

# Richtungsweiser

## ELV Applikationsmodul Lagesensor ELV-AM-LOC

Das kompakte, modulare und äußerst preiswerte ELV Applikationsmodul Lagesensor ELV-AM-LOC ist eine inertielle Messeinheit und dient zur Erfassung von Magnetfeldänderungen und Beschleunigungen. Dabei erfolgt die Messung der eben genannten Werte durch die Auswertung von insgesamt drei Messgrößen auf je drei Achsen. Die Lageänderungen des Moduls lassen sich präzise und äußerst schnell ermitteln. Das Modul ist entweder als Stand-alone-Lösung oder z. B. mit dem beliebten ELV-Modulsystem, einem Arduino oder dem Raspberry Pi verwendbar.

### **i** Infos zum Bausatz ELV-AM-LOC



**Schwierigkeitsgrad:**  
leicht



**Bau-/Inbetriebnahmezeit:**  
ca. 0,25 h



**Besondere Werkzeuge:**  
keine



**Lötterfahrung:**  
nein



**Programmierkenntnisse:**  
nein



**Elektrofachkraft:**  
nein

### Neun Achsen

Ihrer Kreativität sind keine Grenzen gesetzt! Wenn Sie die Entwicklung eines elektronischen Kompasses interessiert oder Sie ein digitales Gyroskop programmieren wollen, ist das ELV-AM-LOC sehr gut dafür geeignet. Auch Versuche hinsichtlich der elektronischen Flugstabilisierung einer selbst gebauten Drohne sind denk- und umsetzbar. Das ELV Applikationsmodul Lagesensor ([Bild 1](#)) bringt Ihnen eine exakte, energieeffiziente und zuverlässige inertielle Messeinheit direkt nach Hause. Durch die Einbindung in ein LoRaWAN®-Netzwerk können Sie Ihre Messwerte auch von abgelegenen Orten empfangen.

Das ELV-AM-LOC ergänzt das ELV-Modulsystem um ein weiteres interessantes Sensormodul. Auf diesem sind zwei MEMS-Sensoren verbaut (MEMS = mikro-elektro-mechanisches System): der BMI270 und der BMM150. Diese liefern – in Kombination – sehr präzise Rückschlüsse bzgl. der Ausrichtung des Moduls, sowohl absolut als auch relativ. Es werden die Beschleunigung in drei Achsen, die Rotationsbeschleunigung um drei Achsen und die Veränderungen im Magnetfeld entlang dreier Achsen gemessen. Dabei erfasst der BMI270 die Werte der Beschleunigung und der Rotationsbeschleunigung. Der BMM150 erfasst die Änderungen im Magnetfeld. Beide Sensoren werden von Bosch

Sensortec hergestellt. Die zugehörigen Datenblätter finden Sie zum Download bei Bosch-Sensortec.com: [BMI270](#) und [BMM150](#).

Durch die Neun-Achsen Messung kann auf verschiedenste Bewegungen reagiert werden. So kann z. B. der Öffnungszustand eines Dreh-Kipp-Fensters festgestellt werden, oder Sie ermitteln die An- bzw. Abwesenheit eines Autos in der Garage. Dabei erfolgt die Anwesenheitserkennung durch die Änderung des lokalen Magnetfelds. Beide Beispiele haben wir für Sie ausgearbeitet, sodass Ihnen der Einarbeitungsstart spielerisch gelingt.

## Messwerte

Die Beschleunigung ist eine Veränderung des Bewegungszustands eines Objekts. Das bedeutet, dass das Objekt schneller oder langsamer wird oder sich die Bewegungsrichtung ändert. Sie tritt immer dann auf, wenn eine Kraft auf ein Objekt wirkt, und wird in der SI-Einheit  $[m/s^2]$  gemessen.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Die Winkelgeschwindigkeit beschreibt die Änderungsrate eines Winkels von einem Objekt zum Ausgangspunkt, wenn dieses sich auf einer Kreisbahn befindet. Die Winkelgeschwindigkeit wird in der Einheit  $[^\circ/s]$  gemessen ( $T$  ist die Kreisperiode, also die Zeit, die das Objekt benötigt, eine volle Umdrehung zu vollziehen).

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Ein Magnetfeld kann durch mehrere Phänomene hervorgerufen werden: Unter anderem durch die Anwesenheit eines Dauermagneten oder eines anderen magnetischen Materials. Aber auch durch elektrischen Strom oder eine Änderung im elektrischen Feld. Ein solches Magnetfeld kann durch die Feldlinien (Bild 2) dargestellt werden, die die Richtung des magnetischen Flusses anzeigen.

