

Aerosolmessungen im MaxxWell® Adelebsen unter modifizierten Betriebsbedingungen

Steven Celik, Daniel Becker
Georg-August-Universität Göttingen
AG Prof. Dr. Thomas Zeuch

.....Beschreibung des Experiments und seiner Ergebnisse.....

Experiment

In diesem Experiment wurde die zeitliche Entwicklung der Konzentration einiger Partikelgrößen im Gesundheits- und Fitnessstudio MaxxWell® Adelebsen untersucht. Das Studio stand dabei in Benutzung unter freiwilligen Auflagen, welche im Zusammenhang der COVID-19-Pandemie vorgegeben wurden. Beispielsweise wird im Regelbetrieb eine Besucherzahl von max. 20 Personen nicht überschritten.

Für die Tests wurde jedoch eine sehr hohe Auslastung mit 26 TeilnehmerInnen zzgl. Personal auf der Trainingsfläche sowie 11 KursteilnehmerInnen im Kursraum zeitgleich organisiert. Im Regelfall kommen derartige Belastungen im Studio nicht vor. Unter diesen Umständen, sollte vor Allem eine neu etablierte Luftreinigungsanlage auf Basis von Volumenstrom-Plasma-Technologie (CleanAirSky) auf ihre Effizienz hin getestet werden. Es sei nur der Form halber darauf hingewiesen, dass sämtliche Fenster für den Zeitraum der Messungen geschlossen gehalten wurden. Außerdem wurde die im Studio verbaute Lüftungsanlage, die für eine zusätzliche Frischluftzufuhr sorgt, für den Zeitraum der Messungen deaktiviert.

Es wurden Aufzeichnungen für insgesamt drei Bereiche des Studios gemacht, deren signifikant unterschiedliche Bedingungen die Aussagekraft über die Effizienz der Luftreinigungsanlagen gewährleisten sollten. So wurde zum einen der Main floor beobachtet, welcher Aufzeichnungen über den Hauptbetrieb bei einem großen Raumvolumen ermöglichte. Außerdem lieferten Partikelmessungen auf der Leg stage zur selben Zeit analoge Messdaten bei geringerem Raumvolumen. Der dritte Messbereich zeichnete sich durch ein geringes Volumen sowie eine extrem hohe Trainingsintensität (Spinning-Kurs) aus und wird als Extremfall dieser Messkampagne behandelt. **Tabelle 1** liefert Aufschluss über die Bedingungen der einzelnen Bereiche.

Tabelle 1: Trainingsnutzung im Messbetrieb

Bereich	Personenanzahl	Raumvolumen / m ³	Trainingsintensität (rel.)
<i>Main floor</i>	variabel zwischen 12 ± 4	1.070	Kraft und Cardiotraining
<i>Leg stage</i>	variabel zwischen 8 ± 2	410	Krafttraining
<i>Extremfall</i>	12	260	Extremes Cardiotraining

Aufzeichnungen der Partikelkonzentrationen bzw. Massen erfolgten über mehrere Geräte. Auf dem Main floor und dem Leg stage wurden 2 Messgeräte der Firma Sensirion verwendet. Insgesamt zwei Geräte der Firma TSI zeigten genauere Partikelgrößenverteilungen im zeitlichen Verlauf, sowohl für den Main floor als auch für den Extremfall. Ein weiteres Gerät der Firma TSI diente der Messung der Partikelgrößen 10 nm – 30 µm in ihrer Gesamtheit über die Zeit. Auch im Extremfall kam ein Messgerät

der Firma Sensirion zum Einsatz. Zur Übersicht und für relevante bzw. genauere technische Angaben, sei an dieser Stelle auf **Tabelle 2** sowie Dateninformationsblätter der einzelnen Geräte^[1-4] verwiesen. **Abbildung 1** bietet eine Skizze des Versuchsaufbaus.

