffdioxid Jänner und Februar 2017

### 6.3 Feinstaub Jahreswechsel

Die Feinstaubkonzentrationen fielen am Messstandort Flughafen „Aeroclub“ zum Jahreswechsel im Vergleich zum Standort Rudolfsplatz zwar niedriger aus (siehe *Abbildung 10*), jedoch konnten PM<sub>10</sub> Spitzen mit bis zu 123 µg/m<sup>3</sup> gemessen werden. Diese Differenz ist einerseits auf die Entfernung des Aufstellungsort des Messcontainers zu den Silvesterfeuerwerken in der Salzburger Innenstadt und andererseits auf die vorherrschende Nordwestwindrichtung in diesem Zeitraum rückzuführen.

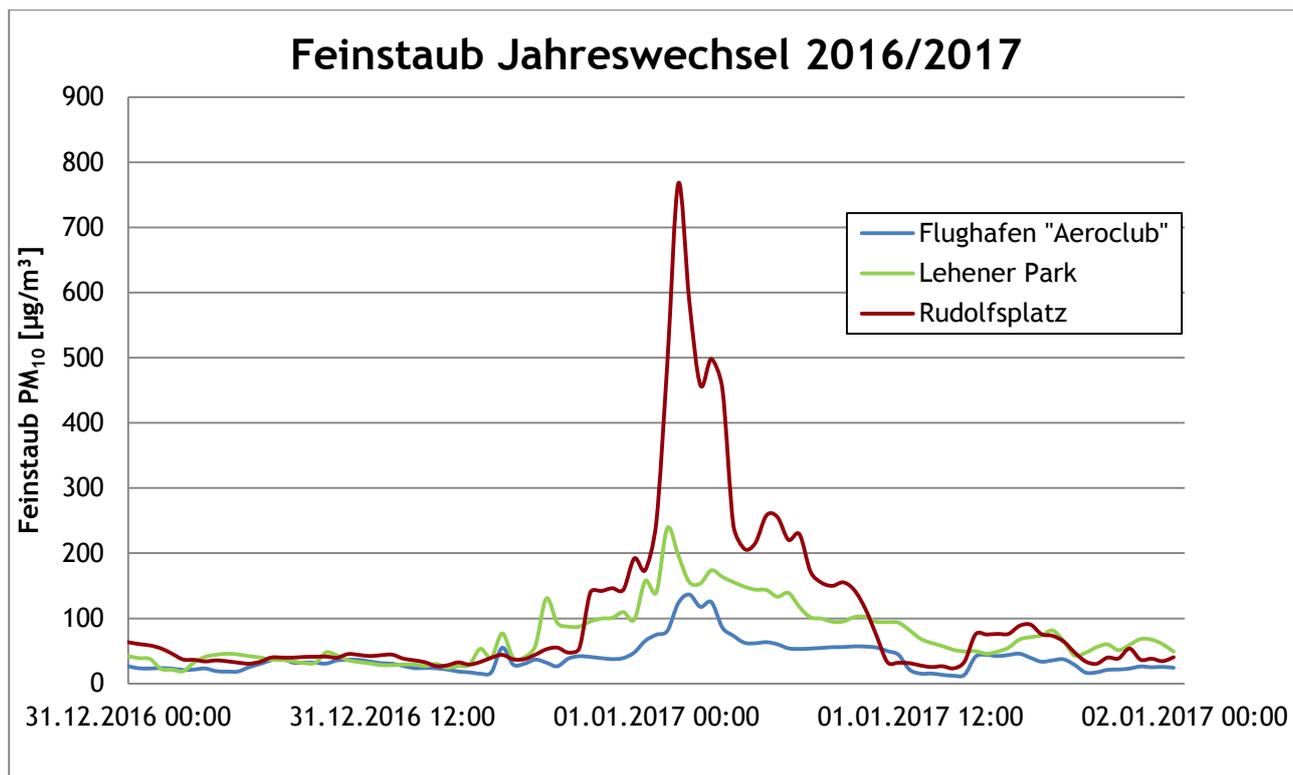


