

# Rauchwarnmelder

Teil 3

## Funktionsweise und technologische Besonderheiten

Nach der Beschreibung der Einbaupflicht, der korrekten Montage in unterschiedlichen Räumen und der gesetzlich einzuhaltenden Normanforderungen und Richtlinien kommen wir nun zur technischen Funktionsweise und zu Besonderheiten hochwertiger Rauchwarnmelder.



Trotz der umfangreichen Normen und Vorschriften gibt es bei Rauchwarnmeldern erhebliche Unterschiede, die hochwertige Geräte von Billigprodukten unterscheiden. Hochwertige Produkte wie z. B. die ELV/eQ-3 Produkte mit Q-Label müssen deutlich strengere Prüfkriterien erfüllen. Neben Zusatzfunktionen wie der Möglichkeit zur Einbindung über Funk in ein Smart-Home-System gibt es auch Besonderheiten, die für eine hohe Zuverlässigkeit und Sicherheit sorgen. Diese Besonderheiten sind meistens auf den ersten Blick nicht zu erkennen.

Rauchwarnmelder für Wohnhäuser und Wohnungen arbeiten i. d. R. nach dem optischen Streulichtprinzip, da es für diesen Meldertyp eine ganze Reihe an Rauchmelderchips von unterschiedlichen Herstellern am Markt gibt. Bei diesem Funktionsprinzip bildet die Messkammer (Rauchkammer) aus Kunststoff mit IR-Diode und Fotodiode die optische Messstrecke. Die optische Messstrecke erfordert viel Know-how und ist von der Entwicklungsseite her mit einigen Herausforderungen verbunden, aber letztendlich bei entsprechenden Fertigungsstandards kostengünstig zu produzieren.

### Rauchkammer

Bei einem Blick in die geöffnete Rauchkammer des ELV/eQ-3 Rauchwarnmelders HmLP-SWSD-2 (Bild 1) ist die grundsätzliche Funktionsweise der optischen Messstrecke gut erkennbar. Der Strahlbereich der IR-Sendediode ist so begrenzt, dass keine direkten Reflexe auf die Fotodiode fallen. Zum optischen System gehören die Rauchkammer mit der recht aufwendigen Lamellenstruktur, die IR-Sendediode (a) und die Fotodiode (b).

Für die Messung der Ansprechempfindlichkeit wird von der IR-Sendediode ein kurzer Lichtimpuls von ca. 100  $\mu$ s Länge in die Messkammer (Rauchkammer) abgestrahlt, wobei das Kunststoffelement in der Mitte der Rauchkammer (Abschatter c) dafür sorgt, dass dieses Lichtsignal nicht direkt auf die lichtempfindliche Fläche der Fotodiode gelangt. Da der Abschatter von zentraler Bedeutung ist, sind in diesem Bereich nur sehr geringe Toleranzen zulässig.

Die Lamellenstruktur im Außenbereich der Messkammer hat mehrere Aufgaben. Zum einen muss die Struktur dafür sorgen, dass keine direkten Lichtreflexe auf die Fotodiode gelangen, zum anderen darf kein Fremdlicht von außen in die Messkammer gelangen. Darüber hinaus muss die Lamellenstruktur so ausgelegt sein, dass keine zu große Abhängigkeit der Ansprechempfindlichkeit von der Anströmrichtung entsteht. Ein Ausgleich über die Gehäusestruktur ist nur begrenzt möglich, da die Funktion auch bei unterschiedlicher Luftbewegung noch zuverlässig funktionieren muss.

Letztendlich kommt ohne Rauchpartikel in der Messkammer bei der Fotodiode nur noch ein sehr geringer Anteil des abgestrahlten Lichtimpulses durch Mehrfachreflexionen an den Lamellen und weiteren Strukturen innerhalb der Kammer an. Dieses Signal mit geringer Amplitude wird für den Abgleich und die Verschmutzungskompensation benötigt. Bei den ELV/eQ-3 Rauchwarnmeldern kann durch die Firmware sowohl der Strom der IR-Sendediode als auch die Verstärkung des Signals von der Fotodiode verändert werden. Dadurch kann für das Nutzsignal der bestmögliche Spannungsbereich konfiguriert werden.