Tabelle 2: Übersicht eingesetzter Messgeräte

Bereich	Firma	Gerätename	Partikelgrößen (-bereiche in ihrer Gesamtheit)
Main Floor	TSI	Nano Enhancer	3 – 500 nm
		OPS	400 nm – 30 μ m
Leg stage	Sensirion	SPS30	(0.3 - 1, 0.3 - 2.5, 0.3 - 4, 0.3 – 10 μ m) Massebetrachtung
	TSI	CPC	(10 nm – 3 μ m)
	Sensirion	SPS30	(0.3 - 1, 0.3 - 2.5, 0.3 - 4, 0.3 – 10 μ m) Massebetrachtung
Extremfall	TSI	Nano Enhancer	3 – 500 nm
		OPS	400 nm – 30 μ m
	Sensirion	SPS30	(0.3 - 1, 0.3 - 2.5, 0.3 - 4, 0.3 – 10 μ m) Massebetrachtung

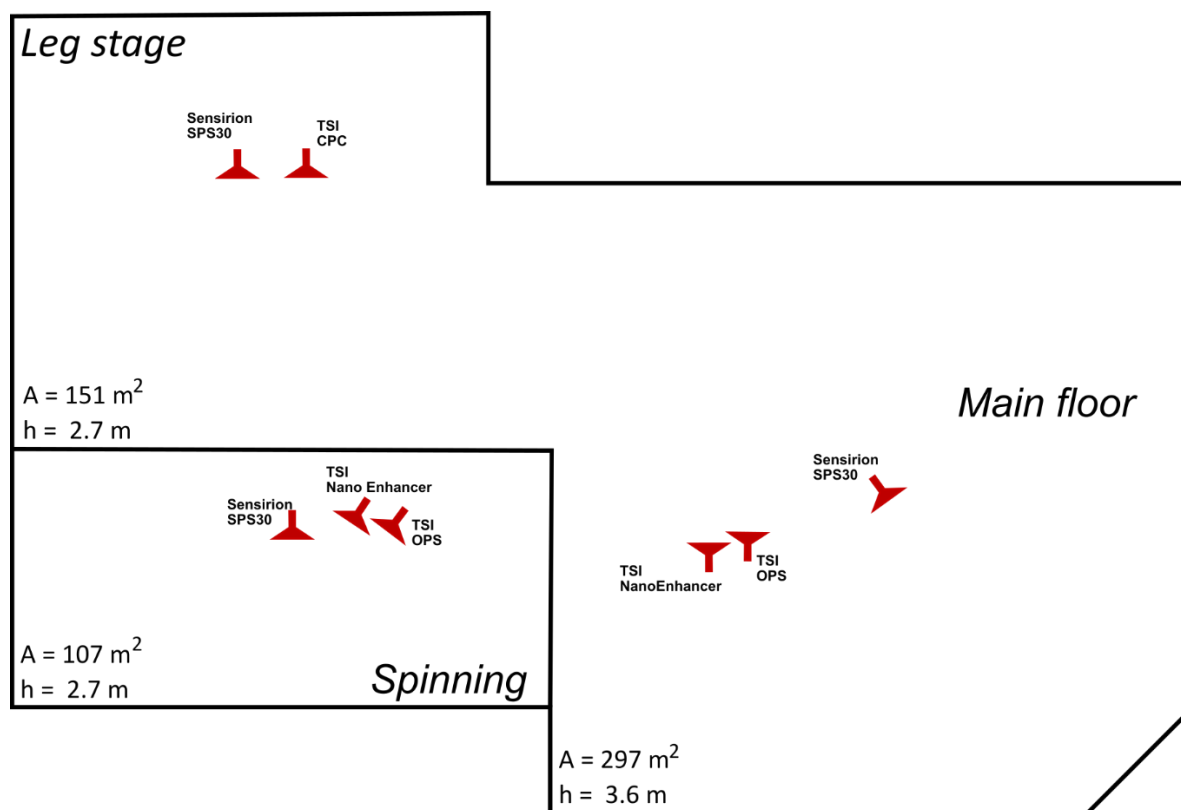


Abbildung 1: Skizze der räumlichen Gegebenheiten und Messstationen. Die Angaben entstammen dem Grundrissentwurf und mussten mit leichten Abschätzungen ergänzt werden.

