



Bestell-Nr.: 154618  
Version: 1.1  
Stand: Dezember 2019

# Feinstaub-Messgerät

## PM2.5

### Technischer Kundendienst

Für Fragen und Auskünfte stehen Ihnen unsere qualifizierten technischen Mitarbeiter gerne zur Verfügung.

**ELV · Technischer Kundendienst · Postfach 1000 · 26787 Leer · Germany**

**E-Mail: [technik@elv.de](mailto:technik@elv.de)**

**Telefon: Deutschland 0491/6008-245 · Österreich 0662/627-310 · Schweiz 061/8310-100**

**Häufig gestellte Fragen** und aktuelle Hinweise zum Betrieb des Produkts finden Sie bei der Artikelbeschreibung im ELV Shop: [www.elv.de](http://www.elv.de) ...at ...ch

**Nutzen Sie bei Fragen auch unser ELV Technik-Netzwerk: [www.netzwerk.elv.de](http://www.netzwerk.elv.de)**

---

### Reparaturservice

Für Geräte, die aus ELV Bausätzen hergestellt wurden, bieten wir unseren Kunden einen Reparaturservice an. Selbstverständlich wird Ihr Gerät so kostengünstig wie möglich instand gesetzt. Im Sinne einer schnellen Abwicklung führen wir die Reparatur sofort durch, wenn die Reparaturkosten den halben Komplettbausatzpreis nicht überschreiten. Sollte der Defekt größer sein, erhalten Sie zunächst einen unverbindlichen Kostenvoranschlag.

Bitte senden Sie Ihr Gerät an: **ELV · Reparaturservice · 26787 Leer · Germany**

**ELV Elektronik AG · Maiburger Straße 29–36 · 26789 Leer · Germany**  
**Telefon 0491/6008-88 · Telefax 0491/6008-7016 · [www.elv.de](http://www.elv.de)**



# Verschmutzte Luft: Feinstaub

## Genauere Messungen mit dem ELV Feinstaub-Messgerät PM2.5

Ein wichtiger Aspekt der Luftqualität ist die Konzentration von Feinstaub in dem für uns alle lebensnotwendigen Medium. Gerade kleinste Partikel aus Verunreinigungen von Industrie, Verkehr und Haushalten sind für uns Menschen relevant, da sie ein hohes Gesundheitsrisiko darstellen. Mit unserem neuen Bausatz lässt sich die Feinstaubbelastung sehr genau messen und dies sowohl mobil als auch am PC. Zum Einsatz kommt dabei der neue Feinstaubsensor des bekannten Schweizer Sensorherstellers Sensirion, der sich durch eine lange Lebensdauer und hohe Messgenauigkeit auszeichnet.

Bestell-Nr.  
15 46 18

Bausatz-  
beschreibung,  
Montagevideo  
und Preis:

QR-Code scannen



oder im  
ELV Shop  
Webcode

#10283  
eingeben



### Infos zum Bausatz PM2.5



**Schwierigkeitsgrad:**  
mittel



**Ungefähre Bauzeit:**  
1,5 h



**Verwendung SMD-Bauteile:**  
SMD-Teile sind bereits  
komplett bestückt



**Besondere Werkzeuge:**  
Schraubendreher Torx T6



**Lötterfahrung:**  
ja



**Programmierkenntnisse:**  
nein



**Elektrische Fachkraft:**  
nein

### Grundlagen

PM ist die Abkürzung für Particulate Matter (Feinstaub). Hierbei handelt es sich um ein Gemisch aus schwebenden festen Partikeln und mikroskopisch feinen Tröpfchen (Aerosole) in der Umgebungsluft, die eingeatmet werden können und je nach Zusammensetzung das Potenzial haben, ernsthafte Gesundheitsprobleme zu verursachen.

Feinstaub wird in Kategorien untergliedert, die sich auf die Partikelgröße beziehen. Die Angabe der Kategorien erfolgt nach allgemein üblicher Nomenklatur mit PM für Particulate Matter, gefolgt von der maximalen Partikelgröße. Somit beschreibt PM10 Partikel mit einem maximalen Durchmesser von 10  $\mu\text{m}$  und PM2.5 Partikel unterhalb 2,5  $\mu\text{m}$ . Diese beiden Kategorien sind die wichtigsten Messgrößen zur Ermittlung der Feinstaubkonzentration. Partikel < 2,5  $\mu\text{m}$  können durch Inhalation tief in die Lunge eindringen und bieten somit das größte Risiko für Gesundheitsprobleme.

Das ELV Feinstaub-Messgerät PM2.5 arbeitet auf Laserbasis und dient zur Erfassung der Feinstaubkonzentration in der Luft. Dabei werden die Partikelkonzentrationen PM1.0, PM2.5, PM4.0 und PM10 in der Luft erfasst und angezeigt.

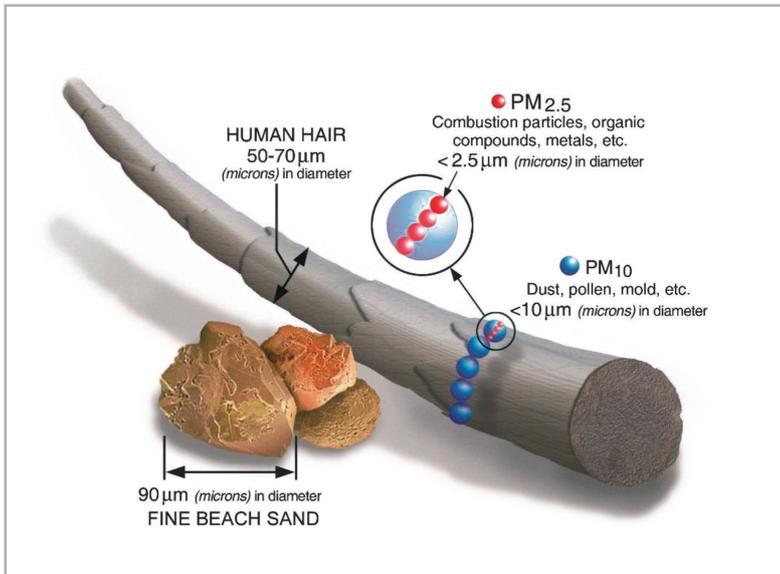


Bild 1: Partikel im Größenvergleich zum menschlichen Haar (Quelle: Sensirion)

Feinstaub besteht aus einer komplexen Mischung fester und flüssiger Partikel von organischen und anorganischen Stoffen, die als Schwebepartikel in der Luft verteilt sind. Ob die Partikel gesundheitsschädlich sind oder nicht, hängt von deren Zusammensetzung ab, bzw. wo sie emittiert werden.

Es geht bei Feinstaub also um Partikel  $< 10 \mu\text{m}$ , die inhaliert werden können – Bild 1 verdeutlicht die Größenordnung im Vergleich zu einem menschlichen Haar.

In Ballungszentren sind nicht nur Dieselmotoren, sondern auch Brems-, Reifen- und Straßenabrieb sowie allgemeine Staubaufwirbelungen für die Emission erhöhter Feinstaubkonzentrationen verantwortlich. Je kleiner die Partikel sind, desto besser können diese in die Lunge eindringen und daher ist für die Gesundheit eine geringe Konzentration an kleinen Partikeln mit einem Durchmesser von  $< 2,5 \mu\text{m}$  besonders wichtig. Weitere Informationen zum Thema Feinstaub gibt es unter [2] vom Sensorhersteller Sensirion [3].

## Öffentliche Diskussionen zum Thema Feinstaub

Aufgrund der VW-Dieselfläre ist in den letzten Jahren die Feinstaubbelastung und die Positionierung von Messstationen stark in den öffentlichen Fokus geraten. Allerdings können je nach Interessenlage deutlich unterschiedliche Ergebnisse bei der Bewertung der Belastungen herauskommen.

Um eigene Messungen durchführen zu können, ist ein Sensor erforderlich, der in belasteter Umgebung über einen langen Zeitraum zuverlässige Ergebnisse liefert. Sensoren im Niedrigpreissegment aus Fernost können das häufig nicht leisten.

Mit dem ELV Feinstaub-Messgerät PM2.5 kann z. B. auch sehr schnell der Feinstaubausstoß von Kraftfahrzeugen gemessen werden, um zu prüfen, ob bei Dieselfahrzeugen der Ruß-Partikelfilter noch einwandfrei funktioniert.

Während bei modernen Euro-6-Dieselfahrzeugen (je nach Motorbelastung) weniger Feinstaub aus dem Auspuff kommt, als vom Motor aus der Umgebungsluft angesaugt wird, steigt die Konzentration in der Nähe eines Kfz-Auspuffs mit Euro-4-Diesel (selbst mit Partikelfilter) deutlich an.

## Grenzwerte für Feinstaub

Durch nationale Umweltschutzbehörden wurden unterschiedliche Grenzwerte festgelegt, wie in Tabelle 1 zu sehen. Für Feinstaub mit einer Partikelgröße  $< 10 \mu\text{m}$  (PM10) gilt seit 2005 in der Europäischen Union ein Tagesgrenzwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , und dieser Wert darf nicht öfter als 35-mal im Jahr überschritten werden. Der zulässige Jahresmittelwert darf  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht überschreiten. Für die besonders kritischen Partikel  $< 2,5 \mu\text{m}$  besteht ein Grenzwert von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft im Jahresmittel. Dieser Wert reduziert sich ab 01.01.2020 auf  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft.

Unterschiedliche nationale Grenzwerte für Luftqualitätswerte

Luftqualitätswerte (AQI)		Stufen zur Bewertung der Gesundheitsgefährdung	PM2.5 24-h-Mittelwerte $\mu\text{g}/\text{m}^3$			PM10 24-h-Mittelwerte $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
			Europa	USA	China	Europa	USA	China
0–50	gut	Die Qualität der Luft ist zufriedenstellend. Die Luftverschmutzung stellt ein geringes oder gar kein Risiko dar.	0–15	0–12	0–35	0–20	0–54	0–50
51–100	mäßig	Die Luftqualität ist insgesamt akzeptabel. Bei manchen Schadstoffen bestehen jedoch für einen sehr kleinen Personenkreis, der außergewöhnlich empfindlich auf Luftverschmutzung reagiert, eventuell Gesundheitsbedenken.	15–30	12,1–35,4	35–75	21–35	55–154	50–150
101–150	ungesund für empfindliche Personengruppen	Bei empfindlichen Personengruppen können gesundheitliche Auswirkungen auftreten. Die allgemeine Öffentlichkeit ist höchstwahrscheinlich nicht betroffen.	30–55	35,5–55,4	75–115	36–50	155–254	150–250
151–200	ungesund	Erste gesundheitliche Auswirkungen können sich bei allen Personengruppen einstellen. Bei empfindlichen Personengruppen können ernsthafte gesundheitliche Auswirkungen auftreten.	55–110	55,5–150,4	115–150	51–100	255–354	250–350
201–300	sehr ungesund	Gesundheitswarnung aufgrund einer Notfallsituation. Die gesamte Bevölkerung ist voraussichtlich betroffen.	>110	150,5–250,4	150–250	101–150	355–424	350–420
300+	gesundheitgefährdend	Gesundheitsalarm: Jeder könnte ernstere Auswirkungen auf die Gesundheit verspüren.		>250,4	>250	>150	>424	>420

Tabelle 1

## Feinstaubsensoren und Messverfahren

Die Qualität eines Feinstaub-Messgeräts ist wesentlich vom eingesetzten Sensor abhängig. Beim ELV Feinstaub-Messgerät PM2.5 kommt – wie bereits erwähnt – ein besonders hochwertiger Sensor der Firma Sensirion aus der Schweiz zum Einsatz, der für mindestens 8 Jahre Dauerbetrieb in belasteter Umgebungsluft ausgelegt ist. Durch das Strömungsdesign werden alle optischen Komponenten des Sensors auch in stark belasteter Umgebung sauber gehalten.

Feinstaubwerte werden üblicherweise als „Massekonzentration“ in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen, wobei diese Angabe eigentlich auf ältere Messmethoden zurückzuführen ist. Für Echtzeitmessungen werden moderne optische Partikelzähler eingesetzt, die auf Streuung von Licht an den in der Luft schwebenden Partikeln basieren. Mittlerweile ist die Streulichtmessung die am häufigsten genutzte Messmethode. In diesen Geräten werden Partikel gezielt durch den Strahl einer Lichtquelle (üblicherweise durch einen Laserstrahl) geführt, und das dabei verursachte Streulicht wird von einer Fotodiode erfasst und ausgewertet.