Die Sägezahnstruktur im Bodenbereich der Messkammer verhindert, dass Lichtreflexe vom Boden auf die Fotodiode reflektiert werden. Das Gleiche gilt auch für die Sägezahnstruktur im Deckel (Bild 2).

Sobald Rauchpartikel in die Messkammer gelangen, wird das IR-Lichtsignal an den Rauchpartikeln gestreut und das direkt reflektierte Signal gelangt auf die lichtempfindliche Fläche der Fotodiode. Der Ausgangsstrom der Fotodiode steigt somit bei Rauch proportional zur Rauchkonzentration an. Toleranzen der IR-Sendediode, der Fotodiode und der Rauchkammer werden durch einen Abgleichprozess in der Produktion ausgeglichen und dauerhaft gespeichert. Bei Verschmutzung der Messkammer kann der Zustand durch ein höheres Reflexionssignal bei den Mehrfachreflexionen erkannt und kompensiert werden.

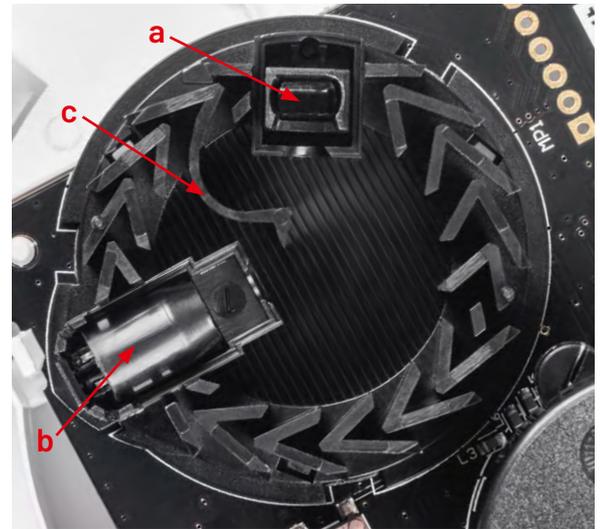


Bild 1: Rauchkammer ohne Deckel mit Blick auf die Fotodiode und die IR-Sendediode

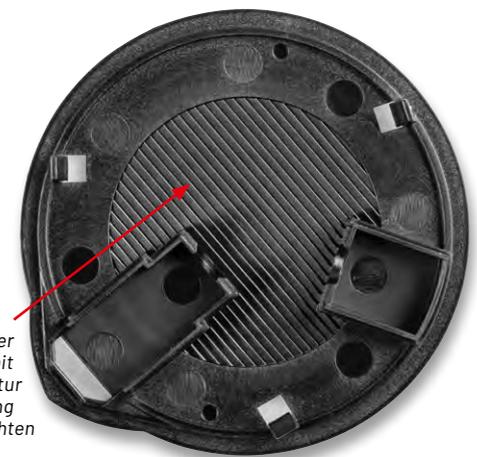


Bild 2: Deckel der Messkammer mit Sägezahnstruktur zur Verhinderung von unerwünschten Lichtreflexen

Da es sich bei der Messkammer um ein sehr empfindliches System handelt, muss das Eindringen von Fremdkörpern in die Messkammer so gut wie möglich verhindert werden. Entsprechend der Produktnorm darf eine Kugel von 1,3 mm Durchmesser nicht in die Messkammer eindringen können. Diese Anforderung wird bei den ELV/eQ-3 Rauchwarnmeldern bereits durch die Lamellenstruktur der Rauchkammer erfüllt. In der Praxis reicht das nicht aus, da das Eindringen von Kleinstinsekten dadurch nicht ausreichend verhindert wird. Da selbst die höheren Q-Label-Anforderungen nicht ausreichen, sind alle ELV/eQ-3 Rauchwarnmelder mit einem feinmaschigen Edelstahl-Insektengitter mit einer Maschenweite von 0,64 mm um die Messkammer (Rauchkammer) herum ausgestattet (Bild 3). Darüber hinaus erfolgt bei den ELV/eQ-3 Geräten durch Mehrfachabfragen des Messsignals eine weitere Unterdrückung von Störungen.