Das ELV-AM-LOC misst die Flussdichte des Magnetfelds, das das Modul umgibt, und gibt diese in der Einheit Tesla  $[T]$  an. Wenn sich das Sensormodul in Ruhelage und in Richtung Norden ausgerichtet auf einer ebenen Oberfläche befindet, sollten folgende Messwerte ausgegeben werden: Das integrierte Accelerometer misst in der z-Achse etwa  $-9,81 m/s^2$ , also die Erdbeschleunigung. Das interne Gyroskop misst theoretisch die Erdrotation von  $0,004 ^\circ/s$  in positiver y-Richtung. Dieser Wert ist jedoch zu gering, um vom verwendeten Sensor erkannt zu werden. Das Magnetometer misst etwa  $40 \mu T$  in positiver x-Richtung, was der Stärke des Magnetfelds der Erde entspricht.

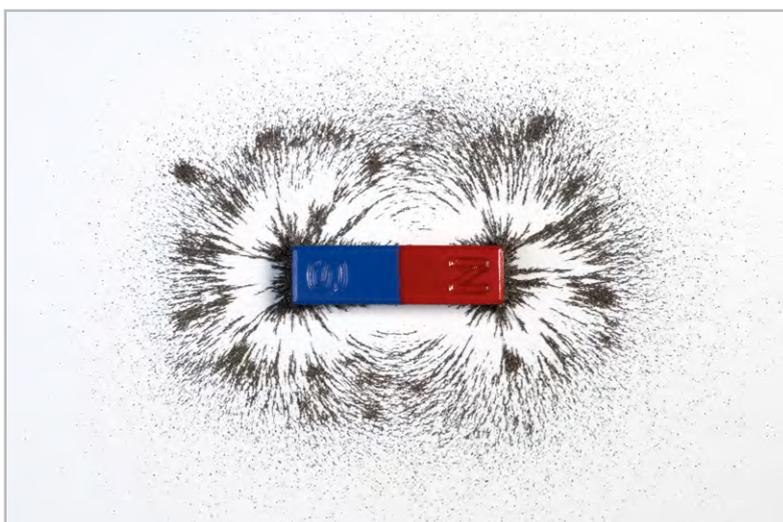


Bild 2: Feldlinien eines Dauermagneten

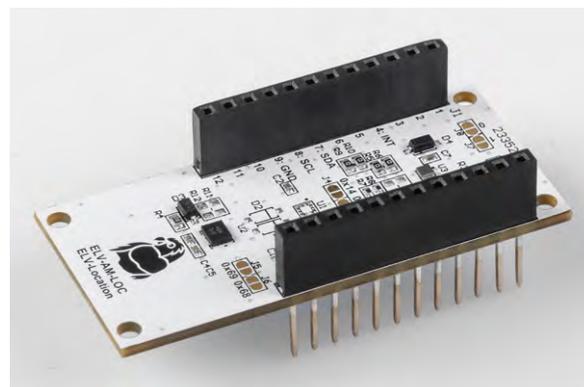


Bild 1: Das ELV Applikationsmodul Lagesensor ELV-AM-LOC

## Inertielle Messeinheit

Eine Kombination aus den zuvor genannten Sensoren nennt man inertielle Messeinheit (kurz IMU – Inertial Measurement Unit) oder einen Neun-Achsen-Sensor. Bei drei der neun Achsen wird die Beschleunigung entlang dieser gemessen. Dadurch kann der erste Rückschluss in Bezug auf die Lage des Sensors gemacht werden. Denn auch wenn der Sensor unbewegt und flach liegt, wirkt immer die Erdbeschleunigung auf ihn. Mithilfe von Vektorrechnung kann der Winkel des Sensors zum Vektor der Erdbeschleunigung berechnet werden. Wenn sich die Lage ändert, der Sensor also eine lineare Beschleunigung oder eine Winkelbeschleunigung erfährt, werden auch die drei Achsen der Rotationsbeschleunigung ausgewertet. Zudem wird eine Messung des lokalen Magnetfelds durch das Magnetometer vorgenommen. So kann eine absolute Ausrichtung bzw. Lage bestimmt werden, unter der Voraussetzung, dass das Magnetfeld sich nicht durch äußere Einflüsse, wie z. B. metallische Gegenstände, geändert hat.