Abbildung 10: Feinstaubkonzentration Jahreswechsel

### 6.4 Jahresgang Ozon

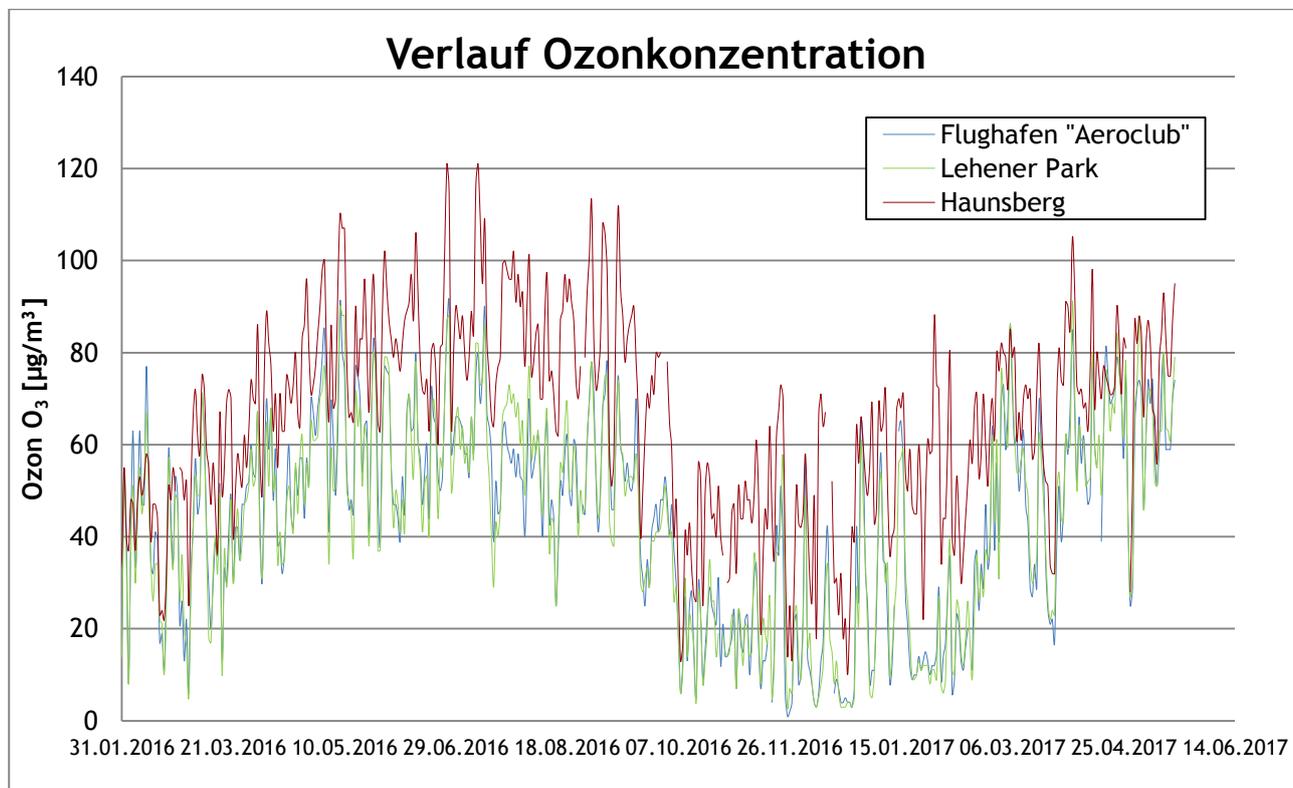


Abbildung 11: Verlauf Ozonkonzentration

Der Grenzwert für die Ozoninformationsschwelle ( $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als MW1) wurde am Messort „Aeroclub“ während des gesamten Messzeitraumes nicht überschritten. Der Zielwert ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als MW8) wurde am Standort „AeroClub“ an 11 Tagen während des Messzeitraumes von 1,5 Jahren überschritten. Damit wurden auch die Vorgaben für den Zielwert des Ozongesetzes eingehalten (siehe *Abbildung 11*).

