

MÖGLICHE QUELLEN DER MESSUNGSICHERHEIT BEIM OK LAB SENSOR

Bernd Laquai, erste Version vom 30.7.2017

GENERELL GENANNT MESSUNGSICHERHEIT

VERGLEICH GEGEN REFERENZINSTRUMENTE

Der OK Lab Sensor liefert beim Vergleich gegen Referenzinstrumente im Profibereich erheblich andere Ergebnisse sowohl im Labor wie im Freifeldversuch (LUBW, KIT, IFK)

VERGLEICH MEHRERER OK LAB SENSOREN

Mehrere OK Lab Sensoren liefern in gleicher Umgebung bei gleichen Aufstellbedingungen nennenswert andere Ergebnisse (Bericht von einzelnen Sensorpaten)

Zahlreiche OK Lab Sensoren liefern im Schwarmvergleich einer lokal begrenzten Auswahl starke Korrelation aber einige Sensoren reißen massiv aus (Analysen von mehreren Sensorpaten)

Sensoren unterschiedlicher Sensorversionen liefern unterschiedliche Werte an der gleichen Stelle unter gleichen Aufstellbedingungen (Bericht mehrerer Sensorpaten)

VERGLEICH ZUR LUBW MESSSTATION AM NECKARTOR

OK Lab Sensoren zeigen bei hoher Luftfeuchte massiv höhere Feinstaubkonzentrationen an, selbst nach vergleichbarer Mittelung

Bei Gewittern mit Starkregen ergeben sich massive „Feinstaubpeaks“

ANDERE BEOBACHTUNGEN

Sensorpaten melden merkwürdige, unerklärliche kurze aber starke Peaks im Vergleich zu anderen benachbarten Sensoren

KONSTRUKTIV BEDINGTE QUELLEN DER MESSUNGSICHERHEIT

NETZTEIL

DIE SPANNUNG DER BILLIGEN CHINA-STECKERNETZTEILE WEIST EINE HOHE SCHWANKUNG DER AUSGANGSSPANNUNG UNTER LAST AUF

Starke Auswirkung auf Lüftergeschwindigkeit und damit auf das effektive Messvolumen

Unter Umständen Verletzung der Spannungsversorgungs Specs des SDS011: PowerVoltage : 4.7~5.3V

DIE AUSGANGSSPANNUNG DER BILLIGEN CHINA-NETZTEILE WEIST EINEN HOHEN AC-RIPPLE ANTEIL AUF

Ripple ist bedingt durch den hohen peakförmigen Stromverbrauch des Brushless-Motor im Ansaug-Lüfter

SDS-AC Ripple Spec könnte deutlich verletzt sein: Supply voltage ripple : <20mV

USB-KABEL

Das USB-Kabel ist lang mit dünnen Adern und könnte über den Leitungswiderstand einen nennenswerten Beitrag zum Spannungsabfall in der Spannungsversorgung leisten

Auch die USB-Stecker-Übergangswiderstände könnten nennenswert zum Spannungsabfall beitragen

STECKKABEL SDS011-ESP8266 UND DHT22-ESP8266

Das OK Lab verteilt vorkonfektionierte Kabel mit Steckverbindern für die Spannungsversorgung und für die Signalverbindungen. Die Steckverbinder an diesen Kabeln sind teilweise von sehr schlechter Qualität und könnten nennenswert zum Spannungsabfall vor allem zum SDS011 hin (bei peakförmig hohem Stromverbrauch des Lüfters) führen.