Ergebnisse

Abbildung 2 und **3** veranschaulichen bereits sehr gut die Effizienz der Luftreinigungsanlage. In beiden Fällen lässt sich eine stätige Abnahme jeweiliger Partikelgrößen beobachten. Im Vergleich wird jedoch ein merklicher Unterschied der Geschwindigkeit diesbezüglich festgestellt. Zwar wurde für den Extremfall der Volumenstrom auf die maximale Reinigungsleistung umgestellt, jedoch ist das wahrscheinlich signifikanteste Merkmal an dieser Stelle das verringerte Raumvolumen. Hierbei muss beachtet werden, dass die Leg stage eine durchgängig geöffnete Verbindung zum Rest des Studios besitzt und demnach sein Volumen und seine luftgelöste Partikelzusammensetzung nicht als unabhängig vom Rest des Studios betrachtet werden kann. In diesem Fall ist ein kontinuierlicher Nachstrom partikelreicher Luft aus benachbarten Bereichen nicht auszuschließen. Nichtsdestotrotz kann für eine Benutzung von 8 ± 2 Personen auf der Leg stage, nach Einschalten der Luftreinigungsanlage auf Stufe 3 eine Halbierung der Partikelanzahlkonzentration in 55 Minuten festgestellt werden. Selbiges gilt für intensives Spinning von 12 Personen in einem Zeitraum von 20 Minuten im gegebenen Kursraum. Hier wurde jedoch die volle Auslastung der Luftreinigungsanlage eingestellt.

Analysen der Partikelzusammensetzung und deren Verlauf auf dem Main floor zeigten bisher keinen deutlichen Einfluss der Luftreinigungsanlage. Dies kann auch am großen Raumvolumen liegen, sodass deutliche Wirkungen der Luftreinigungsanlage erst bei längeren Aufzeichnungen der Luftzusammensetzung auftreten.

Die **Abbildungen 4-8** berücksichtigen in selbem Abhängigkeitsverhältnis (Konzentration in Abhängigkeit der Trainingszeit) noch umfassender die Partikelgröße. Zur Verdeutlichung der Messergebnisse eignet sich somit eine 3-dimensionale Auftragung. Was bei diesen Messungen besonders deutlich wird, ist der Einfluss des Raumvolumens zum Einen auf die Effektivität der Reinigungsleistung und zum Anderen auf den initialen menschlichen Partikelaustritt durch intensives Training. Diese Effekte werden besonders in **Abbildung 6** deutlich. Nach Beginn des intensiven Cardiotrainings steigt die Partikelanzahlkonzentration innerhalb von 12 Minuten von 10.000 Partikeln/ccm auf knapp das 2,5-fache. Nach Einschalten der Luftreinigungsanlage (rote Markierung) sinkt diese Konzentration innerhalb von 10 Minuten auf die Hälfte. Dies gilt vornehmlich für die Größen zwischen 20 und 35 nm. Jedoch ist auch für die Größen von 80 bis 120 nm ein vergleichbarer Trend zu beobachten. Zusätzlich dazu verschieben sich die hohen Partikelanzahlkonzentrationen in einem leichten, jedoch kontinuierlichen Trend über die Zeit hin zu benachbarten größeren Partikelgrößen. Dieser Effekt könnte auf die stark zunehmende Luftfeuchtigkeit zurückzuführen sein, welche ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Evaporation und Kondensation der Partikel hin zur Kondensation und somit zum Wachstum der Partikel verschieben kann. **Abbildungen 4** und **5** zeigen zwar auch den Anstieg der Partikelanzahlkonzentration nach Trainingsbeginn, sowie einen leichten Effekt der Luftreinigungsanlage, jedoch fallen diese deutlich langsamer aus, was auf das merklich größere Raumvolumen zurückzuführen sein dürfte.

