

## Inhalt

### Sigma-Z – Der Passivsammler mit integriertem Probenwechsler für frei wählbare Sammelintervalle.

Der Sigma-2 Passivsammler eignet sich gut für die stromlose und kostengünstige Probenahme von luftgetragenen Partikel mit geometrischen Durchmesser zwischen 2.5 und 80 µm. Mittels lichtmikroskopischer Analyse können mit den dadurch erhobenen Proben, Massenkonzentrationen ermittelt werden. Durch den Einsatz einer ergänzenden vollautomatisierten Analyse mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM) gekoppelt mit der entsprechenden Auswertesoftware zur Partikelklassifizierung (PACLA), können Aussagen bezüglich chemischer Zusammensetzung und Partikelherkunft getroffen werden. Dadurch ist der Sigma-2 Passivsammler die ideale Sammelmethode für zahlreiche komplexe Fragestellungen. Zum Beispiel eignet sich dieser für die Charakterisierung vom groben Anteil im PM10 oder für Abklärungen im Rahmen einer Staubbeschwerde.

### Vom Sigma-2 zum Sigma-Z

Um das Sammelprinzip des Sigma-2 noch vielfältiger nutzen zu können, entwickelte die Particle Vision GmbH in Fribourg zusammen mit der Forschungsstelle für Umweltbeobachtung in Rapperswil den Sigma-Z – einen Sigma-2 mit automatischem Probenwechsler. Der Probenwechsler ermöglicht das selektive Ansteuern von bis zu acht Probenahmesubstraten auf einer Drehscheibe (Abbildung 1). Dabei weist der Probenwechsler nur einen geringen Stromverbrauch auf, so dass dieser mit einer Batterie netzstromunabhängig betrieben werden kann. Bei Bedarf kann der Sigma-Z für längerfristige Einsätze auch mit Netzstrom betrieben werden.



*Abbildung 1: Links: Eine Expositionskapsel für den Sigma-2 für eine einmalige Probenahme. Mitte: Expositionskapsel für den Sigma-Z. Diese enthält einen Drehteller, welcher mit bis zu acht ansteuerbaren Proben bestückt werden kann (rechts). Bei beiden Systemen können parallel Substrate für die Lichtmikroskopie wie auch für die Rasterelektronenmikroskopie eingesetzt werden.*

Durch den Sigma-Z Einsatz müssen die Proben weniger oft vor Ort gewechselt werden. Zudem sind die jeweiligen Proben nach Belieben ansteuerbar, wodurch Probenahmekonzepte realisiert werden können, welche mit einem herkömmlichen Sigma-2 bislang nicht umsetzbar waren. Es ist zum Beispiel möglich die Positionen jeweils einem Wochentag oder einem Tageszeitintervall (z.B. von 11:00 h – 13:00 h) zuzuordnen. Dadurch können über mehrere Wochen gemittelte Wochen- oder Tagesgänge erhoben werden. Auch eine Ansteuerung der Probenahmepositionen durch externe Signale (z.B. Lärm oder Wind) kann implementiert werden.

### Versuchsmessungen in Freiburg

Im Winter 2016 / 2017 fand an der Passage du Cardinal in Fribourg eine Probenahmekampagne mit zwei Sigma-2 und drei Sigma-Z Sammlern statt (Abbildung 2).



*Abbildung 2: Testmessungen an der Passage du Cardinal in Fribourg mit 2 Sigma-2 (linker und rechter Sammler), sowie 3 Sigma-Z (in der Mitte).*

Der erste Sigma-Z wurde für eine Wochenprobenahme programmiert, wobei der automatische Probenwechsel jeweils gleichzeitig wie der manuelle Probenwechsel der beiden Sigma-2 stattfand. Dadurch konnten die Resultate der beiden Sammlertypen verglichen werden. Die beiden anderen Sigma-Z wurden für eine Wochen-, respektive Tagesgangprobenahme programmiert. Die gesamte Kampagne dauerte acht Wochen, wodurch ein über acht Wochen gemittelter Wochen-, respektive Tagesgang resultierte.

## Resultate

Der Vergleich zwischen den Wochenproben der beiden Sigma-2 und dem Sigma-Z zeigen, dass beide Sammler vergleichbare Resultate liefern und somit davon ausgegangen werden kann, dass die Konstruktion des Probenwechslers keinen signifikanten Einfluss auf die Sammeleffizienz hat (Abbildung 3). Dadurch kann eine Äquivalenz der beiden Methoden angenommen werden, da die restliche Sammlergeometrie identisch ist.