Die Qualität der Massebestimmung hängt natürlich auch stark von den Algorithmen des Sensor-Herstellers zur Konvertierung des optischen Messsignals in die Massekonzentration des Feinstaubes ab. Darüber hinaus hat die interne Strömungsführung einen starken Einfluss auf die Langzeitstabilität des Sensors, da sich Partikel, bei einer schlechten Strömungsauslegung, an den optischen Komponenten (Laser, Fotodiode, Strahlfalle) absetzen können und damit die Messgenauigkeit im Laufe der Zeit verschlechtern. Die Auswahl eines Sensors von einem erfahrenen Hersteller ist eines der wichtigsten Kriterien für ein langzeitstabilisiertes Messgerät.

Beim Sensirion-Sensor wird die Partikelkonzentration bezogen auf die Größen direkt über eine UART-Schnittstelle ausgegeben. Ein im Sensor integrierter Lüfter sorgt für eine definierte Luftmenge im Erfassungszeitraum und ermöglicht darüber hinaus eine automatische Reinigungsfunktion.

## Arbeitsprinzip des Sensirion-Feinstaubsensors

Das Arbeitsprinzip des Sensirion-Feinstaubsensors basiert auf einem optischen Verfahren, in dem die Streuung von Laserlicht mithilfe eines optischen Sensors (Fotodiode) ausgewertet wird, wie im Blockschaltbild (Bild 2) zu sehen ist. Ein geregelter Lüfter sorgt für einen definierten Luftstrom durch den Sensor. Im Luftstrom enthaltene Partikel erzeugen in der Messkammer Streulicht, das wiederum von einer Fotodiode in elektrische Signale gewandelt wird. Entscheidend ist, dass der Laserstrahl im Erfassungsbereich stark fokussiert ist, um eine Bewertung der Partikelgröße zu ermöglichen. Bild 3 verdeutlicht die prinzipiellen Zusammenhänge.

Ein bereits im Sensirion-Feinstaubsensor integrierter Mikrocontroller verarbeitet die gewandelten Signale, und mithilfe von proprietären Sensirion-Algorithmen erfolgt die Erzeugung der Ausgabewerte für die Massen- und Mengenkonzentrationen. Die Al-

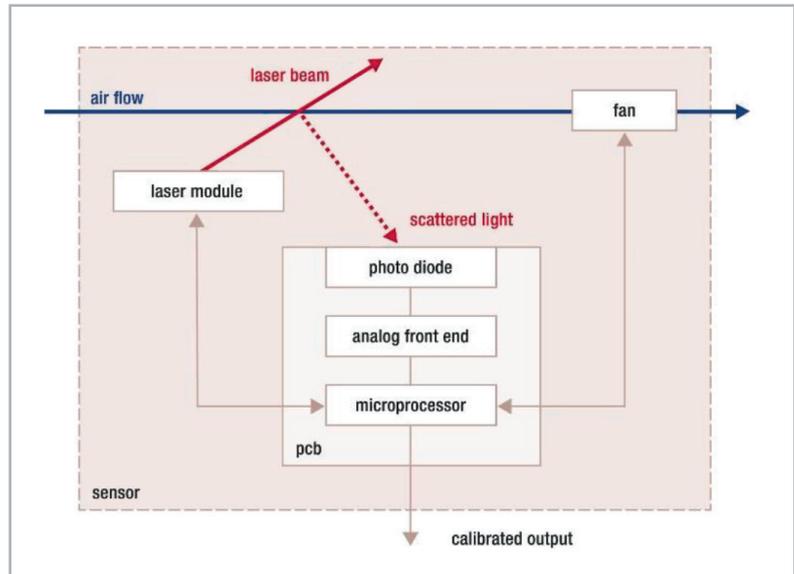


Bild 2: Blockschema des Feinstaubensors (Quelle: Sensirion)

gorithmen des Sensorherstellers in Verbindung mit dem Frontend-Design sind somit die entscheidenden Voraussetzungen für eine zuverlässige Langzeitfunktion. Hier unterscheidet sich der Sensirion-Sensor deutlich von Feinstaubsensoren im Niedrigpreissegment. Im Sensor schützt eine ausgeklügelte Strömungsführung alle für die zuverlässige Messung erforderlichen optischen Komponenten im Betrieb vor Verschmutzung. Die Sensirion-Algorithmen ermöglichen die Bestimmung der Größenklassen unabhängig vom Partikeltyp, wobei die Genauigkeit des Sensors bei einer Massenkonzentration von  $0\text{--}100\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  mit  $\pm 10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  und von  $100\text{--}1000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  mit  $\pm 10\%$  angegeben ist.

## Grundsätzliche Funktionen

Beim Feinstaub-Messgerät PM2.5 handelt es sich um ein komfortables Handmessgerät, dessen Funktionen über die eines einfachen Feinstaub-sensors weit hinausgehen.

Von folgenden Partikeln können die Massenkonzentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und die Mengenkonzentration (Partikelanzahl/ $\text{cm}^3$ ) gemessen werden:

- Massenkonzentration: PM1.0, PM2.5, PM4.0, PM10.0
- Mengenkonzentration: PM1.0, PM2.5, PM4.0, PM10.0

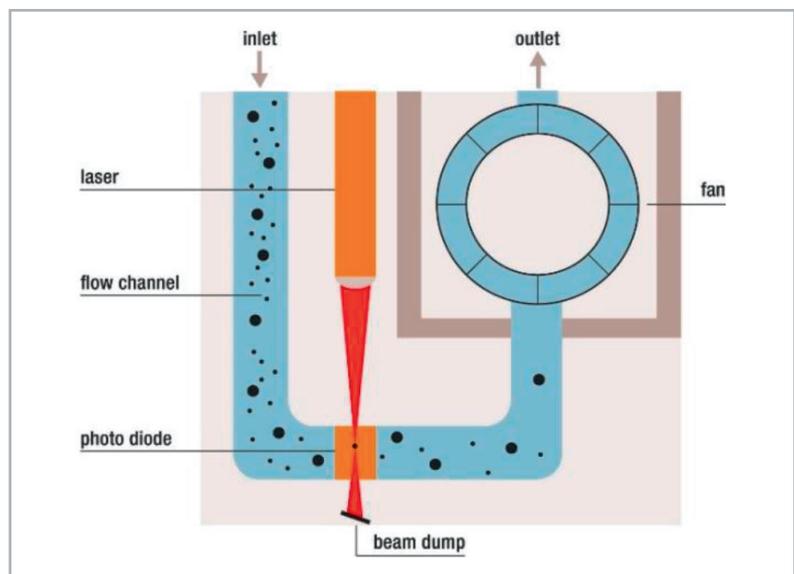


Bild 3: Arbeitsprinzip des Sensors (Quelle: Sensirion)

Durch den Einsatz eines OLED-Farb-Grafikdisplays erfolgt eine sehr komfortable Darstellung der Messwerte (grafisch und numerisch). Neben der direkten Anzeige können auch Messwerte aufgezeichnet und gespeichert werden. Nach erfolgreichem Abschluss der Messungen können die Daten über die Micro-USB-Schnittstelle an einen PC übertragen und mittels der frei erhältlichen Datenlogger-Software „LogView Studio“ [1] grafisch und tabellarisch dargestellt respektive exportiert werden.

Da aufgrund des Energiebedarfs des Feinstaubensors das Messgerät mit einem wiederaufladbaren Lithium-Akku ausgestattet ist, erfolgt über die Micro-USB-Buchse auch die Ladung des integrierten Lithium-Polymer-Akkus.

Eine Datenlogger-Funktion mit Datenspeicher rundet den Funktionsumfang ab.

Untergebracht ist das Gerät im ELV Schiebegehäuse, und die komfortable Menüführung erfolgt mithilfe eines Drehimpulsgebers.

## Bedienung

Die Menüführung mithilfe eines Drehimpulsgebers mit Tastfunktion sowie die beiden zusätzlichen Schnellwahltasten sorgen für eine sehr komfortable Bedienung des PM2.5. Zur grafischen und numerischen Darstellung der Messwerte stehen unterschiedliche Anzeigemodi zur Verfügung. Neben der Darstellung der Partikelkonzentrationen bezogen auf die jeweilige Partikelgröße kann die Darstellung der Partikelverteilung in Form von Balkendiagrammen angezeigt werden.

Nach dem Einschalten des Messgeräts wird nach Anzeige des Startbildschirms zuerst ein Reinigungsprozess des Sensors mit einem erhöhten Luftstrom durchgeführt, um den kompletten Strömungspfad sauber zu halten. Auf dem Bildschirm erfolgt ein entsprechender Hinweis (Bild 4). Danach wird direkt die PM2.5-Partikelkonzentration in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  angezeigt. Wie in Bild 5 zu sehen, liefert eine farbige Balkenanzeige Hinweise zur Bewertung des Messergebnisses.

Bei einer Versorgung per Akku wird der Ladestatus in der oberen linken Ecke des Hauptbildschirms dargestellt.

Die Aufzeichnung der Messdaten wird durch das Drücken der Kombination des Tasters F2 in Verbindung mit der Drehimpulsgebertaste „Select/

Menu“ gestartet bzw. gestoppt. Eine aktive Aufzeichnung wird in der oberen rechten Ecke des Displays durch den roten Schriftzug „REC“ angezeigt. Zudem blinkt in diesem Betriebsmodus die rote „aktive“ LED im 10-Sekunden-Takt. Bei einer laufenden Aufzeichnung kann das Hauptmenü des PM2.5 nicht aufgerufen werden.

Mittels der beiden Schnellwahltaster F1 und F2, die als Softkeys (Taste, die abhängig von einer zugehörigen Bildschirmanzeige unterschiedliche Funktionen ausführt) fungieren, können unterschiedliche Menüs und Funktionen aufgerufen werden, wobei nach dem Einschalten die Funktionstaste F1 automatisch aktiv ist. Die jeweils aktive Funktionstaste wird im Display gelb angezeigt.

Mit dem Drehimpulsgeber können nun nacheinander folgende Funktionen aufgerufen werden:

- Massenkonzentration bezogen auf die ausgewählte Partikelgröße (Bild 5)
- Mengenkonzentration bezogen auf die ausgewählte Partikelgröße (Bild 6)
- Typische Partikelgröße (Bild 7)
- Partikelverteilung bezogen auf die Massenkonzentration (Bild 8)
- Partikelverteilung bezogen auf die Mengenkonzentration

Wenn die Funktionstaste F2 aktiviert wird (gelb im Display angezeigt), kann mit dem Drehimpulsgeber die Auswahl der anzuzeigenden Partikelgröße erfolgen.



Bild 4: Reinigung des Sensors

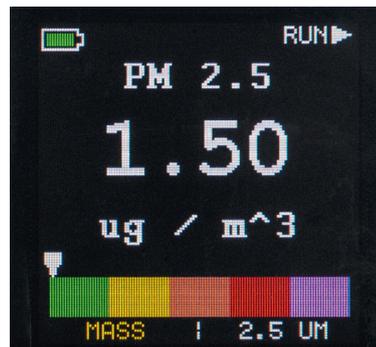


Bild 5: Massenkonzentration bezogen auf die ausgewählte Partikelgröße



Bild 6: Mengenkonzentration bezogen auf die ausgewählte Partikelgröße

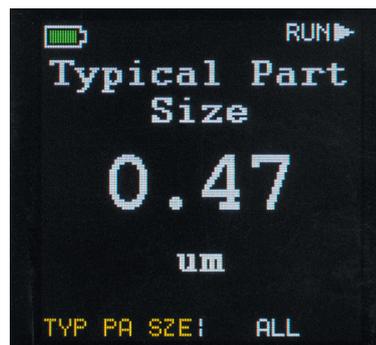


Bild 7: Typische Partikelgröße

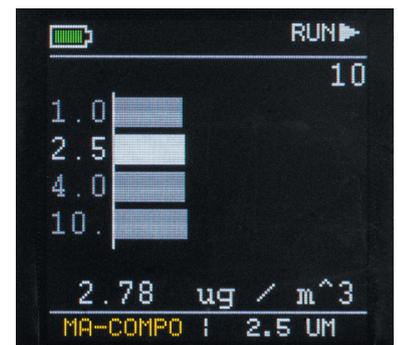


Bild 8: Partikelverteilung bezogen auf die Massenkonzentration

Durch Betätigen des Tasters „Select/Menu“ kann das Hauptmenü des PM2.5 aufgerufen werden (Bild 9). Die einzelnen Menüpunkte werden durch Drehen des Drehimpulsgebers (Inkrementalgeber) ausgewählt und durch den Taster „Select/Menu“ bestätigt.

Mit dem Menüpunkt POWER OFF erfolgt das Ausschalten des Feinstaub-Messgeräts PM2.5. Die einzige Komponente, die in diesem Betriebszustand aktiv bleibt, ist die Echtzeituhr-Einheit, wodurch der Akku nur mit einem sehr geringen Strom belastet wird. Dies hat den Vorteil, dass kein erneutes Einstellen der Uhrzeit bei einem Neustart des Geräts erforderlich ist. In der Grundkonfiguration schaltet sich das Gerät automatisch nach 10 Minuten ab, sofern keine Messung gestartet wurde, damit der Akku nicht unnötig entladen wird, falls eine ungewollte Aktivierung des PM2.5 stattgefunden hat.