Die Messgrößen Beschleunigung, Winkelbeschleunigung und Magnetfeld können in den zwei ICs der Sensoren stark miniaturisiert werden, da diese auf MEMS-Technik basieren. Bei der Beschleunigung sind gefederte Schwingkörper ins Silizium der Sensoren eingearbeitet, die in alle Richtungen schwingen können (Bild 3). Beim Gyroskop sind diese so angeordnet, dass sie kreisförmig schwingen können. In Kombination mit einem starren Gegenstück funktionieren diese Bauteile wie ein Kondensator.

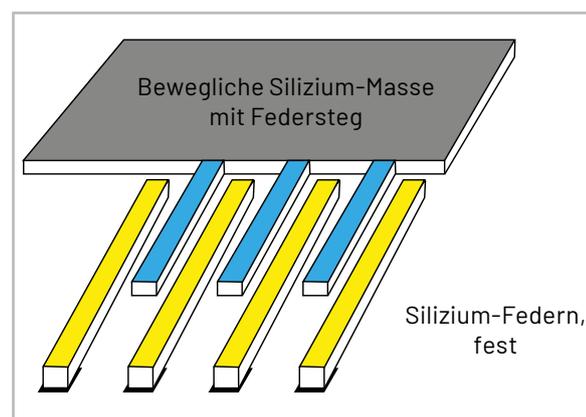


Bild 3: Schematische Darstellung MEMS-Beschleunigungssensor

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

Kondensatorformel:

$\epsilon_0$ : Elektrische Feldkonstante,  $\epsilon_r$ : Elektropermittivität des Mediums,  $A$ : Oberfläche der Kondensatorplatten,  $d$ : Distanz zwischen den Kondensatorplatten

Die elektrische Feldkonstante, die Elektropermittivität und die Fläche der Kondensatorplatten sind gleichbleibend. Nur der Komponentenabstand ist variabel – durch die dynamische Befestigung. Je geringer der Abstand, desto höher die Kapazität des Kondensators.

Um das Magnetfeld zu messen, werden zwei verschiedene Phänomene verwendet. Zum einen der sogenannte „Hall-Effekt“. Hierbei kann man sich eine dünne leitende Platte vorstellen, durch die in eine Richtung ein Gleichstrom fließt (Bild 4).

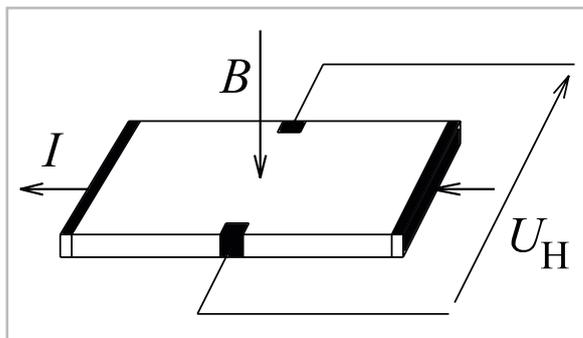


Bild 4: Hall-Effekt

Quelle: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Halleffekt.svg>  
via Wikimedia CommonsSaure, CC BY-SA 3.0