## 6.5 Mittlerer Wochengang Stickstoffdioxid

In *Abbildung 12* ist der mittlere Wochengang der Stickstoffdioxidwerte am Standort „Aeroclub“ im Vergleich zu den Messstationen Rudolfsplatz und Lehener Park dargestellt. Die mittlere Stickstoffdioxidbelastung ist am Standort „Aeroclub“ im Vergleich zu den anderen beiden Messstellen niedriger. Die Stickstoffdioxidkonzentrationen sind Werktags (Mo - Fr) merklich höher als am Wochenende. Dies ist einerseits auf das geringe Verkehrsaufkommen und auf das Wochenendfahrverbot für LKW rückzuführen.

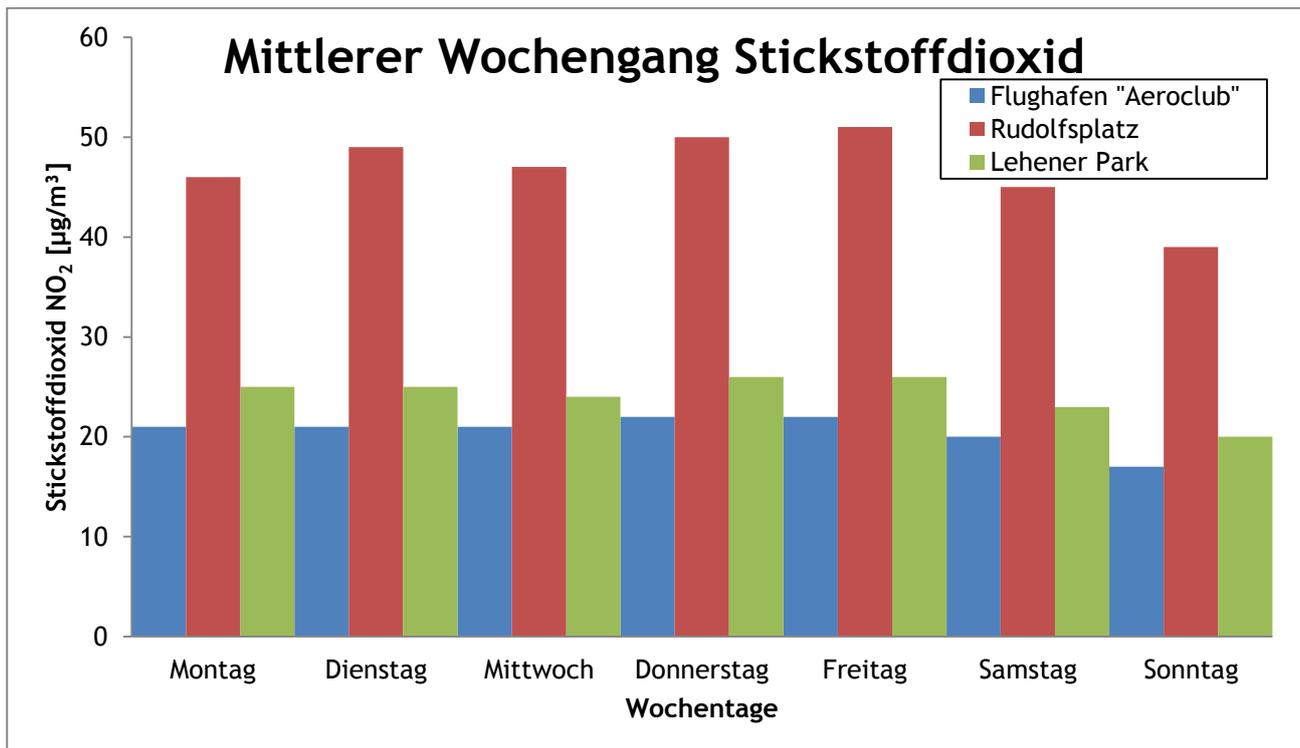


Abbildung 12: Mittlerer Wochengang Stickstoffdioxid

## 6.6 Sondermessung Partikelzahl

Bislang liegen der Messung ultrafeiner Partikel (UFP) keine gesetzlichen Regelungen zugrunde. Die vorgeschriebene Massebestimmung des Feinstaubes ( $PM_{10}$  und  $PM_{2.5}$ ) ist für die ultrafeinen Partikel aufgrund ihrer geringen Größe und Masse keine geeignete Methode. Für diese ultrafeinen Luftpartikel ist die Bestimmung der Anzahl der Teilchen pro Luftvolumen eine bessere Nachweismethode.

Ultrafeine Partikel in der Luft werden entweder aus Gasen gebildet oder entstehen bei Verbrennungsprozessen. In städtischen Gebieten werden sie hauptsächlich durch Fahrzeuge, Heizungsanlagen und Industrie ausgestoßen. Vor allem an einer Straße dominieren Rußpartikel den Bereich ultrafeiner Partikel.