Uhrzeit sowie Datum kann man bei Bedarf (beispielsweise nach der Erstinbetriebnahme) unter dem Punkt DEVICE einstellen (Bild 10).

Im Hauptmenü kann unter MEASURE das Messintervall (Sampling-Rate: 1 Sekunde, 10 Sekunden, 1 Minute, 10 Minuten, 30 Minuten, 60 Minuten) ausgewählt werden (Bild 11).

Unter dem Menüpunkt DISPLAY kann das LCD TIMEOUT verändert werden, d. h., es sind jeweils die Zeitspannen festlegbar, nach denen sich das

Display im Akku- bzw. USB-Betrieb deaktivieren soll, um Energie zu sparen (Bild 12).

Unter dem Menüpunkt SENSOR wird die Seriennummer des Sensors angezeigt, und zusätzlich kann man hier ein zyklisches Reinigungsintervall des Sensors vorgeben (Bild 13). Damit ist sichergestellt, dass auch bei Dauerbetrieb eine automatische Reinigung des Strömungspfad erfolgt.

Die Einstellungen unter den Menüpunkten im Hauptmenü werden dauerhaft nach dem Verlassen der entsprechenden Menüpunkte gespeichert, sodass diese auch nach einem Gerätereustart oder einer Unterbrechung der Spannungszufuhr erhalten bleiben.

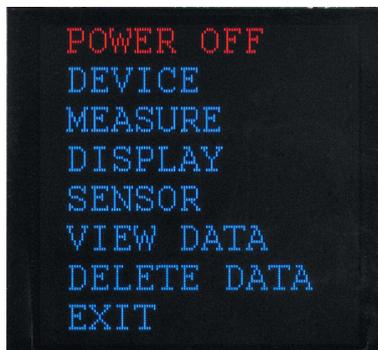


Bild 9: Hauptmenü des PM2.5



Bild 10: SET DATE, Uhrzeit und Datum einstellen



Bild 11: Sampling-Rate einstellen

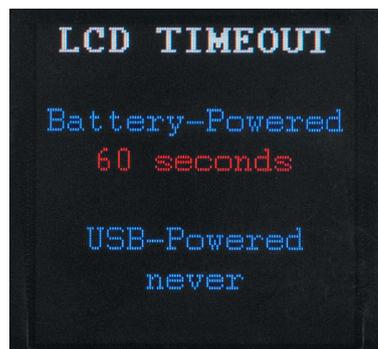


Bild 12: Menüpunkt DISPLAY zur Einstellung des Timeout bei Akku- oder USB-Versorgung

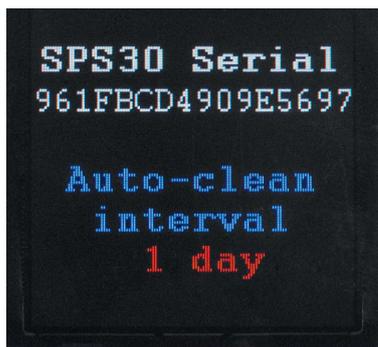


Bild 13: Auswahl des Reinigungsintervalls unter dem Menüpunkt SENSOR

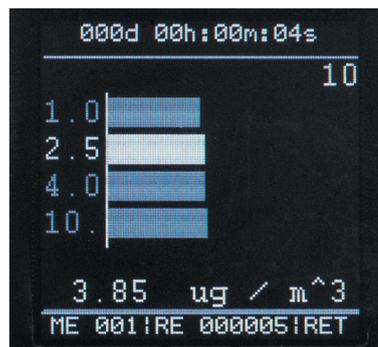


Bild 14: Aufgezeichnete Messdatensätze



Bild 15: Aufgezeichnete Messdatensätze löschen

Unter dem Menüpunkt VIEW DATA kann man die aufgezeichneten Messdatensätze Schritt für Schritt mit dem Drehimpulsgeber durchscrollen. Der jeweilige Messwertdatensatz, die Datensatznummer und dessen Auszeichnungszeitpunkt werden dabei angezeigt (Bild 14). Mit RET (F2) erfolgt wieder der Rücksprung in das Hauptmenü.

Unter dem Menüpunkt DELETE DATA in Bild 15 ist es möglich, die aufgezeichneten Messdatensätze zu löschen, wenn der Speicher voll oder die maximale Datensatzanzahl erreicht ist.

Um wieder auf den Hauptbildschirm des PM2.5 zurückzukehren, ist der Menüpunkt EXIT mit einem Tastendruck des Drehimpulsgebers zu bestätigen.

Die Standardeinstellungen des Geräts können durch das Ausführen eines Werksresets wiederhergestellt werden. Dazu müssen beim Einschalten des Geräts die Funktionstasten F1 und F2 gedrückt gehalten werden, bis auf dem OLED-Display die Sicherheitsabfrage erscheint, ob der Werksreset tatsächlich durchgeführt werden soll. Wird dies bestätigt, so werden die Standardeinstellungen wiederhergestellt, und alle aufgezeichneten Messreihen werden unwiderruflich gelöscht.

Die erhobenen Messdaten können über die Micro-USB-Schnittstelle von einem PC ausgelesen werden. Für eine schnelle grafische Auswertung der Messwerte bietet sich das kostenlos zum Download erhältliche Programm „LogView Studio“ an.

## Schaltung

Die Gesamtschaltung des Feinstaub-Messgeräts ist zur besseren Übersicht in insgesamt 5 Teilschaltbilder aufgeteilt, die wiederum in sich geschlossene Funktionseinheiten darstellen (Bild 16 bis Bild 20).

### Lithium-Akku-Ladeschaltung

Beim Einsatz von Lithium-Akkus sind unbedingt alle Sicherheitsaspekte wie eine sichere Ladeerkennung mit einer Genauigkeit von 50 mV, ein Überladeschutz, ein Tiefentladeschutz und eine Temperaturüberwachung zu beachten. Die Lithium-Ladeschaltung des PM2.5 arbeitet mit einem Ladecontroller von Skyworks für 3,7-V-Lithium-Polymer-Akkus mit integrierter Schutzelektronik (Tiefentladeschutz).

Zum Laden können Standard-5-V-USB-Netzteile genutzt werden, die einen Ladestrom von mindestens 300 mA liefern können. Die komplette Ladeschaltung ist in Bild 16 zu sehen, wobei im Ladecontroller des Typs AAT3693 alle Stufen zur sicheren Ladung von Lithium-Polymer-Akkus integriert sind. Die erforderliche externe Beschaltung besteht nur aus wenigen passiven Bauteilen. Trotz der umfangreichen Funktionen und

der integrierten Ladeendstufe betragen die Abmessungen des Bausteins nur 2,2 x 2,2 mm. Mithilfe der Widerstände R35 und R36 (am Pin ISET) ist entsprechend der Akku-Spezifikationen ein Ladestrom von ca. 250 mA vorgegeben (max. C/2).

Mit R31 und R34 ist die Ladeerkennung bei 10 % des maximalen Ladestromes konfiguriert, d. h., wenn der Strom unterhalb von 25 mA sinkt, wird der Akku als vollständig geladen erkannt.

Eine Duo-LED (D6) zeigt den Betriebszustand der Ladeschaltung an (Rot = Laden, Grün = Fertig, beide LEDs aus = Fehler bzw. keine Ladung). Die Temperaturabfrage des Akkus erfolgt über einen im Akku integrierten NTC, der direkt mit dem Ladecontroller (Pin 9) verbunden wird. Der Akku mit Steckverbinder und 3 Anschlussleitungen werden über den Steckverbinder BU6 angeschlossen, wobei das PTC-Sicherungselement R30 (Polyswitch) im Fehlerfall den Akku und die Schaltung schützen.

Eingangsseitig wird die Ladeschaltung über die USB-Buchse BU2 und das PTC-Sicherungselement R26 (Bild 20) gespeist. C53 dient in diesem Zusammenhang zur Pufferung und allgemeinen Stabilisierung.

### Spannungsversorgung

Die Spannungsversorgung des PM2.5 ist in Bild 17 zu sehen, wobei der Lithium-Akku BAT1 über R30 die Eingangsspannung an +UBat zur Verfügung stellt (Bild 16). Über den als Schalter arbeitenden Transistor T2 gelangt die Spannung dann auf den mit IC4 aufgebauten Step-up-Wandler. Im ausgeschalteten Zustand ist dieser Transistor gesperrt.

Alternativ kann die Spannungsversorgung auch über die Micro-USB-Buchse BU2 (Bild 20) erfolgen. Diese Spannung wird dem Spannungsversorgungsteil über die Transistoren T6 und T7 zugeführt. Bei USB-Versorgung werden die Transistoren T4 und T5 gleichzeitig über die USB-Spannung an den Gates gesperrt. Bei Akkubetrieb werden die Gates von T4 und T5 über R48 auf Masse gezogen, d. h., diese Transistoren sind dann durchgeschaltet.

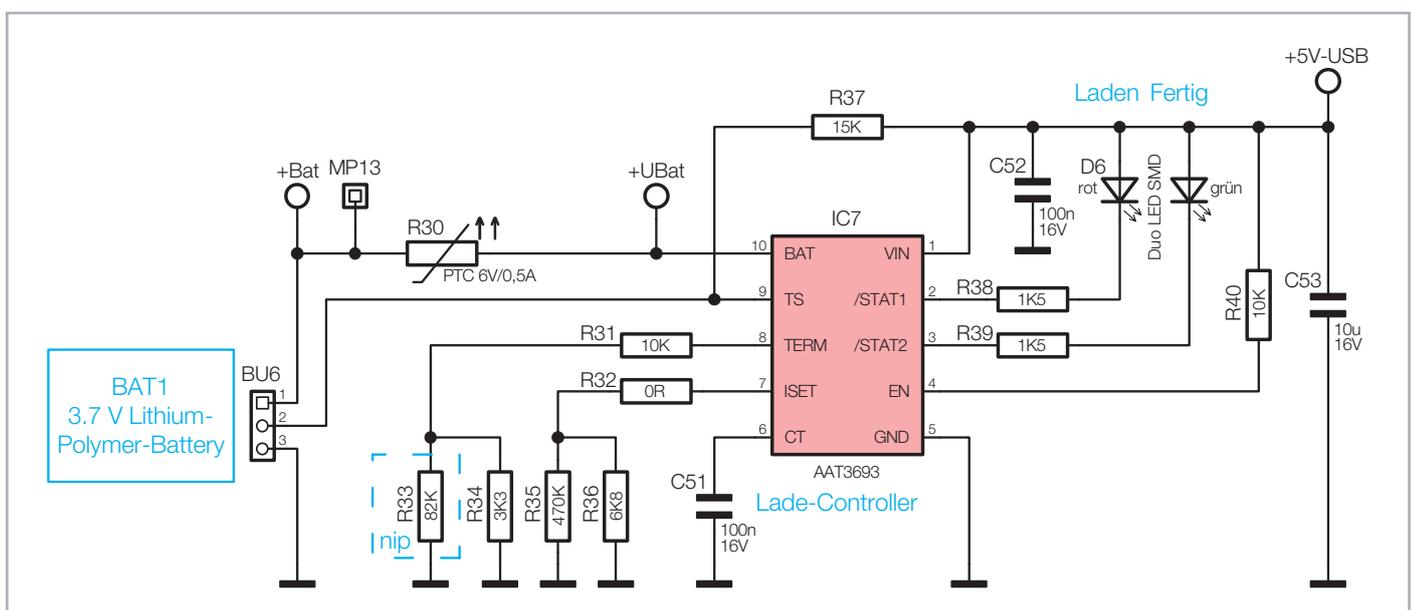
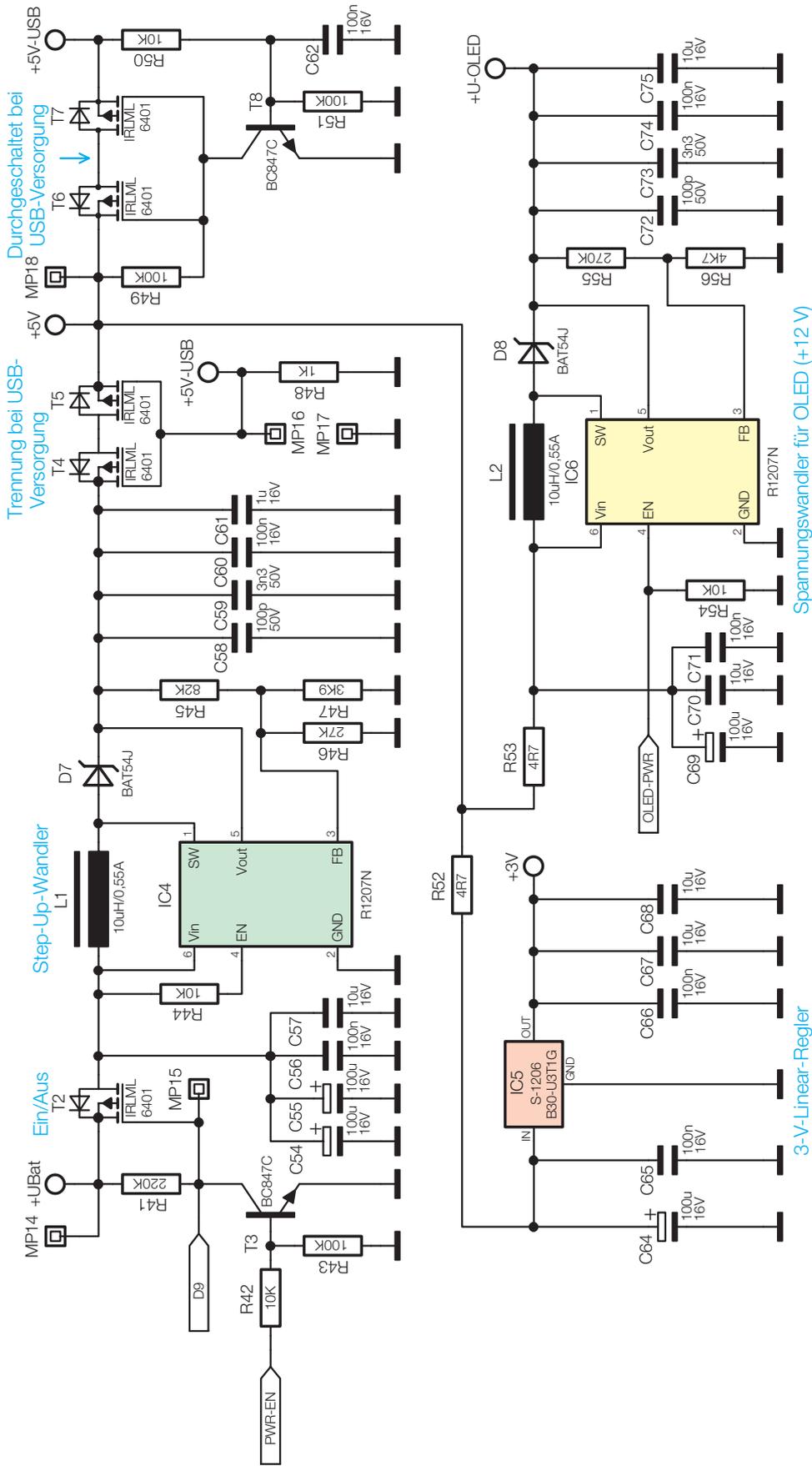