Bild 3: Feinmaschiges, im Ätzverfahren hergestelltes Edelstahl-Insektenschutzgitter um die Rauchkammer herum

Trotz aller Maßnahmen kann es keinen vollständigen Schutz geben, da z. B. eine Mindestmaschenweite erforderlich ist, damit bei unterschiedlichen Luftbewegungen keine zu großen Verzögerungen beim Eindringen der Partikel entstehen dürfen. Bei der Mehrfachabfrage des Messsignals darf auch keine zu große Verzögerung entstehen. Je kleiner die Öffnungen des Schutzgitters sind, desto größer wird die Gefahr, dass diese z. B. durch Flusen verstopft werden können, ohne dass das von außen erkennbar ist.

### Rauchmelderchip

Neben der Rauchkammer mit den optoelektronischen Komponenten ist die Auswertung des von der Fotodiode kommenden Signals entscheidend für die Qualität des Melders. Beim Rauchmelder des Typs HmIP-SWSD-2 kommt ein sehr komplexer Chip der neuesten Generation zum Einsatz. Dieser Baustein verfügt über umfangreiche Konfigurationsmöglichkeiten mithilfe von Registern und ist darüber hinaus komplett über die Firmware des Funk-Rauchwarnmelders HmIP-SWSD-2 steuerbar. Alle Konfigurationen bleiben auch bei einem Spannungsausfall dauerhaft erhalten. Ein großer Vorteil ist, dass bei diesem Baustein kein Abgleich mehr mithilfe eines mechanischen Trimmers erforderlich ist. Durch die Integration aller wichtigen Funktionsgruppen beschränkt sich die erforderliche externe Beschaltung auf ein Minimum.

### Blockschaltbild

Das Blockschaltbild (Bild 4) zeigt vereinfacht die grundsätzliche Schaltungsstruktur des Rauchwarnmelders HmIP-SWSD-2. Neben dem komplexen Rauchmelderchip kommt ein Transceivermodul mit Cortex-M3-Controller zum Einsatz.

Der Cortex-M3-Controller des Funkmoduls setzt die Register des Rauchmelderchips und gibt somit die grundsätzliche Konfiguration zur Rauchmessung vor. Um das Messergebnis im Controller auszuwerten, kann auf einen Abgleich mithilfe eines mechanischen Trimmers komplett verzichtet werden, da die Möglichkeit besteht, das Messsystem über Firmware zu konfigurieren.

Der Rauchmelderchip liefert im normalen Betrieb den gemessenen Rauchkonzentrationswert in Form eines analogen Messwerts zum Cortex-M3-Controller des Funkmoduls.

### Analoges Frontend

Der Strom durch die IR-Sendediode und die Verstärkung des Fotodiode-Verstärkers sind, wie bereits erwähnt, über Register im Rauchmelderchip konfigurierbar. Dadurch kann eine optimale Anpassung an die individuellen Gegebenheiten erfolgen (optimaler Ausgangsspannungsbereich des Fotodiode-Verstärkers).

Das Frontend ist im Rauchmelderchip integriert und eine recht kritische Baugruppe. Zum einen müssen sehr kleine Eingangssignale verarbeitet werden und zum anderen handelt es sich um einen sehr hochohmigen Eingang. Da die optoelektronischen Komponenten üblicherweise eine Temperaturabhängigkeit haben, verfügt der Baustein darüber hinaus über eine konfigurierbare, interne Temperaturkompensation. Sowohl die IR-Sendediode als auch die Fotodiode werden direkt am Chip angeschlossen, ohne dass weitere externe Beschaltungen erforderlich sind. Das sorgt für eine hohe Sicherheit gegen