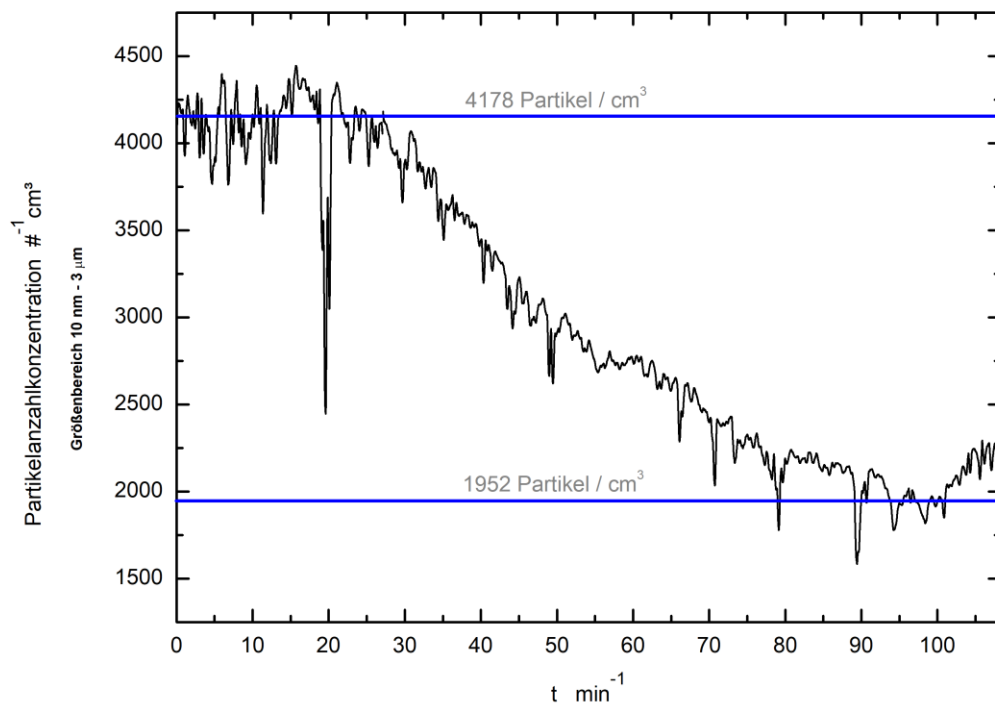


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der Partikelanzahlkonzentration auf der Leg stage. berücksichtigt ist die Gesamtheit aller Partikel der Größen 10 nm – 3 µm. Die Daten entstammen Messungen mit dem CPC der Firma TSI. Die Luftreinigungsanlage wurde bei Minute 23 eingeschaltet.

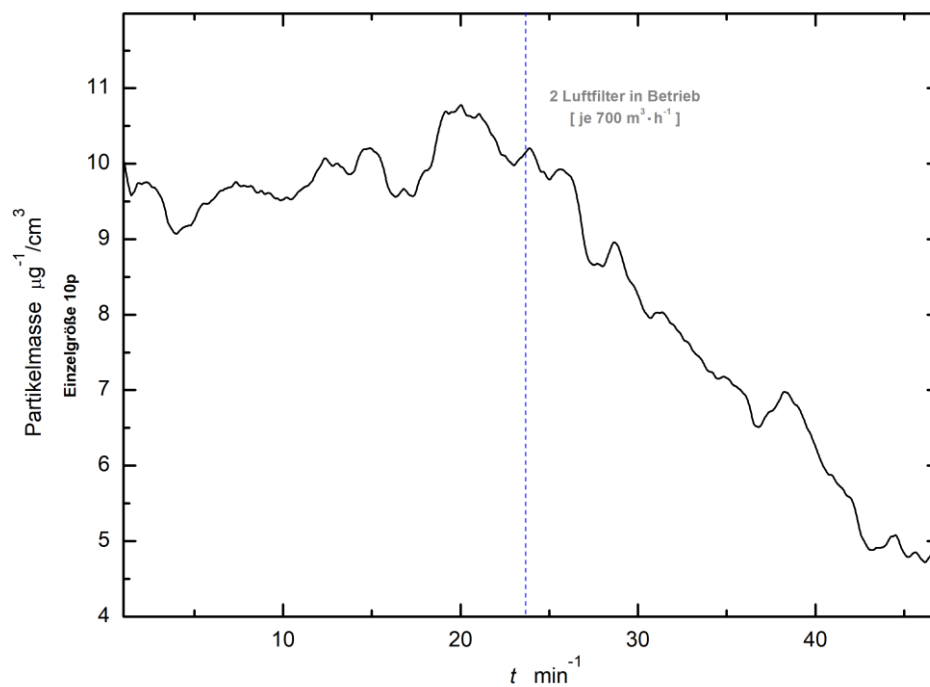


Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf der Partikelmasse im Extremfall. Berücksichtigt ist die Gesamtheit aller Partikel der Größen 0.3 - 10 µm. Die Daten entstammen Messungen mit dem SPS30 der Firma Sensirion.