Bild 16: Lithium-Akku-Ladeschaltung



Durchgeschaltet bei USB-Versorgung

Trennung bei USB-Versorgung

Step-Up-Wandler

Ein/Aus

Spannungswandler für OLED (+12 V)

3-V-Linear-Regler

Für das PM2.5 gibt es folgende Versorgungssituationen:

- Gerät ist ausgeschaltet (Sleep-Modus)
- Gerät ist Akku-versorgt im Messmodus
- Gerät ist Akku-versorgt im aktiven Modus
- Gerät ist USB-versorgt

Im ausgeschalteten Zustand wird nur die Echtzeituhr-Einheit des Mikrocontrollers durch den Akku mit Spannung versorgt, da die Batteriespannung an Pin 1 des Mikrocontrollers immer zugeführt wird. Sobald man den Taster des Inkrementalgebers TA1 betätigt, wird das Gate des Transistors T2 im Spannungsversorgungsteil über die Diode D3 und den Widerstand R18 (Bild 18, Mikrocontroller-Einheit) auf Low gezogen. T2 schaltet durch, und der Controller nimmt in diesem Moment seine komplette Arbeit auf. Der Controller steuert dann die Basis von T3 an, wodurch dieser leitend wird und als Selbsthaltung fungiert. Das Gate des MOSFET T2 wird dann unabhängig von der Betätigung des Inkrementalgeber-Tasters auf Massepotential gezogen.

Der Eingang des Schaltreglers IC4 ist mit Spannung versorgt, und dessen Ausgangsspannung gelangt über T4 und T5 und den Widerstand R52 auf den Eingang des Linearreglers IC5. Die am Ausgang von IC5 zur Verfügung stehende Spannung dient zur Versorgung des Mikrocontrollers mit Peripherie.

Der mit IC6 aufgebaute und über R53 versorgte Schaltregler dient zur Erzeugung der Spannung für das Displaymodul. Dieser Schaltregler benötigt zusätzlich ein Enable-Signal vom Mikrocontroller, wenn das Display zugeschaltet werden soll (OLED-PWR).

Sobald man das Feinstaub-Messgerät über USB mit Spannung versorgt, erkennt dies der Mikrocontroller über den 5-V-toleranten Eingang an Pin 45 (+5V-USB). Da der Mikrocontroller die anliegende USB-Spannung detektiert hat, kann dieser nun mittels des Transistors T3 den FET T2 sperren. In diesem Betriebszustand wird der Akku nicht mehr nennenswert belastet.

Bild 17: Spannungsversorgung des Feinstaub-Messgeräts PM2.5

### Mikrocontroller-Einheit

Die Mikrocontroller-Einheit ist in Bild 18 zu sehen, wobei der Controller IC1 die komplette Steuerung übernimmt. Im PM2.5 kommt der 32-Bit-Mikrocontroller STM32F107RC in ARM-Cortex-M3-Architektur zum Einsatz. Der Controller ist für den Betrieb mit einer Spannung von 1,8 V bis 3,6 V ausgelegt. Mittels des externen 24-MHz-Quarzes Q1 wird der Grund-

takt des Controllers erzeugt. Dabei erzeugt der Controller intern mittels PLL seinen 72-MHz-Arbeitstakt. Durch den externen 32,768-kHz-Uhrenquarz (Q2) wird der Takt für die Echtzeituhr-Einheit vorgegeben, so ist im Sleep-Modus ein extrem stromsparender Betrieb möglich. Der 4-MBit-Datenspeicher (IC2), in dem

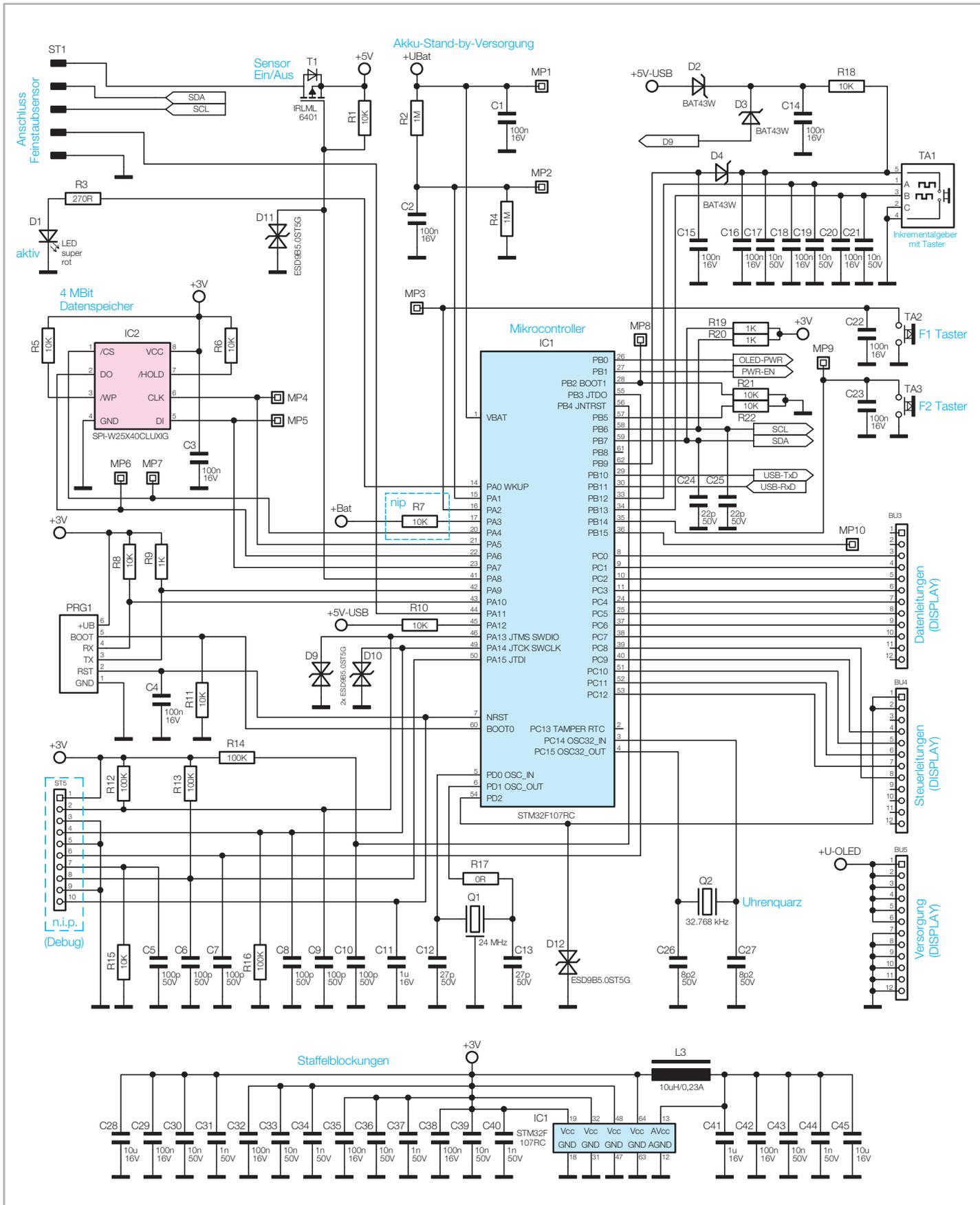


Bild 18: Mikrocontroller-Einheit des Feinstaub-Messgeräts PM2.5

die Messwerte gespeichert werden, ist über eine SPI-Schnittstelle direkt mit dem Mikrocontroller verbunden. Hierfür nutzen wir die Datenleitungen D0, DI, CLK sowie Chip-Select.

Der Sensirion-Feinstaubsensor verfügt über eine I<sup>2</sup>C-Schnittstelle. Der Sensor ist über ST1 mit dem I<sup>2</sup>C-Bus des Mikrocontrollers verbunden.

Zur Bedienung des PM2.5 stehen ein Inkrementalgeber mit Tastfunktion (TA1) und 2 separate Tasten zur Verfügung, die direkt am Mikrocontroller angeschlossen sind. Die Kondensatoren parallel zu den Tasten und zu den Anschlüssen des Drehimpulsgebers (C15 – C23) dienen dabei zur Entprellung und Störunterdrückung. Die Status-LED D1 wird über den Widerstand R3 vom Mikrocontroller angesteuert.

### OLED-Displayeinheit

Zur Visualisierung der Messwerte des PM2.5 dient ein OLED-Displaymodul, dessen Schaltung in Bild 19 dargestellt ist. Das OLED-Modul wird auf die Buchsenleisten BU3 bis BU5 gesteckt und hierüber mit Daten sowie den erforderlichen Spannungen von 3 V und 12 V versorgt.

Neben den 3 V für den Displaycontroller, welche über die Pins 1 und 2 der Buchsenleiste BU4 von Port PD2 des Controllers zugeführt werden, benötigt das OLED-Display eine zusätzliche 12-V-Spannung für das Panel. Diese „Panel-Spannung“ wird dem OLED-Modul über die Pins 1 bis 6 der Buchsenleiste BU5 zur Verfügung gestellt. Auf der Displayplatine befinden sich lediglich die zum Betrieb des OLEDs benötigten Bauteile sowie die drei Stiftleisten, die die Verbindung zur Basisplatine herstellen.

### Sensirion-Feinstaubsensor

Der Sensirion-Feinstaubsensor, der bereits die aufbereiteten Messdaten liefert, wird an die 5-polige Stiftleiste ST1 angeschlossen. Die 5-V-Spannungsversorgung des Sensors kann über den Transistor T1 geschaltet werden.