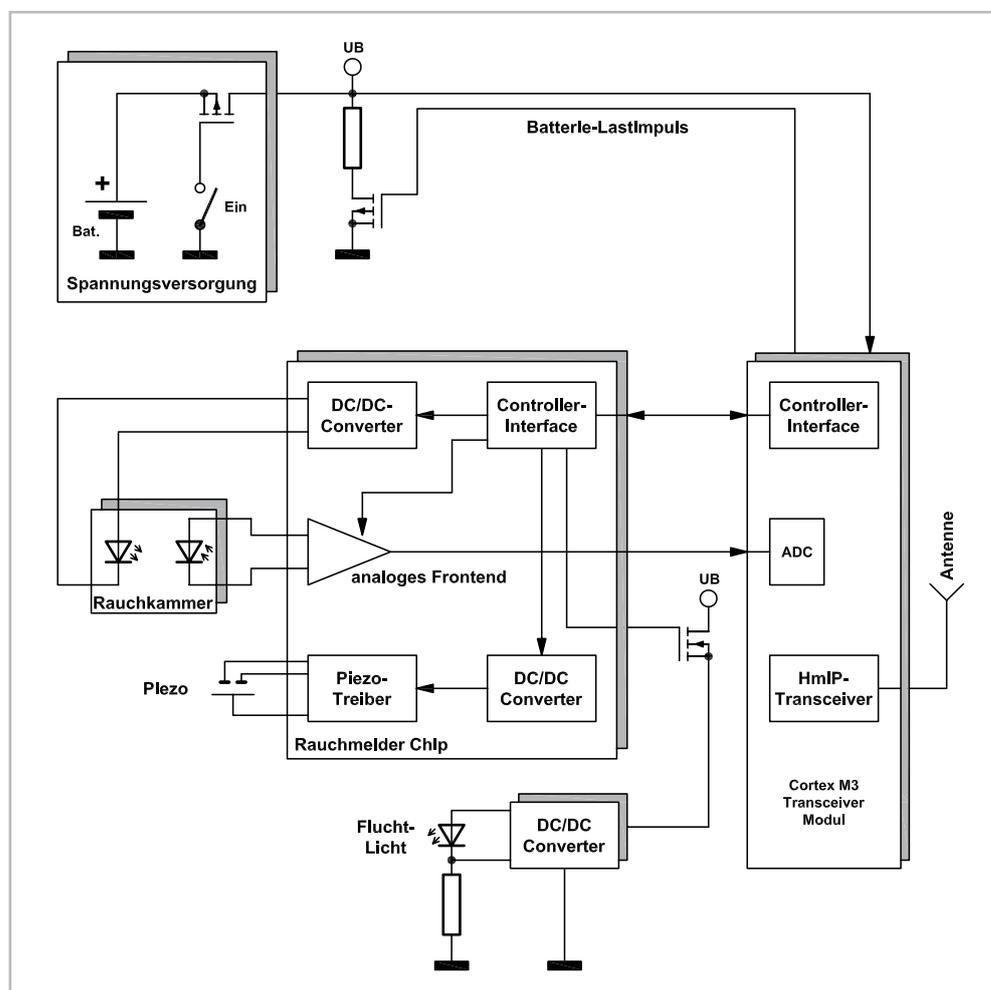


Bild 4: Vereinfachtes Blockschaltbild des Rauchwarnmelders HmIP-SWSD-2

Störbeeinflussungen. Des Weiteren sind bei der Fotodiode kurze Leiterbahnen zum analogen Frontend des Rauchmelderchips wichtig. Daher ist beim HmIP-SWSD-2, wie in Bild 5 zu sehen, der Chip (U3) in unmittelbarer Nähe der Fotodiodenanschlüsse (rote Markierung) positioniert.

**Controller**

Der Cortex-M3-Controller im abgeschirmten Funkmodul (Bild 6) übernimmt die Bewertung des Messsignals anhand einer beim Abgleich des Melders in der Produktion vorgegebenen Alarmschwelle. Über den Controller werden die Register des Rauchmelderchips entsprechend den individuellen Anforderungen konfiguriert. Eine wesentliche Aufgabe des Controllers ist auch die Kommunikation im Smart-Home-System. Auch die Batterieüberwachung (Spannungslage, Innenwiderstand) und die Zuschaltung eines Lastimpulses werden vom Controller übernommen. Im Alarmfall steuert der Cortex-

Controller des Funkmoduls letztendlich auch die Buzzeransteuerung des Rauchmelderchips und aktiviert den DC/DC-Converter für das Fluchtlicht.