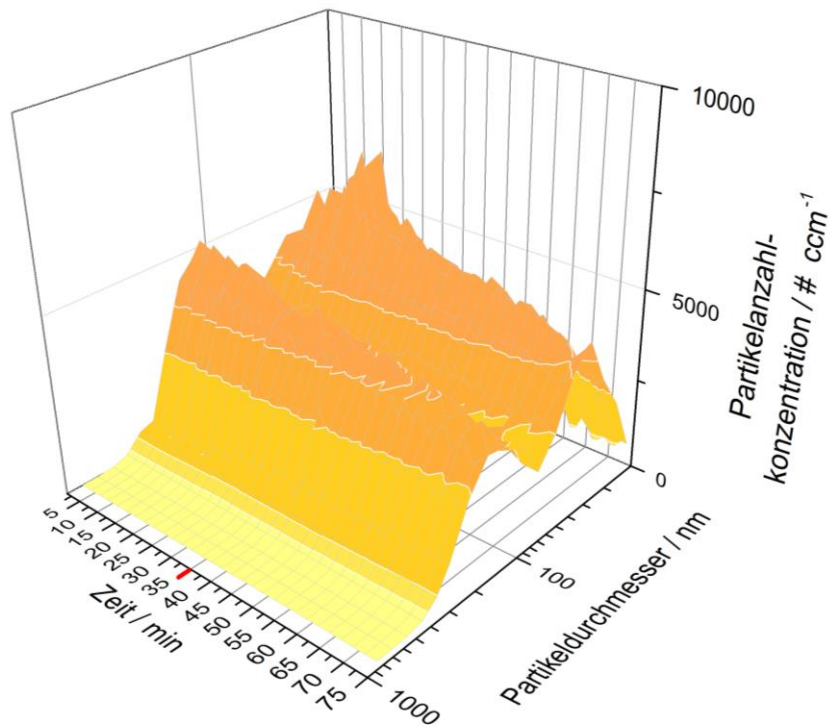


Abbildung 4: 3-D Mapping der Partikelgrößenverteilung über die Trainingszeit - Partikelanzahlkonzentration gegen den Partikeldurchmesser auf logarithmischer Skala gemessen über die Trainingszeit. Die rote Markierung zeigt das Einschalten der Luftreinigungsanlage (Main floor).

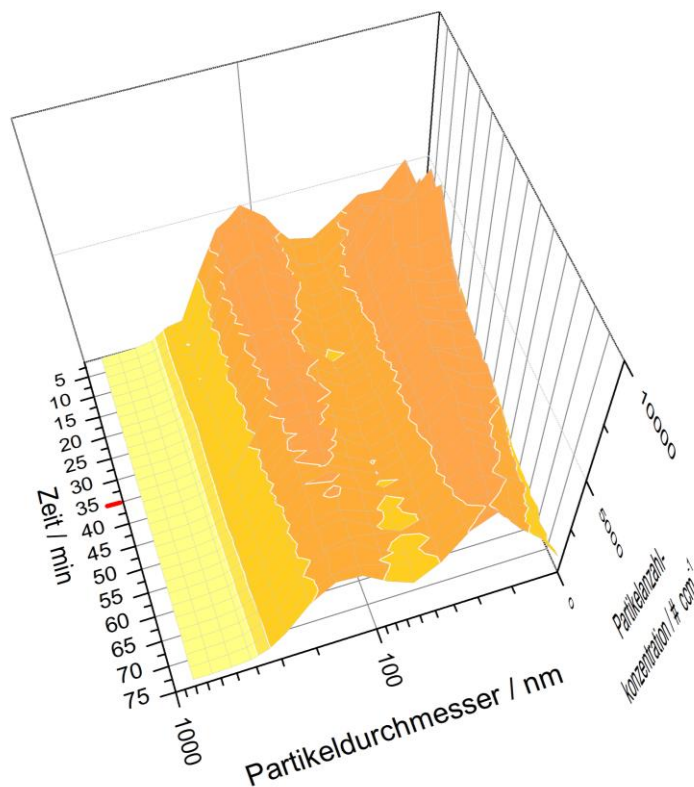


Abbildung 5: 3-D Mapping der Partikelgrößenverteilung über die Trainingszeit - Partikelanzahlkonzentration gegen den Partikeldurchmesser auf logarithmischer Skala gemessen über die Trainingszeit. Die rote Markierung zeigt das Einschalten der Luftreinigungsanlage (Main floor).