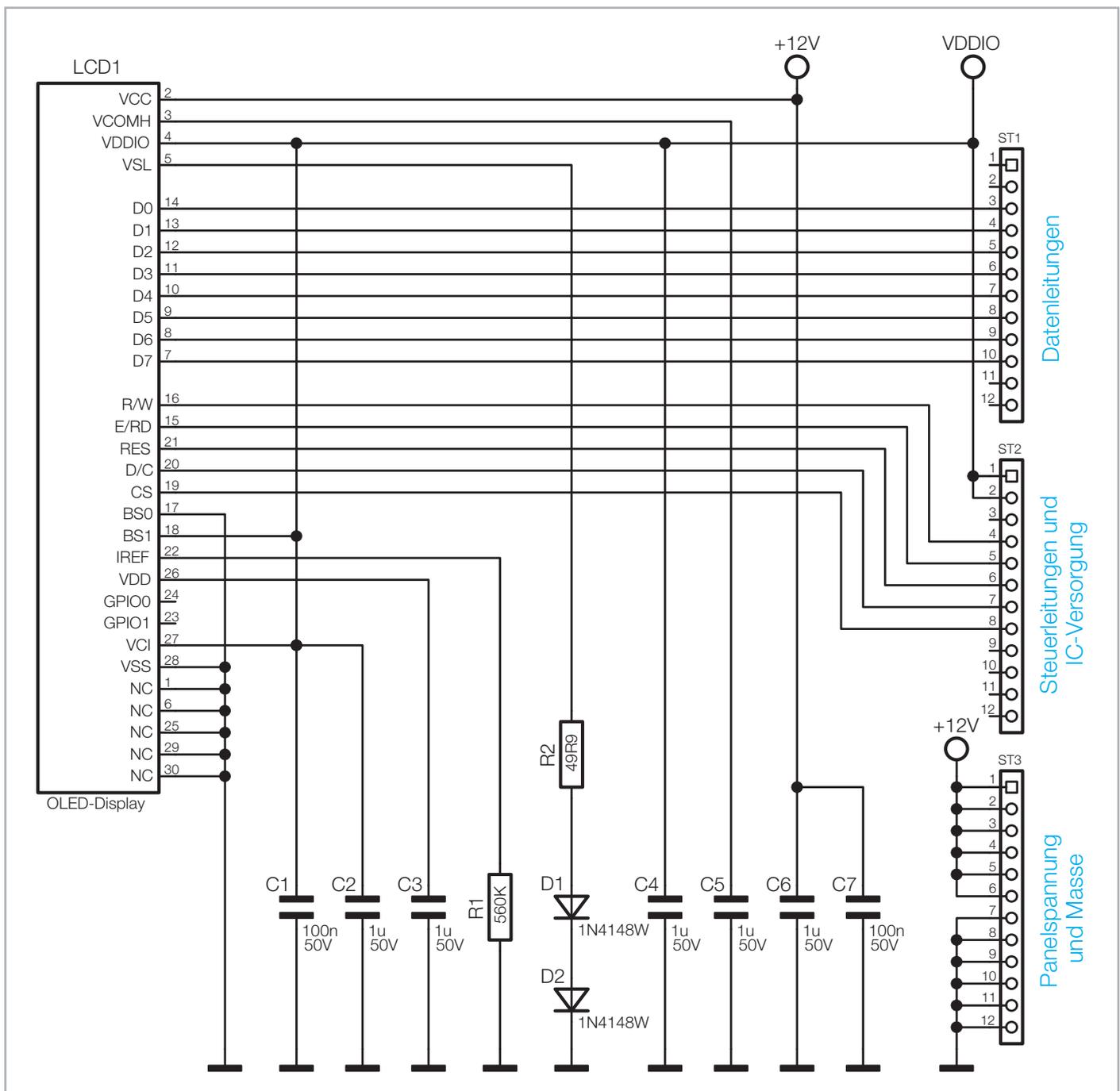


Bild 19: OLED-Displayeinheit



Der Nachbau beschränkt sich daher im Wesentlichen auf den Zusammenbau. **Bild 21** zeigt die Platine im Auslieferungszustand von der Oberseite (Bestückungsseite) mit zugehörigem Bestückungsplan und in **Bild 22** ist die Platine von der Unterseite zu sehen (hier befinden sich keine Bauteile).

Das einzige zu bestückende bedrahtete Bauteil ist der Inkrementalgeber mit Tastfunktion (TA1) (**Bild 23**). Dazu muss das Bauteil in die vorbereiteten

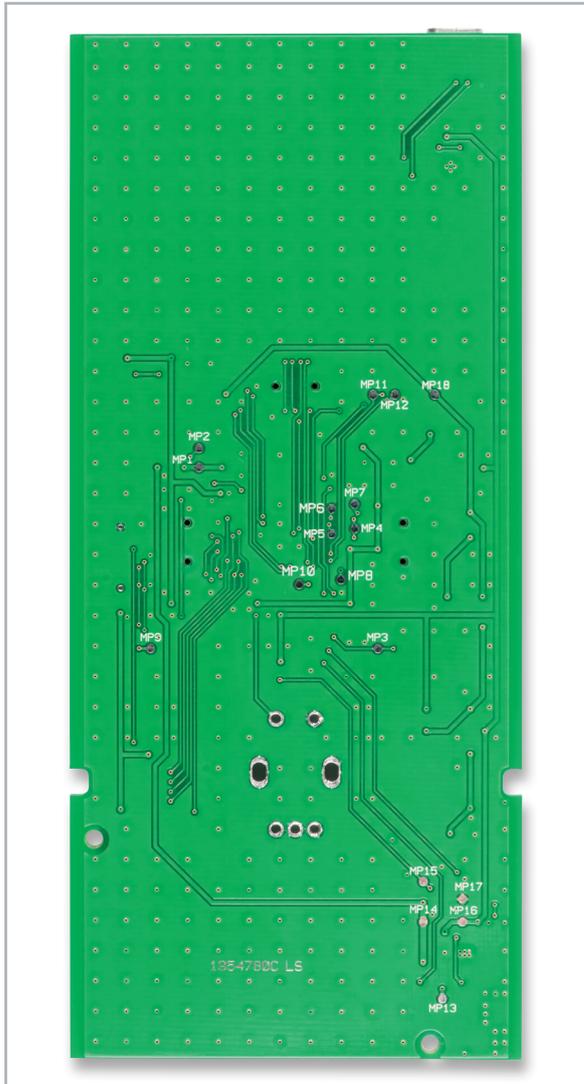


Bild 22: Leiterplatte des Feinstaub-Messgeräts von der Platinenunterseite



Bild 23: Inkrementalgeber mit Tastfunktion

Löcher gesteckt und eingerastet werden, sodass das Bauteil plan auf der Platine aufliegt. Letztendlich sind alle sieben Anschlusspins auf der Lötseite sorgfältig zu verlöten. Überstehende Anschlüsse sind, falls erforderlich, auf eine maximale Länge von etwa 3 mm zu kürzen (**Bild 24**).

### Zusammenbau Displaymodul

Die einzelnen Schritte zum Zusammenbau des Displaymoduls sind in **Bild 25** zusammengefasst. Auch hier sind alle SMD-Bauteile vorbestückt, und auf dem beiliegenden Displayrahmen sind bereits zwei Klebestreifen angebracht. Der Rahmen besitzt einige Rastnasen, die in die entsprechenden Öffnungen der Displayplatine passen, um somit ein falsches Montieren zu verhindern. Dies sollte im Vorfeld bereits einmal getestet werden, da ein nachträgliches Entfernen eines klebenden Displayrahmens sehr schwierig ist.

Damit dieser Displayrahmen auf die Displayplatine montiert werden kann, muss zunächst der Schutzfilm von dem auf der Unterseite befindlichen Klebestreifen entfernt und der Rahmen anschließend unter Zuhilfenahme der Rastnasen auf die Oberseite des Moduls gedrückt werden. Der nächste Schritt ist das Befestigen des eigentlichen OLED-Displays an dem Rahmen. Zunächst wird der Kontaktanschluss auf der Unterseite des Moduls geöffnet, indem der kleine Hebel umgelegt wird und damit senkrecht zur Platine steht. Nun kann die Kontaktfolie des Displays in den Anschluss gesteckt und der Hebel wieder heruntergedrückt werden. Dabei ist in diesem Schritt unbedingt darauf zu achten, dass das Display nicht falsch herum eingesteckt wird. Anhand von **Bild 25** kann man die korrekte Montage kontrollieren. Zuletzt wird nun der Schutzfilm des zweiten Klebestreifens entfernt und der Glaskörper des OLEDs mit leichtem Druck in den Rahmen geklebt.

Nachdem die Displayplatine fertig aufgebaut ist (**Bild 26**), kann diese später auf die Basisplatine aufgesteckt werden.

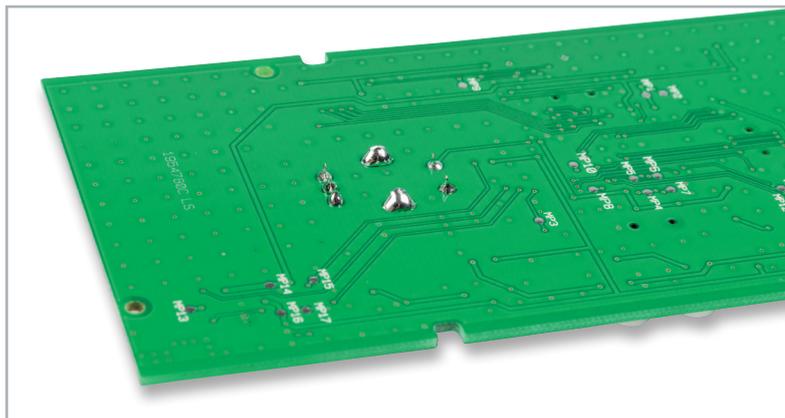


Bild 24: Verlöten des Inkrementalgebers mit Tastfunktion an der Platinenunterseite

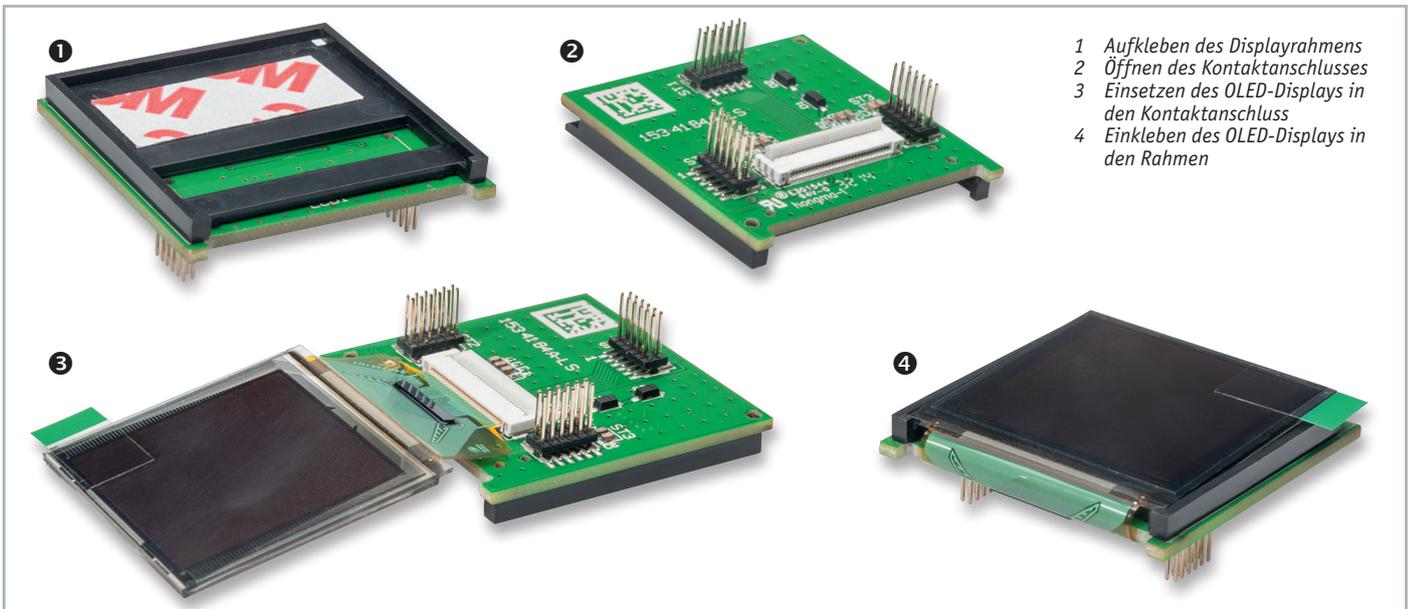


Bild 25: Die einzelnen Montageschritte beim Zusammenbau des OLED-Displaymoduls

### Montage des Akkus

Der Lithium-Akku mit Steckverbinder ist im ersten Arbeitsschritt in das dafür vorgesehene Schutzgehäuse einzusetzen, d. h., der Akku wird mit einem doppelseitigen Klebebandabschnitt in die Unterschale des Akku-Gehäuses geklebt. Die Verschraubung beider Gehäusehälften erfolgt später bei der Montage des Akkus auf der Platine. Bild 27 zeigt die dafür erforderlichen Montageschritte. Das Akku-Gehäuse dient zum Schutz des Akkus, um alle normativen Anforderungen an Lithium-Akkus zu erfüllen.