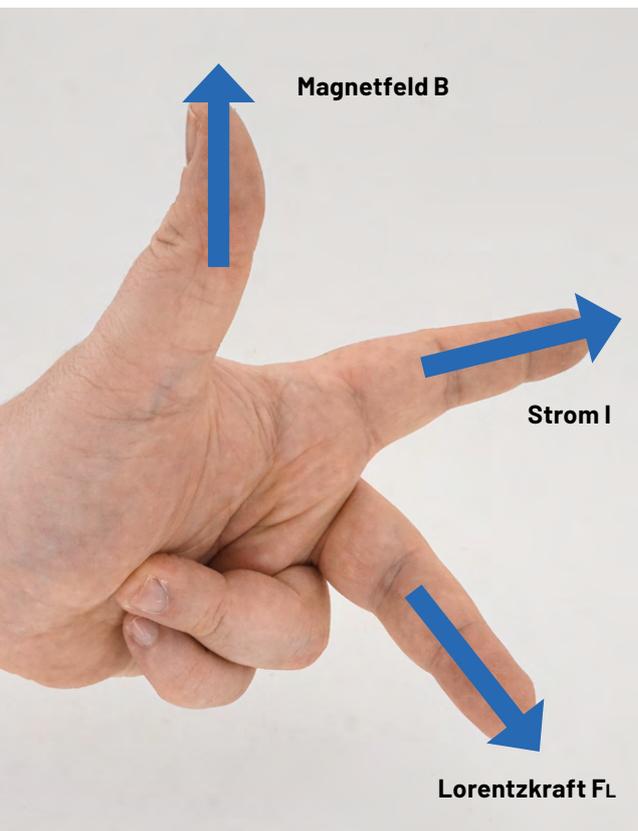


Bild 5: Linke-Hand-Regel

Wenn die Feldlinien des magnetischen Felds senkrecht zu dieser Platte liegen, werden die Elektronen des Gleichstroms aufgrund der Lorentzkraft (Stichwort: Linke-Hand-Regel, Bild 5) in Richtung einer der Kanten abgelenkt, die parallel zur Stromrichtung liegen. Das führt zu einer negativen Ladungskonzentration an einer der Kanten. Wenn an beiden Kanten gemessen wird, kann ein Potentialunterschied, also eine Spannung festgestellt werden. Diese Spannung variiert mit der Stärke des Magnetfelds und auch mit der Ausrichtung der Feldlinien an der Platte und wird Hall-Spannung genannt. Im verwendeten Magnetometer wird so die Magnetfeldstärke in z-Richtung gemessen.

$$U_H = A_H \cdot \frac{I \cdot B}{d}$$

Für die anderen beiden Achsen wird zum anderen eine Technologie namens „Flux Gate“ verwendet (Bild 6).

Hierbei wird, ähnlich wie bei einem Transformator, eine Spule um einen Kern gewickelt und mit Wechselspannung versorgt. Dadurch entsteht ein pulsierendes Magnetfeld, das ständig die Richtung der Feldlinien ändert, sodass der Kern in die Sättigung getrieben wird. Diese Änderungen induzieren eine Spannungsspitze in einer weiteren Spule, wenn die Spannung innerhalb der Erregerspule einen Nulldurchgang hat, weil die Feldlinien sich an diesem Zeitpunkt am schnellsten bewegen. Wenn jetzt die Feldlinien parallel zu einem externen Magnetfeld wie dem der Erde verlaufen, wird die Sättigung in einer Halbperiode schneller erreicht, und in der darauffolgenden langsamer, da nicht nur Parallelität, sondern auch die Richtung der Feldlinien einen Einfluss auf die Messung hat. Dies führt zu einem Gleichstromanteil im Signal der Senserspule, der proportional zu der gemessenen magnetischen Flussdichte ist. So kann erkannt werden, in welche Himmelsrichtung der Sensor ausgerichtet ist oder ob sich Objekte in der Nähe des Sensors befinden, die das Magnetfeld beeinflussen.

## Schaltung

Das Schaltbild des ELV Applikationsmoduls Lagesensor ist in Bild 7 zu sehen. Kernelemente des ELV-AM-LOC sind die beiden digitalen Sensoren BMI270 (U2) und BMM150 (U3), die über die Stift-/Buchsenleiste J1 per I<sup>2</sup>C-Bus mit dem Basismodul verbunden sind. Um korrekte Signalformen zu gewährleisten, ist für die Takt- und die Datenleitung je ein Pull-up-Widerstand (R7 und R8) verbaut. Die Spannungsversorgung der Sensoren verläuft über den +VDD-Pin des Basismoduls. Um Spannungsspitzen auszugleichen, werden für die Sensoren je zwei 100-nF-Glättungskondensatoren verwendet. Das Sensormodul kann so konfiguriert werden, dass die Sensoren Interrupts auslösen. Die dazugehörigen Leitungen sind mit den Dioden D3, D4 und D5 geschützt.