Gerade im Nahbereich von Flughäfen finden immer wieder Diskussionen zu diesem Thema statt. Um eine erste, belastbare Datengrundlage zu bekommen wurde daher in einem gemeinsamen Projekt zwischen Land und Stadt Salzburg und der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Salzburg Messungen der ultrafeinen Partikel an zwei Standorten im Nahbereich des Salzburger Flughafens durchgeführt.

Die Erfassung der UFP wurde mit einer zeitlich sehr hohen Auflösung durchgeführt (10-Sekunden) um Quellen besser zuordnen zu können.

### Bei der Interpretation dieser Daten ist allerdings Vorsicht geboten:

Alle Grenzwerte als auch die „Air quality guidelines“ der WHO haben als kürzestes Zeitintervall 30 Minuten (Halbstundenmittelwert). Ein Vergleich von 10-Sekundenwerte mit Halbstundengrenzwerten ist daher nicht zulässig.

Bei den UFP als auch bei Stickstoffdioxid war bei LTO-Aktivitäten und bei Anströmung der Messstelle ein kurzer, starker Anstieg in den 10-Sekundenwerten zu beobachten. Diese Peaks waren eindeutig Flugzeugbewegungen zuordenbar. Diese Peaks sind im Vergleich zu anderen Standorten aber zu relativieren wie nachfolgende Grafiken für Stickstoffdioxid zeigen.

Wie in *Abbildung 13* ersichtlich ist jedem  $NO_2$ -Peak eine Flugbewegung zuordenbar. *Abbildung 14* relativiert aber diese Peaks. Im Vergleich zu einem verkehrsnahen Standort ist das  $NO_2$ -Niveau beim Aeroclub deutlich niedriger.