Die Steckverbinder der vorgefertigten Kabel sind für rechteckige Stiftverbinder (0.64mm) gedacht und passen definitiv nicht zu den dünnen runden (0.5mm Durchmesser) Anschlussdrähten des DHT22/AM2302. Sie rutschen ganz oft herunter, erzeugen oft einen instabilen Kontakt mit hohem Übergangswiderstand

SDS011

FEUCHTE SPEC

Die SDS011 Humidity Spec wird im Freien vor allem im Winter definitiv oft verletzt: Work environment : Max 70%

ANSAUG-LÜFTER

Nur die Elektronik und die Laserdiode sind auf dem SDS011 durch einen Regler in der Spannung zusätzlich auf 3.3V geregelt, damit wirken sich Übergangswiderstände vom Netzteil her nur wenig aus. Der Lüfter aber hängt direkt am 5V Anschluss und zieht einen hohen pulsformigen Strom bedingt durch das Umschalten der Induktivitäten bei der Drehfelderzeugung im Brushless-Motor

Die Brushlessmotoren im Ansaug-Lüfter drehen bei verschiedenen Sensoren unterschiedlich schnell, das führt zu unterschiedlichem effektiven Messvolumen. Messung über die Frequenz des Drehfelds.

Der Lüfter kann durch Impaktierung bei hohen Feinstaubkonzentrationen schnell verschmutzen. Der grobe Staub bleibt auf den Schaufeln hängen und verengt den Strömungsquerschnitt

LASER

Die Laser haben bei verschiedenen Sensoren unterschiedliche Leistung und Modulationstiefe. Messung über an einer Sonde eingeführte SMD Photodiode.

Die Montageposition des Sensors im Gehäuse streut erheblich und damit auch der Fokuspunkt über der Diode

Der Laser könnte über Zeit an Intensität verlieren und somit auch das erzeugte Streulicht.

PIN-DIODE

Die Montageposition der Pin-Dioden im Gehäuse sind bei unterschiedlichen Sensoren deutlich unterschiedlich und damit die Lichtmenge des auffallenden Streulichts

TIA

Der Transimpedance-Amplifier könnte in seinen Rauschparametern einer starken Bauteilstreuung unterworfen sein

Der TIA könnte empfindlich sein über die selbst schwach über den Power Regulator eingekoppelten Spannungsversorgungsstörungen (mangelnder Power Supply Reduction Ratio)

KOMPARATOR

Es gibt keinen ADC zur Klassifizierung der Streulichtintensitäten in PM Klassen sondern nur eine einzige Komparatorschwelle. Die PM2.5 Klasse ist nach unten durch die schnell abfallende Intensität des Streulichts bei endlicher Empfindlichkeit des TIA begrenzt. Das kann noch einigermaßen als „Schwelle“ gesehen werden. Für PM10 nach oben gibt es aber nur den nichtlinearen Sättigungseffekt der Verstärkung als Begrenzung. Partikelspektren mit Größenschwerpunkt über etwa 5µm werden daher prinzipbedingt falsch gemessen. Der Sensor ist laut Bezeichnung im Datenblatt aber ein „Laser PM2.5 Sensor“ und kein PM10 Sensor, auch wenn PM10 Daten ausgegeben werden.

SW

Der SDS011 klassifiziert und zählt Streulicht-Events. Zur Umsetzung von Häufigkeiten in Massenkonzentrationen wendet die SW einen unbekanntem und empirisch bestimmten Algorithmus an, der nur auf ein bestimmtes Partikelspektrum passt. Der SDS011 wurde für Klimaanlage mit Vorfilter entwickelt. Das dort typischerweise vorhandene Partikelspektrum könnte erhebliche Unterschiede zum Partikelspektrum mit offener Ansaugung am Neckartor sein und daher komplett abweichende Ergebnisse liefern.

Die SW wendet offensichtlich eine gewisse werkseitige Kalibrierung an um Bauteile-Streuungen auszugleichen. Allerdings zeigen einige untersuchte Sensoren massive Ablagen unterschiedlich in PM2.5 und PM10 gegenüber dem Mittelwert anderer Sensoren. Die werkseitige Kalibrierung scheint daher fehleranfällig. Es gibt somit eine deutliche Anzahl von Ausreißern in einem Fertigungslos.