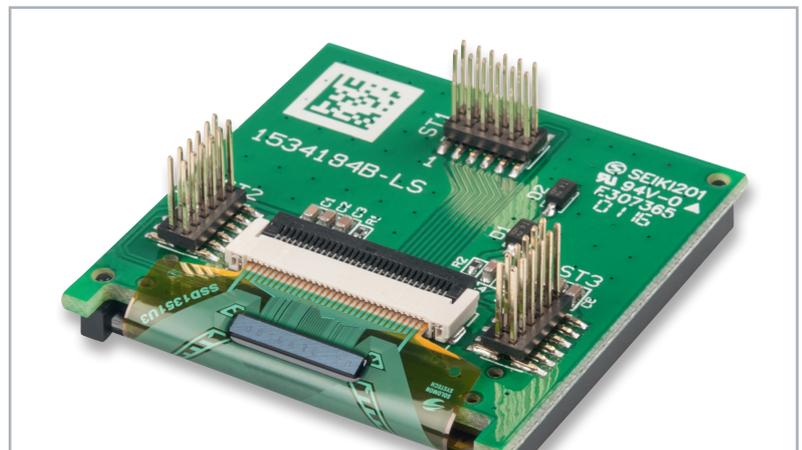


Bild 26: Fertig aufgebautes Displaymodul

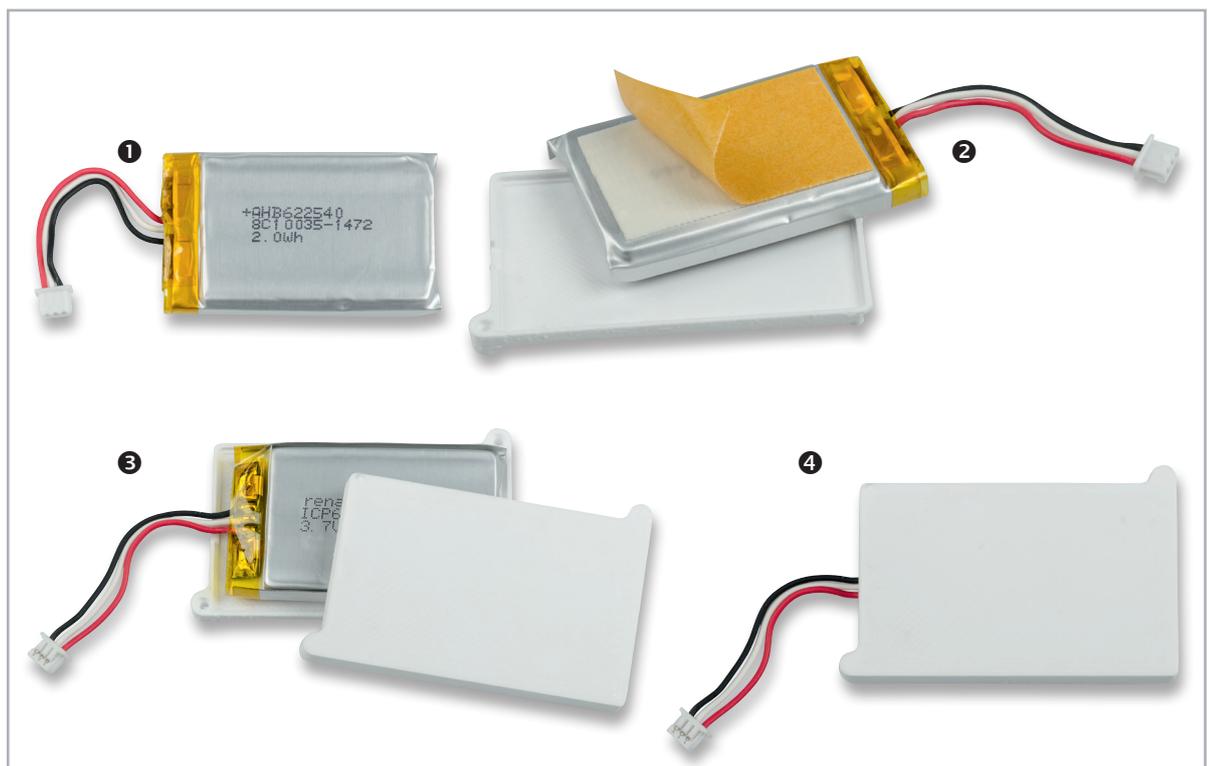


Bild 27: Die einzelnen Montageschritte zum Einbau des Lithium-Akkus in das Schutzgehäuse

### Montage des Feinstaubsenors

Zur Montage des Feinstaubsenors ist zunächst die Kontaktfeder KF1 entsprechend Bild 28 in die endgültige Position zu biegen. Letztendlich muss dieser Kontakt federnd gegen das Metallgehäuse des Feinstaubsenors drücken, um zum ESD-Schutz eine Masse-Kontaktierung herzustellen.

Danach wird die Schutzfolie des Feinstaubsenors komplett entfernt (Bild 29) und eine doppelseitige Schaumstoff-Klebefolie entsprechend Bild 30 aufgeklebt. Das 5-polige Anschlusskabel des Sensors (Bild 31) ist sorgfältig an den Feinstaubsensor anzuschließen.



Bild 29: Entfernen der Schutzfolie vom Feinstaubsensor

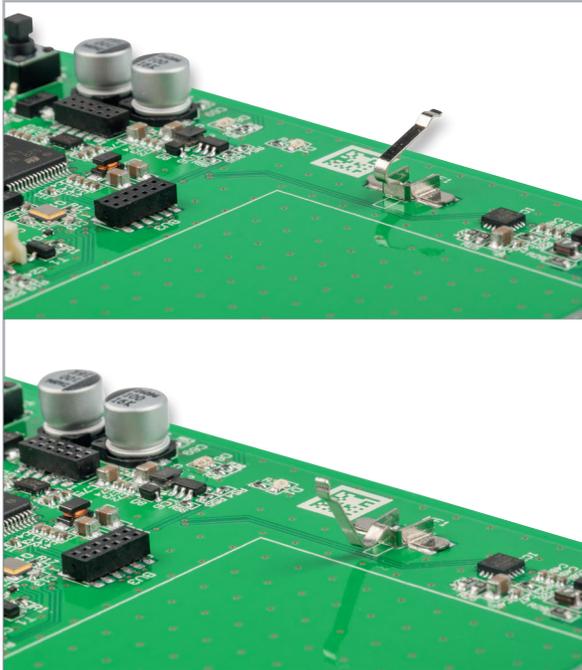


Bild 28: Biegen der Kontaktfeder KF1 in die endgültige Position



Bild 30: Anbringen einer doppelseitigen Schaumstoff-Klebefolie am Sensor



Bild 31: 5-poliges Anschlusskabel des Sensors

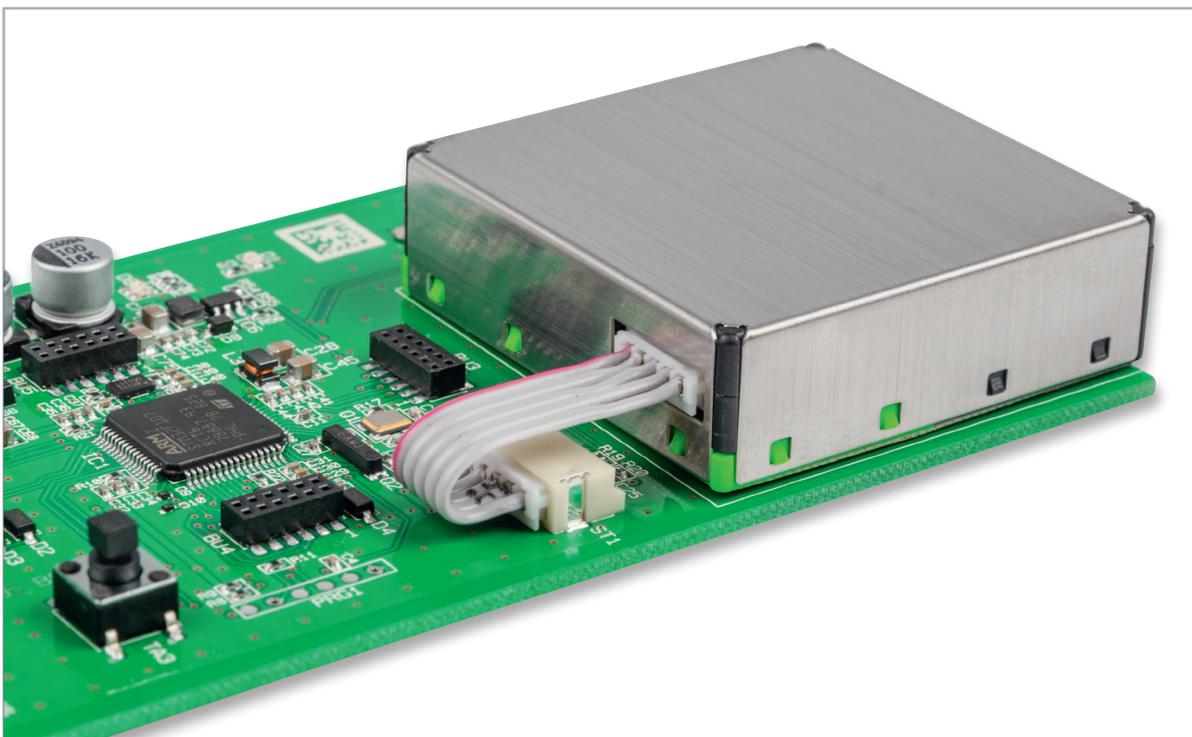


Bild 32: Anschließen des Sensorkabels an die Leiterplatte

Im nächsten Schritt wird der Sensor auf die Leiterplatte geklebt, wobei der auf der Leiterplatte aufgedruckte Rahmen zur Orientierung dient. Zur Montage des Sensors ist es ratsam, das Displaymodul kurz aufzustecken, da das Sensormodul direkt am Display anliegen muss. Besondere Sorgfalt ist angebracht, da die Stiftleisten sehr empfindlich sind und leicht verbiegen können. Nach dem Aufkleben des Sensormoduls wird das Displaymodul zunächst wieder abgezogen. Das andere Ende des Anschlusskabels wird, wie in [Bild 32](#) zu sehen, an ST1 der Leiterplatte angeschlossen.

### Endmontage des Feinstaub-Messgeräts

Zur Endmontage sind die Tastkappen für die Taster TA2 und TA3, wie in [Bild 33](#) zu sehen, mit etwas Druck aufzusetzen. Danach wird das Display endgültig aufgesteckt. Man muss darauf achten, dass die Stiftleisten nicht versetzt aufgesteckt werden, dies führt bei der Inbetriebnahme zur Fehlfunktion bzw. zur Zerstörung von Bauteilen. Das Drehrad des Drehimpulsgebers besteht aus zwei Teilen und ist entsprechend [Bild 34](#) zusammenzusetzen und dann mit etwas Druck auf TA1 zu drücken.

Nun ist der Akkuhalter mit den beiden zugehörigen Schrauben auf die Platine zu schrauben und entsprechend [Bild 35](#) an BU6 anzuschließen. Über die beiden LED-Lichtleiter im Gehäuseoberteil wird jeweils ein 13 mm langer Isolierschlauchabschnitt geschoben (wie in [Bild 36](#) zu sehen), damit keine gegenseitige Beeinflussung erfolgt.