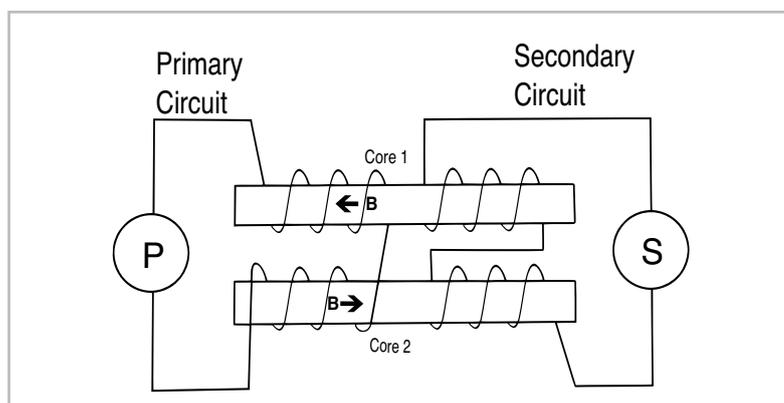
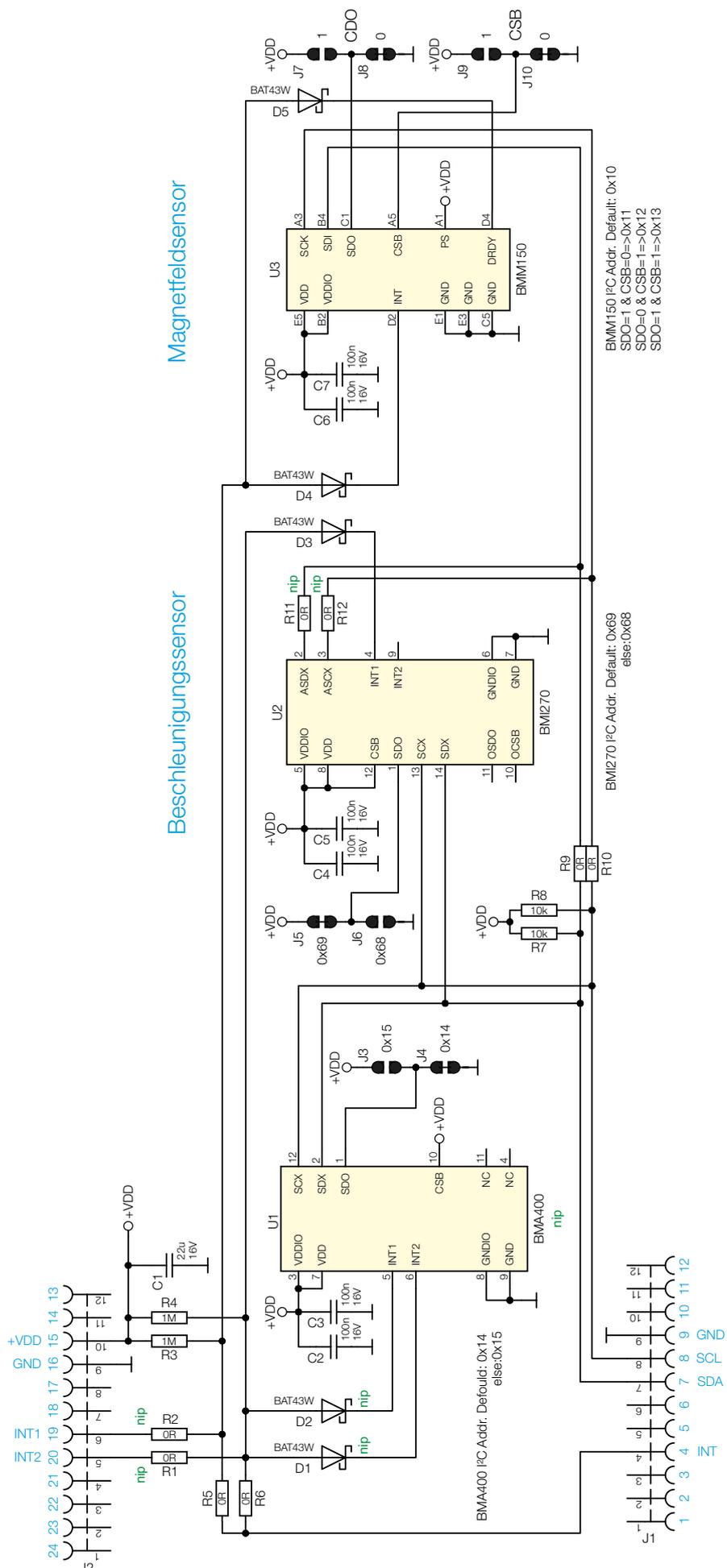


Bild 6: Fluxgate-Sensor

(Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Magnetometro\\_fluxgate.svg#file](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Magnetometro_fluxgate.svg#file)  
via Wikimedia Commons)



Magnetfeldsensor

Beschleunigungssensor

BMM150 I2C Addr: Default: 0x10  
SDO=1 & CSB=0->0x11  
SDO=0 & CSB=1->0x12  
SDO=1 & CSB=1->0x13