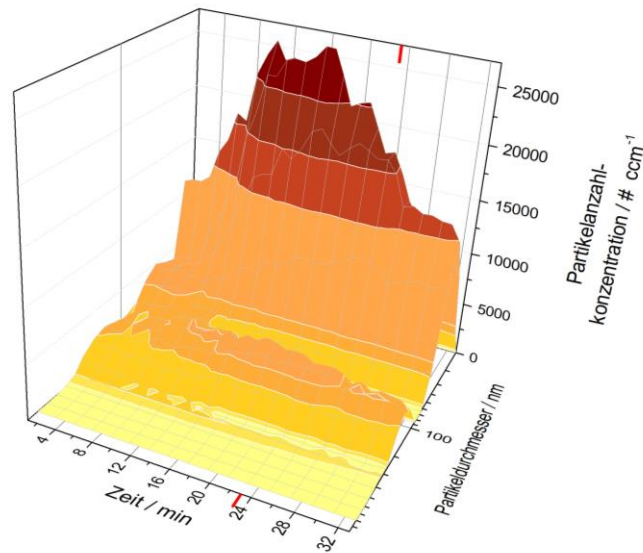


Abbildung 6: 3-D Mapping der Partikelgrößenverteilung über die Trainingszeit - Partikelanzahlkonzentration gegen den Partikeldurchmesser auf logarithmischer Skala gemessen über die Trainingszeit. Die rote Markierung zeigt das Einschalten der Luftreinigungsanlage (Extremfall).

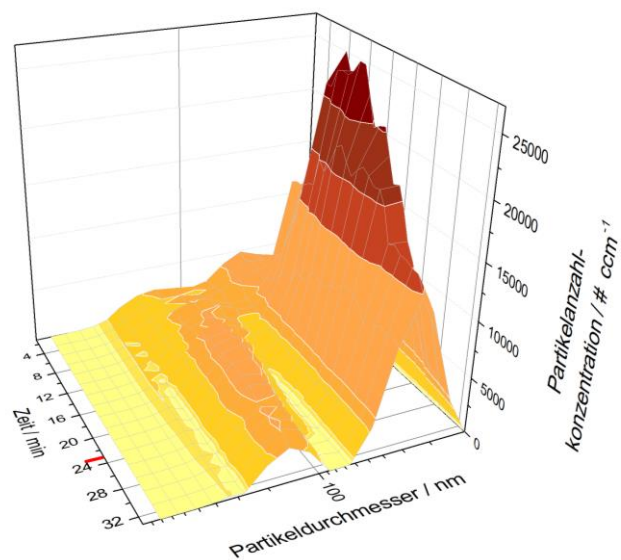


Abbildung 7: 3-D Mapping der Partikelgrößenverteilung über die Trainingszeit - Partikelanzahlkonzentration gegen den Partikeldurchmesser auf logarithmischer Skala gemessen über die Trainingszeit. Die rote Markierung zeigt das Einschalten der Luftreinigungsanlage (Extremfall).