**Piezo-Buzzer**

Der Piezo-Buzzer wird direkt vom Rauchmelderchip ohne weitere externe Komponenten angesteuert, da sowohl der Piezotreiber als auch der dafür erforderliche Spannungswandler (DC/DC-Converter) im Rauchmelderchip integriert sind. Beim Piezo handelt es sich um eine Variante mit einem zusätzlichen Feedbackanschluss und somit um ein frequenzbestimmendes Bauteil und eine automatische Einstellung der höchsten Signalamplitude (bei der Resonanzfrequenz). Da die Bestückung des Piezos über federnde Anschlussbeinchen (Bild 7) direkt auf die Leiterplatte erfolgt, besteht im Gegensatz zu verdrahteten Piezos eine wesentlich geringere Ausfallwahrscheinlichkeit. Der Piezo-Buzzer hat einen geringen Einfluss auf die Richtungsabhängigkeit, da unterhalb des Piezos die Strömung zur Rauchkammer sichergestellt ist.

**IR-Sendediode**

Die IR-Sendediode zur Erzeugung des Lichtimpulses innerhalb der Rauchkammer ist ebenfalls direkt am Rauchmelderchip angeschlossen. Ein weiterer, im Rauchmelderchip integrierter Spannungswandler sorgt für den konfigurierten Strom durch die Sendediode, da die Flussspannung der Sendediode oberhalb der Versorgungsspannung liegt.

**Fluchtlicht**

Eine Besonderheit beim HmIP-SWSD-2 ist die Fluchtlichtfunktion (Bild 8) im Alarmfall. Sie bietet dem Nutzer eine Orientierungshilfe im Falle eines Stromausfalls als Folge eines Brands. Diese Schaltungseinheit verfügt über einen eigenen zusätzlichen Spannungswandler, der im Normalfall vollständig abgeschaltet ist. Die Aktivierung erfolgt vom Mikrocontroller über einen Portausgang des Rauchmelderchips.

**Energieversorgung**

Zur Energieversorgung des Rauchwarnmelders HmIP-SWSD-2 kommen zwei Lithium-Mangan-Batterien zum Einsatz, die fest im System verbaut sind und durch den Nutzer nicht ausgewechselt werden können. Sie liefern bei normaler Nutzung des Rauchwarnmelders Energie für mehr als zehn Jahre Dauerbetrieb.

**Batterieüberwachung**

Bei Rauchwarnmeldern gibt es hohe Anforderungen an die Überwachung des Zustands der Batterie, da ein plötzlicher Ausfall unter Umständen unbemerkt bleiben könnte. Daher muss neben der Spannungsüberwachung auch eine Überwachung des Batterieinnenwiderstands erfolgen. Zur Messung des Innenwiderstands wird über den Cortex-Controller mithilfe eines Widerstands ein Lastimpuls zugeschaltet und der Spannungseinbruch zur Ermittlung des Innenwiderstands ausgewertet.

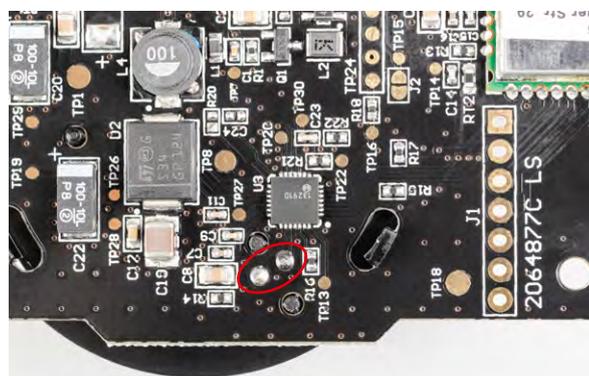


Bild 5: Kurze Leitungen zwischen der Fotodiode und dem Frontend sorgen für eine hohe Störsicherheit.



Bild 6: Das abgeschirmte Transceiver-Funkmodul ist direkt auf die Leiterplatte des Rauchwarnmelders gelötet.



Bild 7: Der Piezo-Buzzer ist über federnde Anschlüsse auf die Leiterplatte gelötet.



Bild 8: Das Fluchtlicht zur Orientierungshilfe bei Stromausfall ist eine Besonderheit der Rauchwarnmelder von ELV/eQ-3.



Bild 9: Eine genau definierte Verlegung der Antenne des Transceivermoduls sorgt für eine reproduzierbare Abstrahlcharakteristik.

### Funkmodul

Das Funkmodul des HmIP-SWSD-2 basiert auf einem CC1310-Transceiver von Texas Instruments (Cortex-M3-Controller). Das Funkmodul ist beim HmIP-SWSD-2 direkt auf die Leiterplatte gelötet und die Antenne genau definiert im Gehäuse geführt (Bild 9). Es bestehen somit immer genau definierte Abstrahl- und Empfangsvoraussetzungen.