Die SW wendet eine massive Filterung der Messwert-Samples an. Eine Sprungantwort auf einen Konzentrationssprung braucht über 50 Samples um einen stabilen Messwert zu erreichen. Eine Mittelung unter 50 Samples (= 50 Sekunden) ist daher wenig wirksam und mittelt nicht auf statistisch unabhängigen Daten.

SENSOR-VERSION

Ausgeteilte Sensoren des OK Lab verwenden auch unterschiedliche Hardware-Versionen, die von der augenblicklichen Version V2-008 mit Serien-Nummern 5001-0XXX abweichen. Zwischen diesen Hardware-Versionen gibt es erhebliche Unterschiede in der Hardware und in der Software. So unterscheiden sich beispielsweise die Sensoren hinsichtlich des messbaren Duty-Cycles des Lasers und hinsichtlich des maximalen Messbereichs von PM10 (seit neuestem 2200µg/m³ statt nur 2000µg/m³). Sensoren mit unterschiedlichen Versionen liefern sichtbar unterschiedliche Werte.

ANSAUGSTUTZEN

Der Ansaugstutzen ist kurz und führt direkt in die Messkammer. Es gibt keine Fremdlichtfalle. Die PIN-Diode ist nur wenige mm vom Ansaugstutzen entfernt und kann leicht und erheblich durch Fremdlicht gestört werden. Dramatische Störungen erzeugt zeitlich schnellveränderliches Fremdlicht (Halbschatten von wackelndem Blattwerk in der Sonne)

DHT22 (AOSONG AM2302)

FEUCHTEMESSUNG

Der AM2302 hat eine Feuchtespec die vor allem oberhalb 90% schlechter wird

TEMPERATURMESSUNG

Der Temperatursensor hat eine hohe Trägheit und kann mit Sicherheit keine statistisch unabhängige Minutenwerte liefern

ANSAUGSCHLAUCH

Das OK Lab stellt mit den Bausätzen einen klaren, transparenten PVC Schlauch als Ansaugschlauch zur Verfügung. Im Gegensatz zu dem Metallbeschichteten Gehäuse des SDS011 kann sich der Schlauch elektrostatisch aufladen und die gegen Ladung empfindlichen kleinen Partikel zurückhalten. Der Schlauch sollte aus einem ESD geschützten Kunststoff bestehen

Der Schlauch wirkt als Lichtleiter und leitet Fremdlichtstörungen in das U-Rohr direkt an den Ansaugstutzen, wo der Sensor eine hohe Fremdlichtempfindlichkeit hat. Der Schlauch sollte aus einem schwarzen, nicht transparenten Kunststoff bestehen.

GRAUES U-GEHÄUSE

Das U-Gehäuse und der unterschiedliche Schlaucheinbau in das U-Gehäuse sowie die überstehende Länge des Schlauchs erzeugt ein unter Umständen sehr unterschiedliches Anströmverhalten der beprobten Luft. Es ist zumindest sehr unterschiedlich von der vorgesehenen Anwendung des Sensors in einer Klimaanlage.

AUFSTELLUNGSBEDINGUNGEN

Die sehr unterschiedlichen Aufstellungsbedingungen erzeugen sehr unterschiedliche Verhältnisse für den vom Sensor angesaugten Luftstrom. Einige Sensorpaten berichten von erheblich unterschiedlichen Messwerten zwischen Sensoren in einer gewissen Nachbarschaftsnähe.

Das OK Lab hat keine Kontrolle über den „wahren“ Aufstellungsort. Sensorpaten berichten, dass sie den Sensor in den Urlaub oder zum Freund in eine andere Stadt mitgenommen haben. Die Geokoordinaten und die Angabe den Sensor im Freien aufgestellt zu haben sind daher nicht 100% vertrauenswürdig. Manche Sensorpaten berichten auch von Basteleien und Versuchen mit dem Sensor (Autoauspuff / Gartengrill / Komfortkamin) Möglicherweise ergeben sich dadurch völlig falsche Daten in der Datenbank in Bezug auf die gemeldeten Daten und die Vorgaben für die korrekte Aufstellung und den korrekten Betrieb.