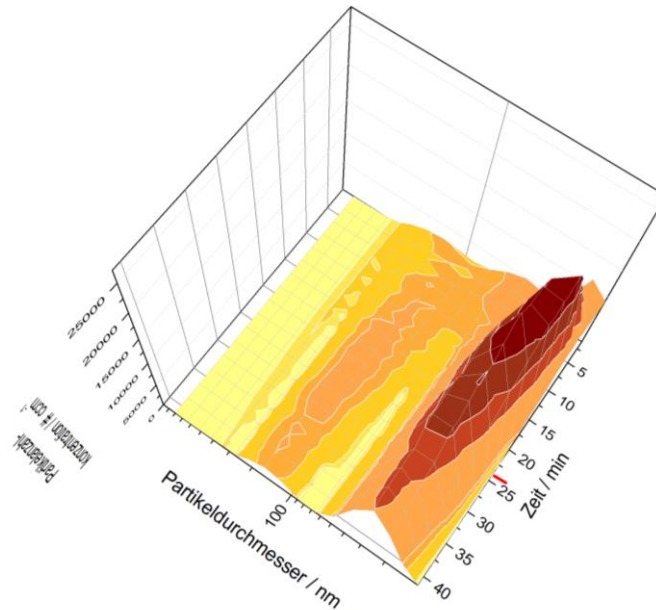


Abbildung 8: 3-D Mapping der Partikelgrößenverteilung über die Trainingszeit - Partikelanzahlkonzentration gegen den Partikeldurchmesser auf logarithmischer Skala gemessen über die Trainingszeit. Die rote Markierung zeigt das Einschalten der Luftreinigungsanlage (*Extremfall*).

..... Fazit

Zunächst mal ist wichtig zu sagen, dass an dieser Stelle keine spezifischen Aussagen zur Sicherheit gegenüber Infektionen jeglicher Art getroffen werden können. Diese Messungen können lediglich einen Einblick in die Partikelzusammensetzung der Luft bezüglich Partikelgröße, -anzahl und -masse und deren zeitlicher Entwicklung (auch in Abhängigkeit der Trainingsintensität) gewährleisten. Anzufügen ist jedoch, dass auch Partikelgrößen beobachtbar werden, welche zumindest den Rohdurchmessern bestimmter Viren (darunter auch SARS-CoV 2) entsprechen. Dieser angesprochene Größenbereich liegt bei 60 - 140 nm. Für die Tröpfchenübertragung über wässrige Aerosole werden nach aktuellem Forschungsstand jedoch Partikeldurchmesser oberhalb 5 µm angegeben.^[5,6] Entscheidende Trends bezüglich Luftqualität durch Einsatz der Luftreinigungsanlage können dennoch verdeutlicht werden:

Hauptbestandteil der Messungen war die Testung der neu eingesetzten Luftreinigungsanlage, deren Effizienz bei zwei verschiedenen Volumenströmen und bei unterschiedlichen Trainingsbedingungen gezeigt werden konnten. Es kann für eine Benutzung von 8 ± 2 Personen auf der *Leg stage*, nach Einschalten der Luftreinigungsanlage auf Stufe 3 eine Halbierung der Partikelanzahlkonzentration in 55 Minuten festgestellt werden. Selbiges gilt für intensives Spinning von 12 Personen in einem Zeitraum von 20 Minuten im gegebenen Kursraum. Hier wurde jedoch die volle Auslastung der Luftreinigungsanlage eingestellt.

Die Untersuchung verschiedener Partikelgrößen in selbem Abhängigkeitsverhältnis, bestätigt die Trends einer signifikant sinkenden Partikelanzahlkonzentration nach Einschalten der Luftreinigungsanlage auch für die vergleichbar geringen Partikeldurchmesser. Zusätzlich wird hierbei noch die Signifikanz des menschlichen Aerosolausstoßes bei intensivem Cardiotraining für kleine Raumvolumina deutlich.

..... **Zusatzerklärung**

Alle Angaben dieses Berichts erfolgten nach bestem Gewissen des Autors, sind jedoch ohne Gewähr bezüglich Vollständigkeit und Richtigkeit.

..... **Literatur**

- [1] Sensirion, *Datasheet - Particulate Matter Sensor for Air Quality Monitoring and Control*, March **2020**, Link:
https://www.sensirion.com/fileadmin/user_upload/customers/sensirion/Dokumente/9.6_Part particulate Matter/Datasheets/Sensirion_PM_Sensors_Datasheet_SPS30.pdf ,17.06.2021
- [2] TSI, *Datasheet – Optical Particle Sizer Model 3330*, **2020**
- [3] TSI, *Datasheet – Hand-Held Condensation Particle Counter Model 3007*, **2012**
- [4] TSI, *Datasheet – Nanoscan Scanning Mobility Particle Sizer Model 3910*, **2012**
- [5] A. Ahlawat et al. In *Aerosol and Air Quality Research*. **2020**, 20, 1856-1861.
- [6] Y.-H. Jin et al. In *Military Medical Research*. **2020**, 7:4, 1-23