BMI270 I2C Addr: Default: 0x69  
else:0x68

BMA400 I2C Addr: Default: 0x14  
else:0x15

Bild 7: Das Schaltbild des ELV Applikationsmodul Lagesensors ELV-AM-LOC

Stückliste

**Widerstände:**  
 0 Ω/SMD/0603 R5, R6, R9, R10  
 10 kΩ/SMD/0402 R7, R8  
 1 MΩ/SMD/0402 R3, R4

**Kondensatoren:**  
 100 nF/16 V/SMD/0402 C2-C7  
 22 µF/16 V/SMD/1206 C1

**Halbleiter:**  
 BAT43W/SMD D3-D5  
 BMI270 U2  
 BMM150 U3

**Sonstiges:**  
 Buchsenleiste 1x 12-polig, Pinlänge 10 mm, gerade J1, J2

Nachbau

Das ELV-AM-LOC ist fertig aufgebaut, und es sind keine Lötarbeiten notwendig. Lediglich bei Änderung der I2C-Adressen der Sensoren sind die Lötjumper J5 bis J10 mit einem LötKolben und Lötzinn entsprechend zu konfigurieren.

Die Adresse des BMM150 hat vier Konfigurationsmöglichkeiten:

CDO	1	0	1	0
CSB	1	0	1	0
I2C-Adresse	0x13	0x12	0x11	0x10

Die Platinenfotos und die zugehörigen Bestückungsdrucke sind in Bild 8 zu sehen.

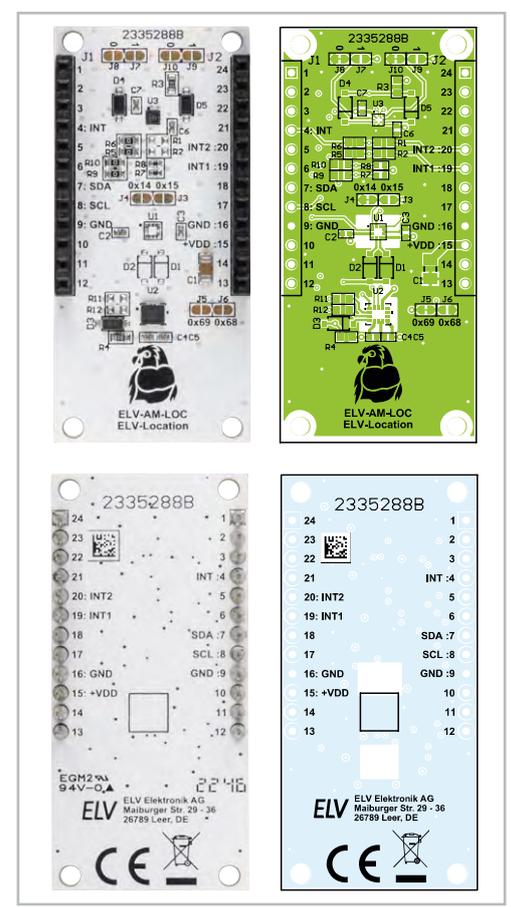


Bild 8: Platinenfotos und Bestückungsdrucke

## Inbetriebnahme

Um das ELV-Applikationsmodul Lagesensor in Betrieb zu nehmen, wird das Gerät auf ein ELV-LW-Base-Modul und optional ein Powermodul gesteckt. Die ELV-LW-Base wird danach mit der Firmware, die im Downloadbereich der [Produktseite](#) zur Verfügung steht, geflasht. Das notwendige Tool und eine Schritt-für-Schritt-Anleitung für diesen Vorgang sind im Downloadbereich der Produktseite zur [ELV-LW-Base](#) zu finden.

Nach dem Flashen und dem Trennen der Versorgungsspannung sowie dem erneuten Anstecken an die USB-Spannungsversorgung bzw. die Spannungsversorgung eines Powermoduls (aus dem ELV-Modulsystem) beginnt das Gerät direkt mit dem Anlernprozess für die Lagebestimmung.

## Betriebsmodi

Das ELV-AM-LOC hat drei Betriebsmodi. Nach einem Anlernprozess, welcher per LoRaWAN®-Downlink angestoßen wird, kann erkannt werden, ob ein Fenster, an dem das Gerät befestigt wurde, gekippt, geschlossen oder geöffnet wurde.