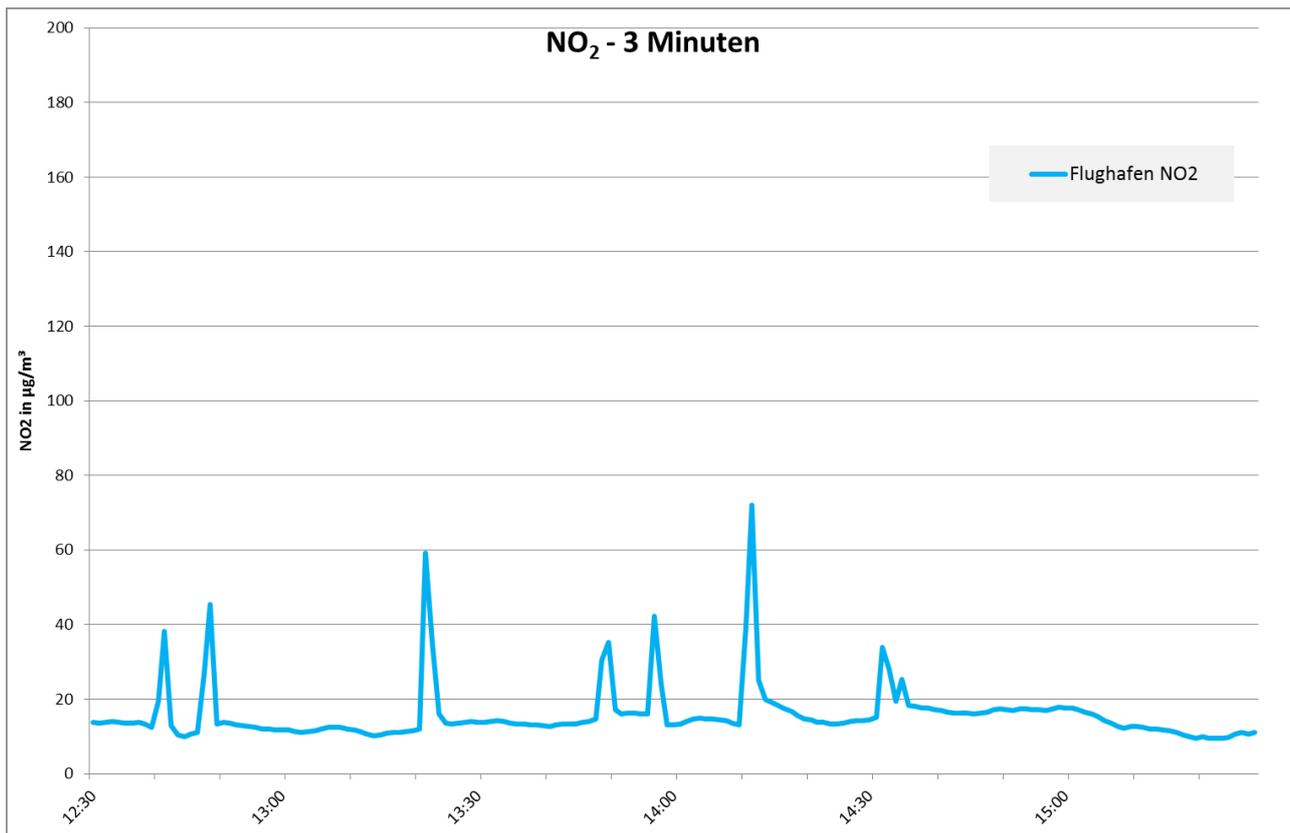


Abbildung 13: Verlauf der 3-Minuten Werte von NO<sub>2</sub> am Flughafen

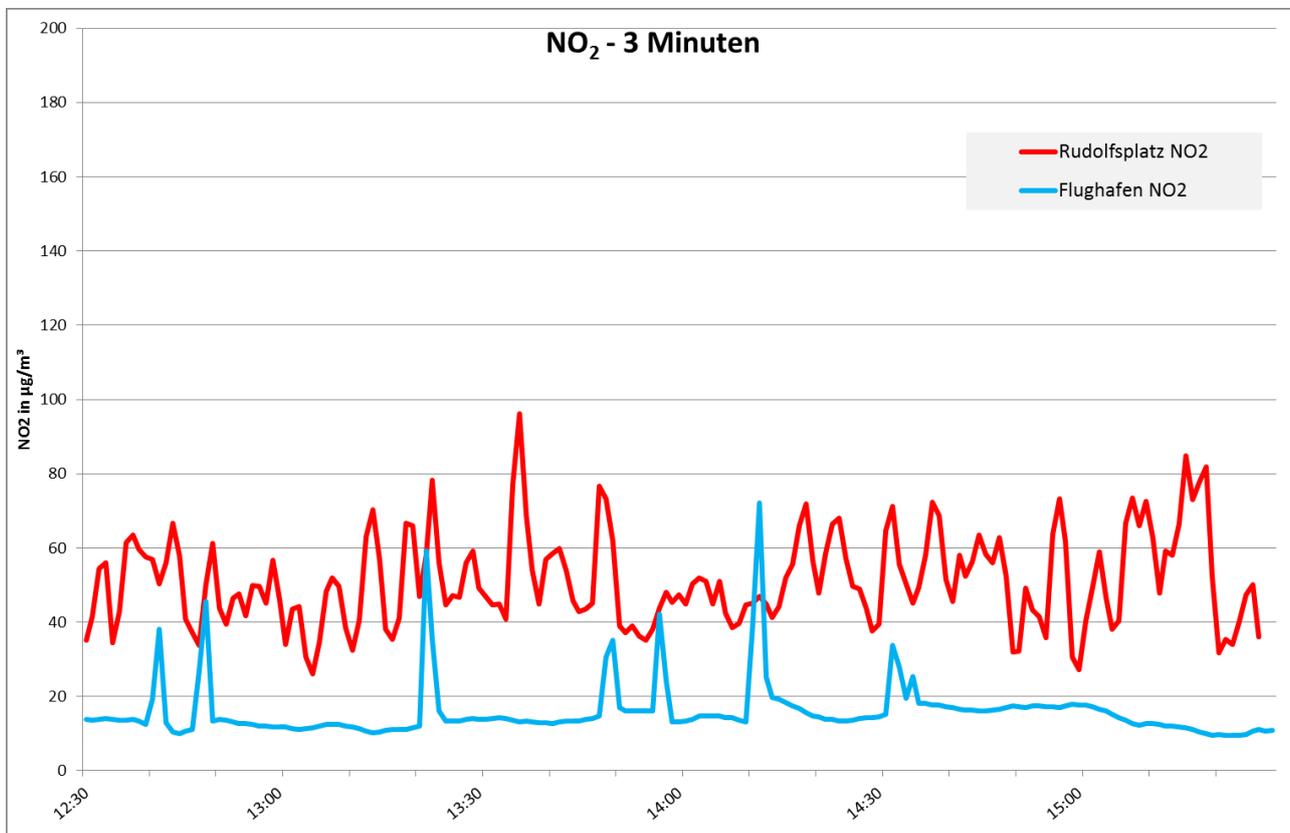


Abbildung 14: Vergleich mit einem verkehrsbelasteten Standort (Rudolfplatz)

In nachfolgender Grafik werden die NO<sub>2</sub>-Halbstundenwerte vom Flughafen und vom Rudolfsplatz mit dem IG-L Grenzwert für die menschliche Gesundheit verglichen.