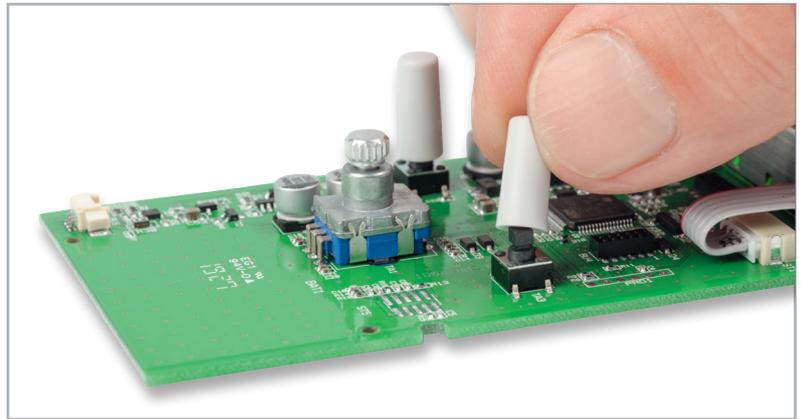


Bild 33: Aufpressen der Tastkappen auf die Taster TA2 und TA3

Bild 34: Zusammen-  
setzen des Drehrads  
für den Drehimpuls-  
geber

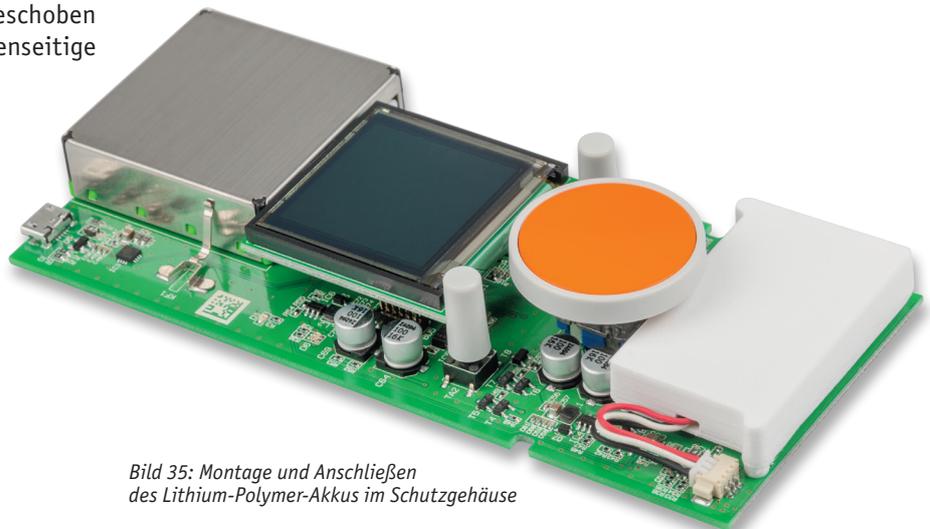


Bild 35: Montage und Anschließen  
des Lithium-Polymer-Akkus im Schutzgehäuse



### Wichtiger Hinweis:

Bei der Verwendung eines externen Netzteils am USB-Anschluss muss es sich zur Gewährleistung der elektrischen Sicherheit bei der speisenden Quelle um eine Sicherheits-Schutzkleinspannung handeln. Außerdem muss es sich um eine Quelle begrenzter Leistung gemäß EN60950-1 handeln, die nicht mehr als 15 W liefern kann. Üblicherweise werden beide Forderungen von handelsüblichen Steckernetzteilen mit entsprechender Leistung erfüllt.



Bild 36: Montage der Isolierschlauchabschnitte zur Verhinderung von gegenseitigen Beeinflussungen

Widerstände:		S-1206B30-U3T1G/SMD	IC5
0 Ω/SMD/0402	R17, R32	AAT3693IDH-AA-T1/SMD	IC7
0 Ω/SMD/0603	R24, R25, R27–R29	IRLML6401/SMD	T1, T2, T4–T7
4,7 Ω/SMD/0402	R52, R53	BC847C/SMD	T3, T8
270 Ω/SMD/0402	R3	BAT43W/SMD	D2–D4
1 kΩ/SMD/0402	R9, R19, R20, R23, R48	BAT54J/SMD	D7, D8
1,5 kΩ/SMD/0402	R38, R39	SP0503BAHTG/SMD	D5
3,3 kΩ/SMD/0402	R34	ESD9B5.0ST5G/SMD	D9–D12
3,9 kΩ/SMD/0402	R47	LED/rot/SMD/0603	D1
4,7 kΩ/SMD/0402	R56	Duo-LED/rot/grün/SMD	D6
6,8 kΩ/SMD/0402	R36	Sonstiges:	
10 kΩ/SMD/0402	R1, R5, R6, R8, R10, R11, R15, R18, R21 R22, R31, R37, R40, R42, R44, R50, R54	Speicherdrosseln, SMD, 10 µH/550 mA	L1, L2
27 kΩ/SMD/0402	R46	Speicherdrossel, SMD, 10 µH/230 mA	L3
82 kΩ/SMD/0402	R45	Quarz, 24.000 MHz, SMD	Q1
100 kΩ/SMD/0402	R12–R14, R16, R43, R49, R51	Quarz, 32,768 kHz, SMD	Q2
220 kΩ/SMD/0402	R41	Inkrementalgeber mit Achse und Tastschalter, 20 Impulse/360°, 20 (18°) Schritte, print, liegend	TA1
270 kΩ/SMD/0402	R55	Mini-Drucktaster TC-06106-075C, 1x ein, SMD	TA2, TA3
470 kΩ/SMD/0402	R35	USB-Buchse, Micro B, SMD	BU2
1 MΩ/SMD/0402	R2, R4	Buchsenleisten, 2x 6-polig, SMD	BU3–BU5
PTC/0.5 A/6 V/SMD/0805	R26, R30	Steckverbinder, Stiftleiste, PicoBlade-Serie, SMD	BU6
Kondensatoren:		Steckverbinder, Stiftleiste, ZH-Serie, SMD	ST1
8,2 pF/50 V/SMD/0402	C26, C27	Federkontakt, print, bearbeitet	KF1
22 pF/50 V/SMD/0402	C24, C25	Feinstaubsensor	
27 pF/50 V/SMD/0402	C12, C13	Klebeband, doppelseitig für Sensor	
100 pF/50 V/SMD/0402	C5–C9, C10, C58, C72	3 cm Gewebeisolierschlauch, ø 3 mm	
1 nF/50 V/SMD/0402	C31, C34, C37, C40, C44	3 cm Sensor-Anschlusskabel, konfektioniert	
3,3 nF/50 V/SMD/0402	C59, C73	Lithium-Polymer-Akku mit Anschluss- leitung und Stecker (ICP622540PMT-01)	BAT1
10 nF/50 V/SMD/0402	C17, C19, C21, C30, C33 C36, C39, C43, C48	Klebeband, doppelseitig für Akku	
100 nF/16 V/SMD/0402	C1–C4, C14–C16, C18, C20, C22, C23, C29, C32, C35, C38, C42, C47, C49, C51, C52, C56, C60, C62, C65, C66, C71, C74	Akkugehäuse-Oberteil, grau	
1 µF/16 V/SMD/0402	C11, C41, C50, C61	Akkugehäuse-Unterteil, grau	
10 µF/16 V/SMD/0805	C28, C45, C46, C53, C57, C67, C68, C70, C75	Gewindeformende Schrauben, 1,8 x 8 mm, Torx T6	
100 µF/16 V/SMD	C54, C55, C64, C69	Gehäuseoberteil bearbeitet und bedruckt	
Halbleiter:		Gehäuseunterteil bearbeitet und bedruckt	
ELV191693/SMD	IC1	Displayscheibe	
W25X40CLUXIG/USON-8	IC2	Tastkappen	
ELV191694/SMD	IC3	Gehäusefüße, 5 x 1,6 mm, selbstklebend, schwarz	
R1207N823B/SMD	IC4, IC6	Handdrehrad	
		Handdrehradkappe, glänzend orange mit Schutzlack lackiert	

Widerstände:		Sonstiges:	
49,9 Ω/SMD/0402	R2	OLED-Modul UG-2828GDEDF11, 128 x 128 Pixel, Vollgrafik, RGB	LCD1
560 kΩ/SMD/0402	R1	FFC/FPC-Verbinder, 30-polig, 0,5 mm, liegend, SMD	LCD1
Kondensatoren:		Displayrahmen, schwarz	LCD1
100 nF/50 V/SMD/0603	C1, C7	Klebeband, doppelseitig, 12 x 0,1 mm, transparent	
1 µF/50 V/SMD/0603	C2–C6	Stiftleisten, 2x 6-polig, 8,8 mm, gerade, RM = 1,27 mm, SMD	ST1–ST3
Halbleiter:			
1N4148W/SMD	D1, D2		

Danach ist die Platine so in das Schiebegehäuse einzulegen, dass die Gehäusezapfen in die Platinen-Aussparungen ragen (Bild 37). Durch das Ineinanderschieben von Ober- und Unterteil ist das Gehäuse zu schließen. Mit dem Ankleben der vier Gehäusefüße an der Gehäuseunterseite ist der Aufbau abgeschlossen und das Gerät einsatzbereit (Bild 38). **ELV**



## Weitere Infos:

- [1] Download LogView-Software  
<http://www.logview.info>
- [2] Hintergrundinformationen zum Feinstaub:  
<https://www.sensirion.com/de/ueber-uns/newsroom/sensirion-fachartikel/particulate-matter-sensing-for-air-quality-measurements/>
- [3] Sensorhersteller Sensirion:  
<https://www.sensirion.com/de/>

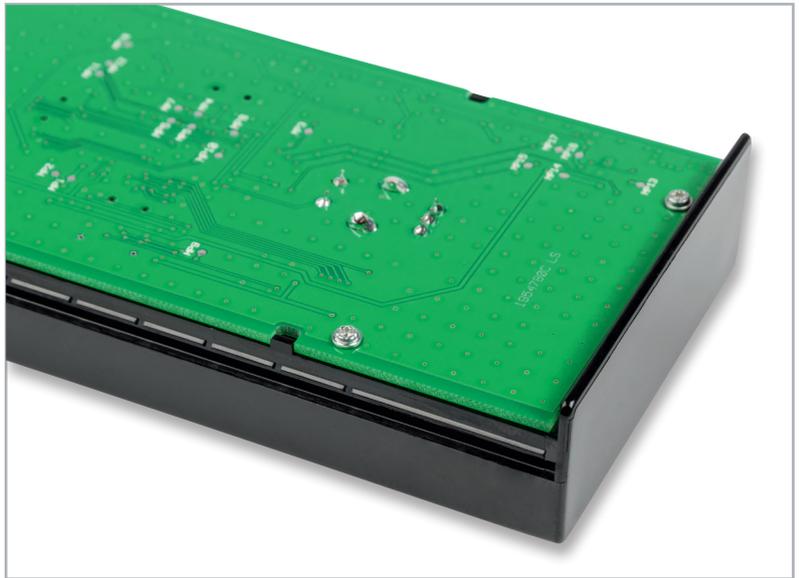


Bild 37: Korrektes Einsetzen der Leiterplatte in das Oberteil des Schiebegehäuses



Bild 38: Ankleben der 4 Gehäusefüße an der Gehäuseunterseite



## Wichtige Hinweise:

### Vorsicht!

Explosionsgefahr bei unsachgemäßem Austausch des Akkus. Ersatz nur durch denselben Typ (Renata ICP622540PMT-01 oder einen gleichwertigen vom Hersteller zugelassenen Typ).

### Achtung!

Akkus nicht übermäßiger Wärme wie direkter Sonnenbestrahlung oder dergleichen aussetzen!  
Akkus nicht ins Feuer werfen!  
Akkus nicht kurzschließen!  
Es besteht Explosionsgefahr!

Geräte-Kurzbezeichnung:	PM2.5
Messfunktion	
Massenkonzentration:	PM1.0, PM2.5, PM4.0, PM10.0
Mengenkonzentration:	PM1.0, PM2.5, PM4.0, PM10.0
Messbereich	
Massenkonzentration:	0–1000 µg/m <sup>3</sup>
Mengenkonzentration:	0–3000 1/cm <sup>3</sup>
Auflösung Massenkonzentration:	1 µg/m <sup>3</sup>
Anzeigefunktionen:	grafische Balkenanzeigen, numerische Anzeigen
Lebensdauer des Sensors:	8 Jahre bei Dauerbetrieb
Spannungsversorgung:	3,7-V-Lithium-Polymer-Akku oder USB 5 V
Stromaufnahme:	max. 200 mA
Anzeige:	OLED-Farbdisplay mit 128 x 128 Pixel, rote Status-LED, Duo-LED für Ladestatus
Bedienelemente:	2 Taster, Inkrementalgeber mit Tastfunktion
Schutzart:	IP20
Umgebungstemperatur	5–35 °C
Abmessungen (B x H x T):	63 x 142 x 25 mm
Gewicht:	157 g

Technische Daten

**Feinstaubsensor**

Die grundsätzliche Funktionsweise von optischen Feinstaubsensoren ist vergleichbar, wobei aber feine Unterschiede einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität und Langzeitstabilität haben.

Der im ELV Feinstaub-Messgerät PM2.5 verwendete Sensor von Sensirion arbeitet mit einem scharf fokussierten Laserstrahl im Erfassungsbereich im Gegensatz zu ähnlichen Produkten, die unter Umständen nur mit einer LED als Lichtquelle arbeiten.

Eine Unterscheidung der Größenfraktionen wird erst durch die scharfe Fokussierung des Laserstrahls (Bild A) in Verbindung mit speziellen Algorithmen möglich. Wenn der Lichtstrahl im Erfassungsbereich die zu messende Partikelgröße überschreitet, ist keine Unterscheidung mehr möglich (Bild B).

Um die Messgenauigkeit und Langzeitstabilität zu erhalten, müssen die optischen Komponenten auch bei starker Belastung möglichst sauber gehalten werden.