Wenn es von Relevanz ist, wie weit ein Fenster geöffnet wurde, kann der Modus „Öffnung“ verwendet werden. Hierbei wird auch einmal die Lage des Geräts bei geöffnetem und geschlossenem Fenster angelernt. Wenn der Öffnungsgrad des Fensters sich verändert, wird eine LoRaWAN®-Nachricht abgeschickt.

Ein weiterer Betriebsmodus steht nach einer Kalibrierung zur Verfügung. Hierbei sind nur Messwerte aus dem Magnetometer relevant. Es werden Än-

derungen im Magnetfeld angezeigt, wie sie z. B. entstehen, wenn große metallische Gegenstände (wie z. B. Autos) im Umfeld des Sensors eine Bewegung erfahren.

Beim letzten Betriebsmodus wird der Magnetfeldsensor deaktiviert. Das Modul reagiert dann ausschließlich auf Erschütterungen oder Rotationen.

## Kalibrierung

Vor der Nutzung an einem neuen Aufstellungsort muss der Magnetfeldsensor einmalig kalibriert werden. Hierzu wird das Gerät per LoRaWAN®-Downlink in den Anlernmodus versetzt ([siehe Tabelle 1](#)). Wenn der Prozess gestartet ist, beginnt die Duo-LED der ELV-LW-Base für 10 Sekunden orange zu blinken. Dies ist eine Aufforderung, sich für die Kalibrierung bereitzuhalten. Wenn das orangefarbene Blinken in ein grünes Leuchten übergeht, muss das Gerät durch die Luft bewegt werden. Zeichnen Sie dazu, mit dem Gerät in der Hand, eine liegende acht nach. Ein Video der Bewegung ist bei [Youtube](#) zu finden.

Wenn die Kalibrierung vollständig erfolgt ist, erlischt die grüne LED und das Gerät kann befestigt werden.

## Anlernprozesse

Je nach Gerätemodus muss die entsprechende Situation an das Gerät angelernt werden.

Im **Fenstermodus** beginnt der Sensor zunächst mit orangefarbenem Blinken. Das erste Blinken ist die Aufforderung dazu, das Fenster zu schließen. Nachdem das Fenster geschlossen wurde, beginnt das Gerät mit der Messung der Daten, also der geschlossenen Fensterposition. Dies wird durch das Aufblinken der grünen LED angezeigt.

Wenn der Messvorgang beendet ist, beginnt die grüne LED statisch zu leuchten. Ist dies der Fall, können Sie sich darauf vorbereiten, das Fenster zu öffnen. Wenn die grüne LED erneut zu blinken beginnt, muss das Fenster in einer fließenden Bewegung und vollständig (zu 100 Prozent) geöffnet werden.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	Default		
Byte 0	0x12								Device ID		
ParameterID 0x00	0x00: Beschleunigungs- und Rotationsmelder, 0x01: Fensterstandsmelder, 0x02: Magnetfeldsensor								Betriebsmodus	0x00 (9-Axis-Mode)	
ParameterID 0x01	0x00 - 0xFE * 0,1 µT								Toleranz (Magnetometer)	0x7 (0,7 µT)	
ParameterID 0x02	0x00 - 0xFF * 1 min								Maximale Zeit zwischen Uplinks	0x05 (5 min)	
ParameterID 0x03	0x00 - 0xFF * 1 mg								Schwellwert Beschleunigungssensor	0x0F (15 mg)	
ParameterID 0x04	0x00 - 0xFF * 1 µT								Schwellwert Magnetfeldsensor	0x64 (100 µT)	
ParameterID 0x05	0x69 oder 0x68								I <sup>2</sup> C-Adresse Inertialsensor	0x69	
ParameterID 0x06	0x10 - 0x13								I <sup>2</sup> C-Adresse Magnetfeldsensor	0x10	
ParameterID 0x07	0x00: ± 2 g, 0x01: ± 4 g, 0x02: ± 8 g, 0x03: ± 16 g								Messbereich Accelerometer	0x00 (± 2 g)	
ParameterID 0x08	0x00: ± 2000 °/s, 0x01: ± 1000 °/s, 0x02: ± 500 °/s, 0x03: ± 250 °/s, 0x04: ± 125 °/s								Messbereich Gyrosensor	0x04 (125 °/s)	
ParameterID 0x09	0x01 - 0xff * 30 Sekunden, 0x00: keine zyklischen Messungen								Messintervall Magnetfeldsensor	0x3C (30 min)	
ParameterID 0x0A									LED 0 = deaktiviert 1 = aktiviert	LED aktiv	0x00
ParameterID 0x0B	0x01: 0,78 Hz, 0x02: 1,56 Hz, 0x03: 3,12 Hz, 0x04: 6,25 Hz, 0x05: 12,5 Hz, 0x06: 25 Hz, 0x07: 50 Hz, 0x08: 100 Hz, 0x09: 200 Hz, 0x0A: 400 Hz, 0x0B: 800 Hz, 0x0C: 1600 Hz								Messfrequenz Accelerometer	0x04 (6,25 Hz)	
ParameterID 0x0C	0x00: 10 Hz, 0x01: 2 Hz, 0x02: 6 Hz, 0x03: 8 Hz, 0x04: 15 Hz, 0x05: 20 Hz, 0x06: 25 Hz, 0x07: 30 Hz								Messfrequenz Magnetfeldsensor	0x01 (2 Hz)	
ParameterID 0x0D	0x00: Keine Aktion, 0x01: Magnetfeldsensor Kalibrieren, 0x02: Positionen anlernen								Anlern- oder Kalibrierungsprozess starten	0x00 (keine Aktion)	
ParameterID 0x0E	0x00: keine Aktion, 0x01: Reset, 0x02: Werksreset								Reset Action	0x00 (keine Aktion)	