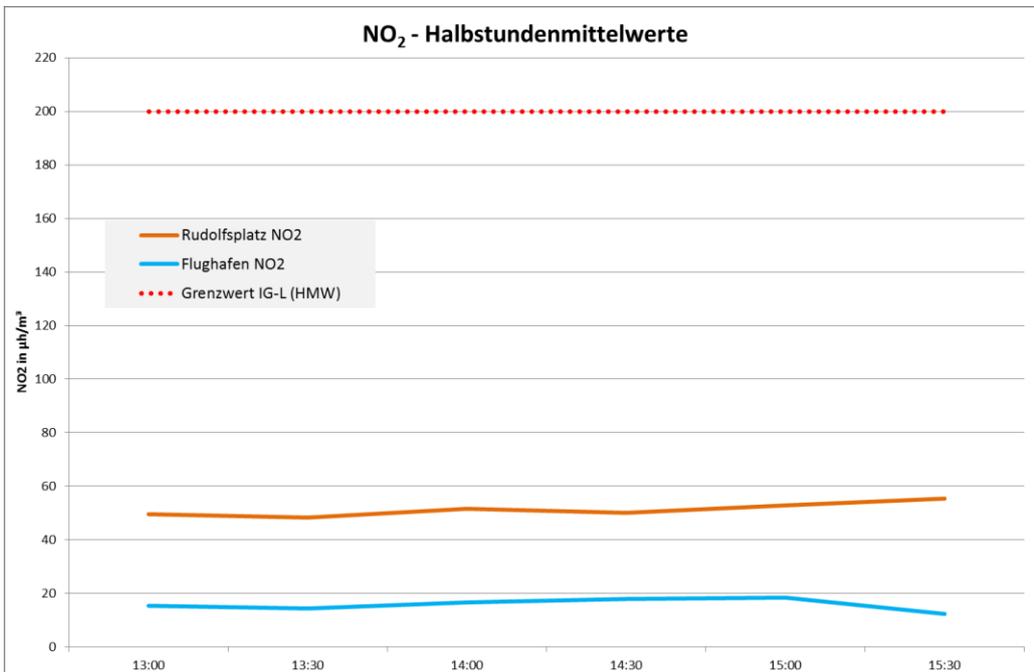


Abbildung 15: Vergleich mit dem Kurzzeitgrenzwertes des IG-L (HMW)

In *Abbildung 16* wird die Partikelzahl als 10-Sekundewerte den Halbstundenwerten gegenübergestellt. Für die Partikelzahl gibt es allerdings, wie schon erwähnt, keine Ziel- oder Grenzwerte.

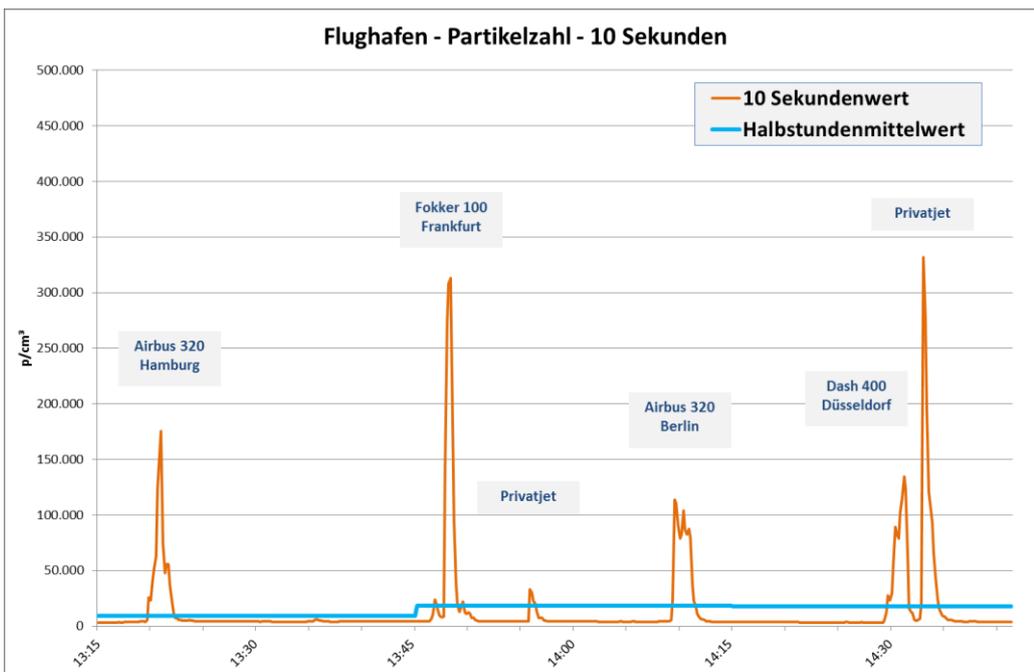


Abbildung 16: Vergleich der Partikelzahl (10-Sekundenwerten / HMW)

Nachfolgende Tabelle enthält die relevanten Kennzahlen der Partikelzahlmessung am Flughafen Salzburg (Aeroclub).