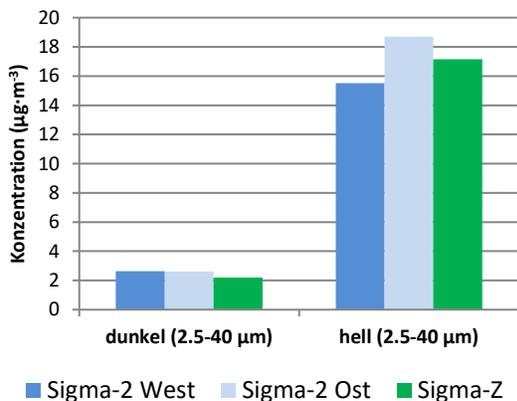


Abbildung 3: Der Vergleich zwischen dem Sigma-Z und dem Sigma-2 ergab, wie bei der im Diagramm gezeigten Woche, eine gute Übereinstimmung.

Der Wochengang zeigte wie erwartet die höchsten Partikelkonzentrationen unter der Woche und das Minimum am Sonntag. Die Tagesgangprobenahme zeigte, dass am Probenahmestandort für unterschiedliche Partikelfractionen unterschiedliche Tagesgänge vorliegen. Während die Konzentration von kleinen (2.5 – 5 µm) dunklen Partikeln im Verlaufe

des Tages bis ca. 20:00 h anstieg und in den Stosszeiten deutliche Maxima aufwies, konnte für helle Partikel des selben Grössenbereiches ein Tagesmaximum am Mittag festgestellt werden (Abbildung 4).

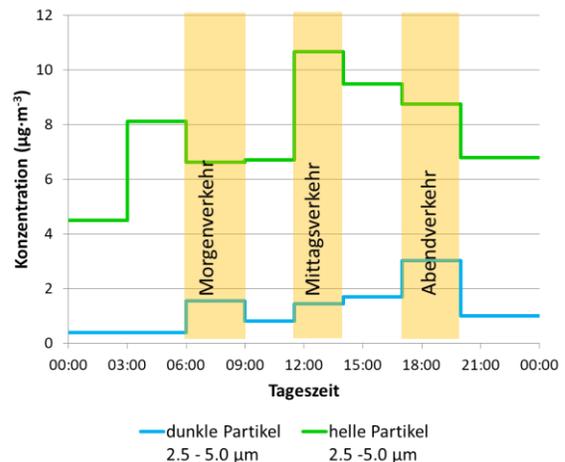


Abbildung 4: Der Tagesverlauf der dunklen Partikel zwischen 2.5 und 5 µm (blau) mit den Peaks während den Tageszeiten mit höchstem Berufsverkehr. Der Tagesverlauf der hellen Partikel zwischen 2.5 und 5 µm (grün) zeigt, dass der Verkehr nicht die einzige wichtige Quelle für die hellen Partikel darstellt.

Der Tagesverlauf der kleinen (2.5 – 5 µm) dunklen Partikel korreliert sehr gut mit dem Strassenverkehrsaufkommen.

Morpho-chemische Analysen zeigen, dass es sich bei diesen dunklen Partikeln meist um Reifenabrieb und metallische Partikel (aus Fahrzeug- und Bremsabrieb) handelt. Der Tagesgang der hellen Partikel hingegen lässt sich trotz des verkehrsnahen Probenahmestandortes nicht nur über die Verkehrsspitzen erklären. Deshalb läuft aktuell eine weitere Studie, um dem Ursprung dieser Partikel noch detaillierter auf den Grund zu gehen.

## Fazit

Aufgrund der ansteuerbaren Probenahme bietet der Sigma-Z ein hohes Mass an Flexibilität in Bezug auf Probenahmekonzepte. Zudem muss im Vergleich zum Sigma-2 nur noch nach jedem achten Sammelintervall ein Wechsel der Probe vor Ort vorgenommen werden. Die

Kombination des einfachen Sammelprinzips des Sigma-2, der flexiblen Probennahme des neuentwickelten Sigma-Z und der Massenkonzentrationsbestimmung und detaillierter Partikelcharakterisierung mittels mikroskopischer Methoden machen den Sigma-Z zu einem besonders vielfältigen Partikelsammler.

Mario Meier  
Tel: +41 79 830 77 69  
Mail: [mario.meier@particle-vision.ch](mailto:mario.meier@particle-vision.ch)

Dr. Juanita Rausch  
Tel: +41 76 513 70 30  
Mail: [juanita.rausch@particle-vision.ch](mailto:juanita.rausch@particle-vision.ch)

Web: [www.particle-vision.ch](http://www.particle-vision.ch)

---