### Homematic IP Systeminformationen

Der Rauchwarnmelder HmIP-SWSD-2 (Titelbild) ist Teil des Homematic IP Smart-Home-Systems und kommuniziert über das Homematic IP Funkprotokoll. Die HmIP Geräte können komfortabel und individuell per Smartphone über die Homematic IP App konfiguriert werden, wobei auch die Möglichkeit besteht, Homematic IP Geräte in Verbindung mit vielen Partnerlösungen zu betreiben.

### Homematic IP Funktion des HmIP-SWSD-2

Der HmIP-SWSD-2 arbeitet mit dem bidirektionalen Homematic IP Protokoll. Es können bis zu 40 Geräte in einer Gruppe miteinander vernetzt werden, wobei der HmIP-SWSD-2 vollständig kompatibel zum Vorgängermodell HmIP-SWSD ist. In der Zentraleinheit werden die entsprechenden Informationen angezeigt.

**Rauchmelder und Zubehör**  
finden Sie im ELVshop



[Zu den Produkten](#)

### Funkverbindung im Homematic IP System

Der Rauchwarnmelder HmIP-SWSD-2 ist für den Einsatz im Verbund mit anderen Rauchwarnmeldern desselben Typs konzipiert (HmIP-SWSD-2 oder HmIP-SWSD). In einer Homematic IP Installation (Gerätegruppe) können bis zu 40 Rauchwarnmelder HmIP-SWSD-2 in Kombination mit dem Homematic IP Access Point verwendet werden. HmIP-SWSD Rauchwarnmelder befinden sich immer in der Default-Gruppe.

Bei der Installation der Geräte muss sichergestellt werden, dass sich alle Melder der Gerätegruppe innerhalb der Funkreichweite befinden. Dann wird im Brandfall der Rauchalarm an alle Rauchwarnmelder der entsprechenden Gruppe gesendet und der laute akustische Alarm wird ausgelöst. Zusätzlich zeigt eine rot blinkende LED den Alarmzustand an.

### Inbetriebnahme und Anlernen

Damit die Rauchwarnmelder im System integriert werden und mit anderen Geräten im Homematic IP System kommunizieren können, müssen sie an den Homematic IP Access Point entsprechend der Bedienungsanleitung angelernt werden.

### Funktionstest

Nachdem die Rauchwarnmelder montiert und angelernt wurden, sollte an jedem Gerät ein Funktionstest durchgeführt werden. Dieser Test muss einmal jährlich wiederholt werden.

Der Funktionstest ist unabhängig von der Funkkommunikation und erfolgt durch einen Tastendruck (< 4 s) auf die Bedientaste des entsprechenden Geräts. Während des Tests wird das optische System des Melders überprüft. Wenn der Alarmton drei mal ertönt, die Geräte-LED schnell rot blinkt und das Fluchtlicht für die Dauer des Funktionstests leuchtet, arbeitet der Rauchwarnmelder korrekt. Zu bedenken ist, dass die Rauchererkennung nach dem Funktionstest für 10 min deaktiviert ist.

### Kommunikationstest

Da mit dem Funktionstest nicht die Kommunikation der Geräte untereinander überprüft wird, können die HmIP-SWSD Rauchwarnmelder ein Testfunktionsignal senden. Um die Batterien nicht unnötig zu belasten, sollte dieser Test nicht zu häufig durchgeführt werden. Ein Test nach der Inbetriebnahme und eine jährliche Wiederholung reichen vollkommen aus, sofern keine baulichen Veränderungen vorgenommen wurden, die einen Einfluss auf die Funkkommunikation haben könnten. In diesem Fall ist ein zusätzlicher Kommunikationstest durchzuführen.

### Ausblick

In nächsten Teil der Artikelserie beschreiben wir die Tests von Rauchwarnmeldern und die dafür erforderliche Prüf- und Messtechnik. Neben den entwicklungsbegleitenden Tests gibt es auch hohe Anforderungen im Produktionsprozess, um die Funktionssicherheit zu gewährleisten. Darüber hinaus gehen wir auf Tests und Prüfungen im Zulassungsprozess ein.

**ELV**