Zeitraum: 28.07.2016- 17.05.2017

Partikel/cm <sup>3</sup>	Mittel	Perz98	max.HMW (28.1.2017)	min.HMW (19.3.2017)
Flughafen Aeroclub	10.231	41.776	143.670	282

Nachfolgende Grafik zeigt den Verlauf der Partikelzahl und der Stickstoffoxide über den gesamten Messzeitraum der Partikelzahlmessung (als TMW). Wie ersichtlich besteht eine gute Korrelation zwischen diesen beiden Parametern.

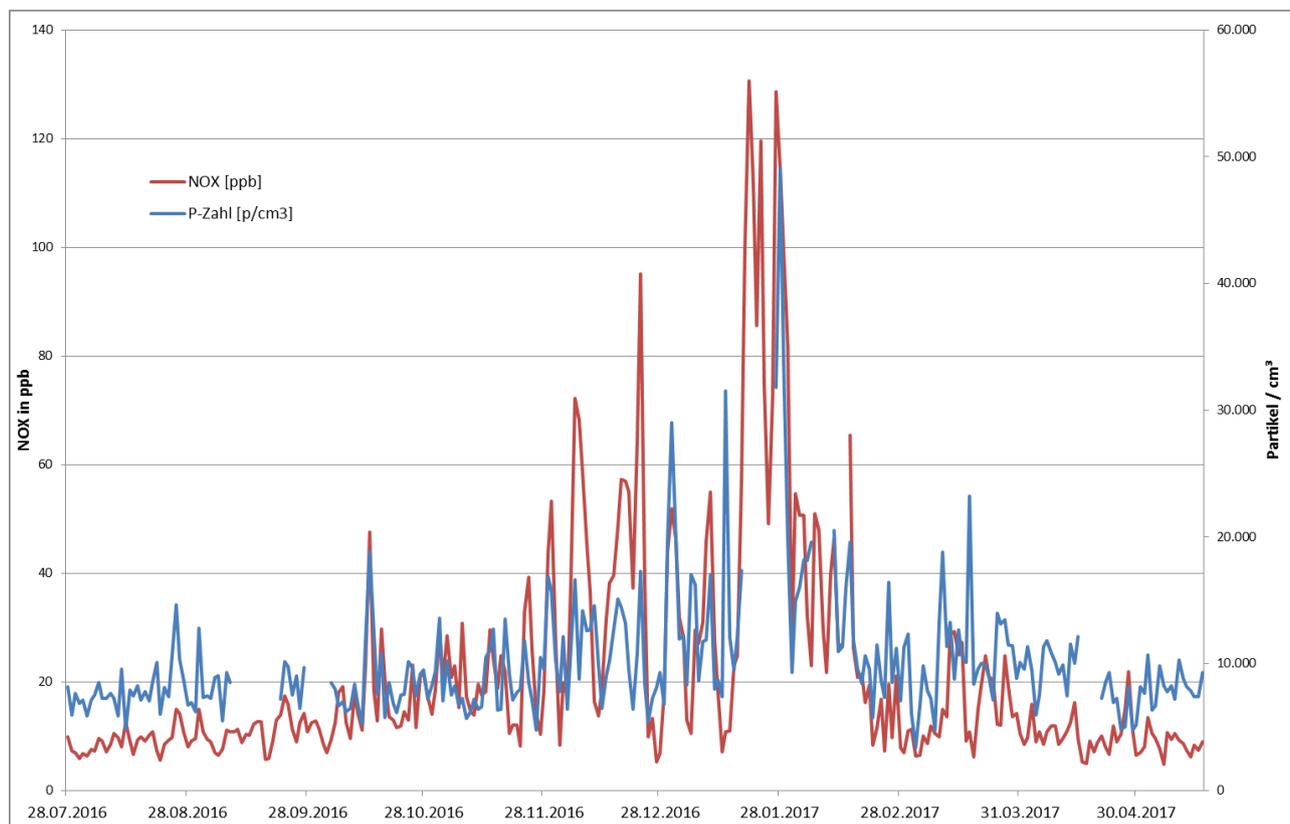


Abbildung 17: Verlauf der Partikelzahl und der Stickstoffoxide (TMW)