Der Sensirion-Sensor verfügt über eine einzigartige und patentierte Verschmutzungsresistenz-Technologie. Dadurch wird eine Lebensdauer von mehr als acht Jahren im Dauerbetrieb bei einer Nutzung von 24 Stunden/Tag erreicht.

Der Strömungspfad der Luft ist so ausgebildet, dass die optischen Komponenten immer durch ein Polster aus sauberer Luft geschützt sind. Bild C und Bild D verdeutlichen dieses einzigartige Funktionsprinzip.

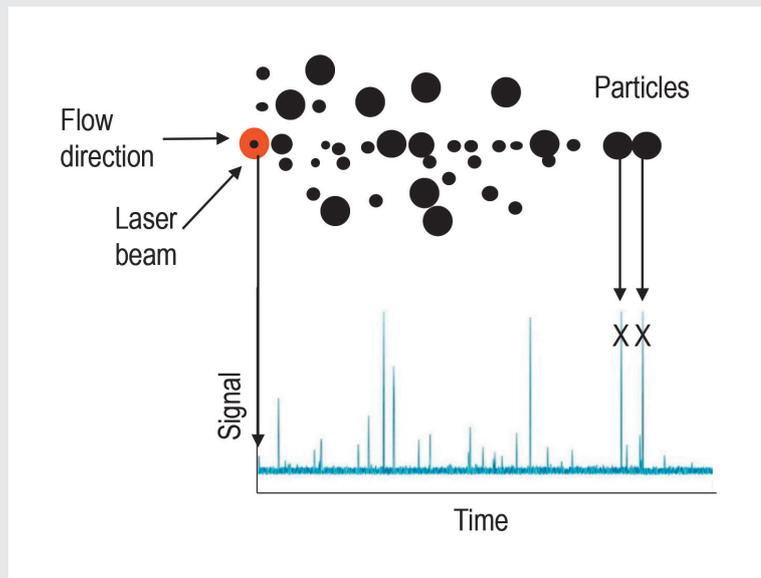


Bild A: Erfassung der Partikel mit fokussiertem Laserstrahl (Quelle: Sensirion)

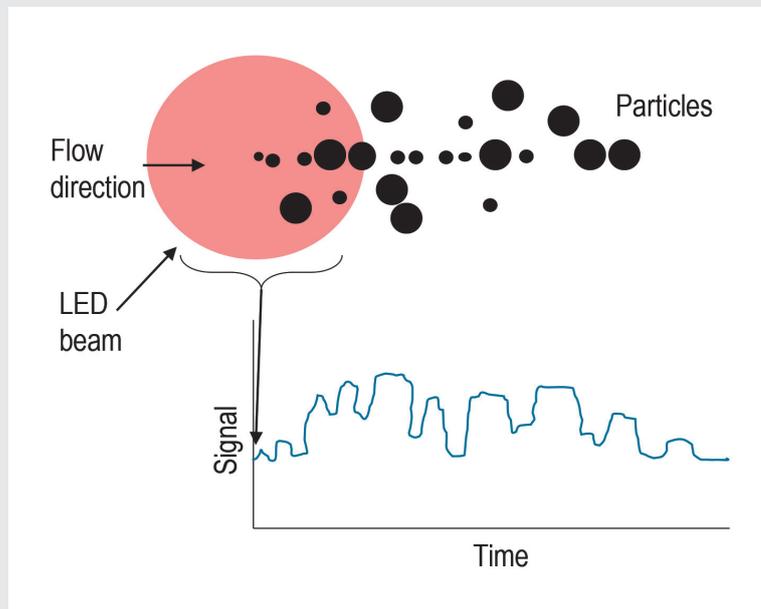


Bild B: Erfassung der Partikel mit LED-Licht (Quelle: Sensirion)

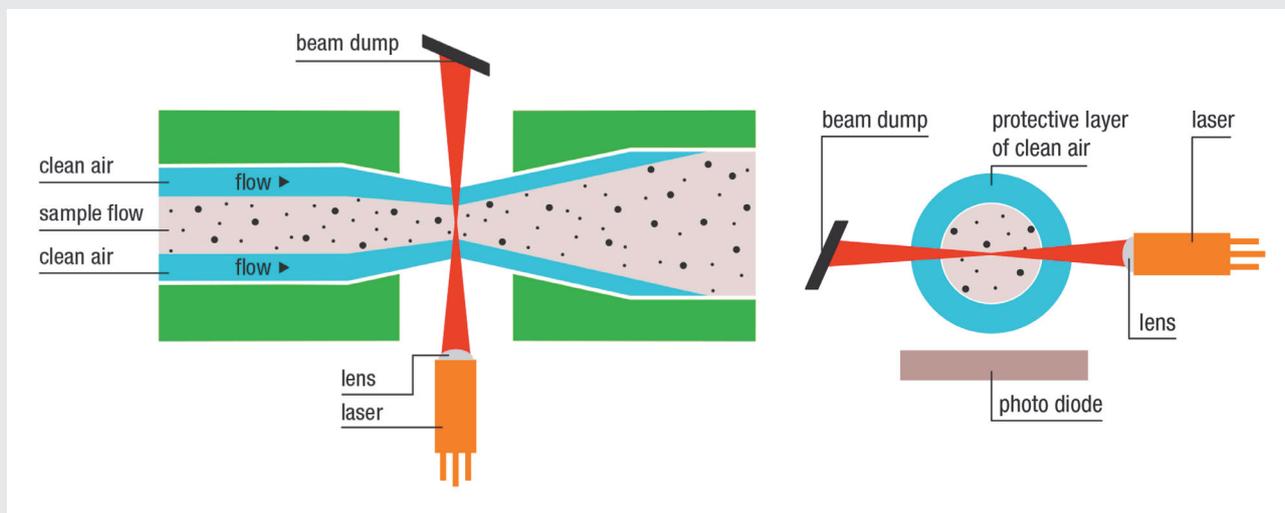


Bild C: Funktionsweise der patentierten Verschmutzungsresistenz-Technologie aus seitlicher Ansicht (Quelle: Sensirion)

Bild D: Luftpolsterschutz der optischen Komponenten vom Lufteintritt aus gesehen (Quelle: Sensirion)

**Schnittstelleneinstellungen:**

Baudrate:	115.200 kbit/s
Datenbytes:	8
Parität:	keine
Stoppzeichen:	1

**Befehlstabelle:**

Befehlscode	Beschreibung
S	Startbefehl für die Liveübertragung im eingestelltem Messraster
J	Startbefehl für die Liveübertragung im „Json“-Format (im eingestelltem Messraster)
E	Übertragung der aktuell gemessenen Daten stoppen
X	Löschen aller aufgezeichneten Messdaten inkl. Reset aller Geräteeinstellungen
D	Löschen aller aufgezeichneten Messdaten
L	Anzahl der aufgezeichneten Messwerte im Gerät auslesen
R	Auslesen aller aufgezeichneten Messwerte
!	Starten des Geräte Bootloaders
V	Auslesen der Firmware-Version
N	Auslesen der Sensorseriennummer des SPS30
A	Auslesen des Intervalls für automatische Sensorelbstreinigung

**Beispiel für eine Ausgabe der Messwerte im „Json“-Format per Liveübertragung:**

Ausgabe	Beschreibung	Einheit
{		
"device": "PM2.5",	Gerätename	
"sps serial": "COA012F92339FEDF",	Sensorseriennummer des SPS30	
"measured values":	Messwerte	
{		
"pm1.0": 4.23,	Massenkonzentration PM1.0	µg/m <sup>3</sup>
"pm2.5": 4.42,	Massenkonzentration PM2.5	µg/m <sup>3</sup>
"pm4.0": 4.42,	Massenkonzentration PM4.0	µg/m <sup>3</sup>
"pm10.0": 4.42,	Massenkonzentration PM10	µg/m <sup>3</sup>
"nc0.5": 29.19,	Partikelkonzentration PM0.5	#/cm <sup>3</sup>
"nc1.0": 33.71,	Partikelkonzentration PM1.0	#/cm <sup>3</sup>
"nc2.5": 33.82,	Partikelkonzentration PM2.5	#/cm <sup>3</sup>
"nc4.0": 33.82,	Partikelkonzentration PM4.0	#/cm <sup>3</sup>
"nc10.0": 33.82,	Partikelkonzentration PM10	#/cm <sup>3</sup>
"tps": 0.47	Typische Partikelgröße	µm
}		
}		



### Sicherheitshinweise zum Umgang mit dem Lithium-Akku des Typs Renata ICP622540PMT im Feinstaub-Messgerät PM2.5:

- Der Akku darf nicht zerlegt, geöffnet oder zerkleinert werden.
- Den Akku ist außerhalb der Reichweite von Kindern aufzubewahren.
- Der Akku darf weder Hitze noch Feuer ausgesetzt werden.
- Die Lagerung des Akkus im direkten Sonnenlicht ist zu vermeiden.
- Der Akku darf nicht kurzgeschlossen werden.
- Der Akku darf nicht gefahrbringend in einer Schachtel oder in einem Schubfach gelagert werden, wo er sich kurz-schließen oder durch andere metallische Objekte kurzgeschlossen werden kann.
- Den Akku nicht vor der Verwendung aus der Originalverpackung nehmen.
- Den Akku keinen mechanischen Stößen aussetzen.
- Bei Undichtheit einer Zelle darf die Flüssigkeit nicht mit der Haut in Berührung kommen oder in die Augen gelangen. Falls es zur Berührung gekommen ist, ist der betroffene Bereich mit reichlich Wasser zu waschen und ärztliche Hilfe in Anspruch zu nehmen.
- Es ist immer auf die richtige Polarität zu achten.
- Den Akku stets sauber und trocken halten. Nur mit einem trockenen, sauberen Tuch reinigen.
- Akkus dürfen nur in solchen Anwendungen eingesetzt werden, für die sie bestimmt sind.
- Akku vorschriftsmäßig entsorgen.
- Das Feinstaub-Messgerät PM2.5 darf nur mit dem Akku vom Typ Renata ICP622540PMT oder einen gleichwertigen vom Hersteller zugelassenen Typ betrieben werden.
- Akkus, die nicht für den Gebrauch mit dem Gerät ausgelegt sind, dürfen nicht verwendet werden.
- Der Akku muss vor dem Gebrauch im PM2.5 geladen werden. Anweisungen für das richtige Laden gemäß Bedienungsanleitung sind stets einzuhalten.
- Die Ladung darf nur im PM2.5 erfolgen. Es dürfen keine anderen Ladegeräte verwendet werden.
- Den Akku nicht über längere Zeit laden, wenn er nicht gebraucht wird.
- Die ursprünglichen Begleitdokumente des Geräts sind für eine zukünftige Bezugnahme aufzubewahren.

## Hinweis zu den vorbestückten Bausatz-Leiterplatten

Sehr geehrter Kunde,

das Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (ElektroG) verbietet (abgesehen von wenigen Ausnahmen) seit dem 1. Juli 2006 u. a. die Verwendung von Blei und bleihaltigen Stoffen mit mehr als 0,1 Gewichtsprozent Blei in der Elektro- und Elektronikproduktion.

Die ELV Produktion wurde daher auf bleifreie Lötzinn-Legierungen umgestellt und sämtliche vorbestückte Leiterplatten sind bleifrei verlötet.

Bleihaltige Lote dürfen im Privatbereich zwar weiterhin verwendet werden, jedoch kann das Mischen von bleifreien- und bleihaltigen Loten auf einer Leiterplatte zu Problemen führen, wenn diese im direkten Kontakt zueinander stehen. Der Schmelzpunkt an der Übergangsstelle kann sich verringern, wenn niedrig schmelzende Metalle, wie Blei oder Wismut, mit bleifreiem Lot vermischt werden. Das unterschiedliche Erstarren kann zum Abheben von Leiterbahnen (Lift-off-Effekt) führen. Des Weiteren kann der Schmelzpunkt dann an der Übergangsstelle unterhalb des Schmelzpunktes von verbleitem Lötzinn liegen. Insbesondere beim Verlöten von Leistungsbau-elementen mit hoher Temperatur ist dies zu beachten.

Wir empfehlen daher beim Aufbau von Bausätzen den Einsatz von bleifreien Loten.

**ELV**

### Entsorgungshinweis

#### **Gerät nicht im Hausmüll entsorgen!**

Elektronische Geräte sind entsprechend der Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte über die örtlichen Sammelstellen für Elektronik-Altgeräte zu entsorgen!



**Verbrauchte Batterien gehören nicht in den Hausmüll! Entsorgen Sie diese in Ihrer örtlichen Batteriesammelstelle!**



Bevollmächtigter des Herstellers:  
**eQ-3** eQ-3 AG · Maiburger Straße 29 · 26789 Leer · Germany