Nachdem die in dieser Messung aufgenommenen Messwerte verarbeitet wurden, blinkt die Duo-LED der ELV-LW-Base erneut orange.

Falls sich während der Berechnungszeit das Fenster durch Luftzug oder andere Einflüsse von der Endposition wegbewegt hat, kann das Fenster nun wieder auf die „geöffnet“-Position gebracht werden. Sobald das orangefarbene Blinken wieder in ein grünes Blinken übergeht, darf das Fenster für eine kurze Zeit nicht berührt werden, da ansonsten die Messwerte verfälscht werden.

Nach der Messung und Verarbeitung der Daten wird noch eine letzte Position abgefragt. Während das Gerät orange blinkt, wird das Fenster gekippt. Nach 10 Sekunden werden auch an dieser Position Messwerte aufgenommen.

Bei manchen Fenstern kann es passieren, dass sich die Messwerte der gekippten und geschlossenen Position zu sehr ähneln, als dass sie unterscheidbar sind. Dies wird mit einem roten Leuchten der LED quittiert. Wenn dies der Fall ist, kann eine Neukalibrierung des Magnetfeldsensors Abhilfe schaffen oder ein Wechsel des Betriebsmodus. Der Prozess ist in [Bild 9](#) visuell dargestellt.

Der Anlernprozess des **Magnetometer-Modus** ist sehr ähnlich. Zunächst blinkt die Duo-LED der ELV-LW-Base für eine Minute orange. In dieser Zeit kann das Fahrzeug, die Werkzeugkiste oder der Sensor auf die erste Position gebracht werden. Danach wird dieser Zustand angelernt, erkennbar am grünen Blinken. Nach dem Anlernen der ersten Position beginnt die Duo-LED erneut orange zu blinken. Ab jetzt ist eine weitere Minute Zeit, um eine zweite Situation zu schaffen, welche angelernt werden soll. Das Fahrzeug kann von dem Stellplatz entfernt werden, die Werkzeugkiste umgestellt oder der Sensor auf eine andere Position gebracht werden. Nach dieser Umstellungszeit werden erneut Messungen gemacht. Hierbei blinkt wieder die grüne LED. Das erfolgreiche Anlernen wird mit einem langen Leuchten der grünen LED quittiert. Dieser Prozess kann in [Bild 10](#) nachvollzogen werden.

## The Things Network (TTN)

Um die gesendeten Werte zu empfangen, muss das Gerät im The Things Network angemeldet und der Payload-Parser eingebunden werden.

Alle Informationen hierzu kann man im [Grundlagenartikel der ELV-LW-Base](#) im Downloadbereich der Produktseite finden.

## Payloads

### Downlink Payload:

Die Payload hat eine variable Größe. Das erste Byte enthält immer die Device ID 0x12. Danach werden Byte-Paare, sogenannte Tupel, übertragen. Im ersten Byte eines Paares steht die Parameter-ID des zu ändernden Parameters, während im zweiten Byte des Paares der Wert des entsprechenden Parameters steht. So müssen nicht alle Parameter übertragen werden, wenn nur einer geändert werden soll.

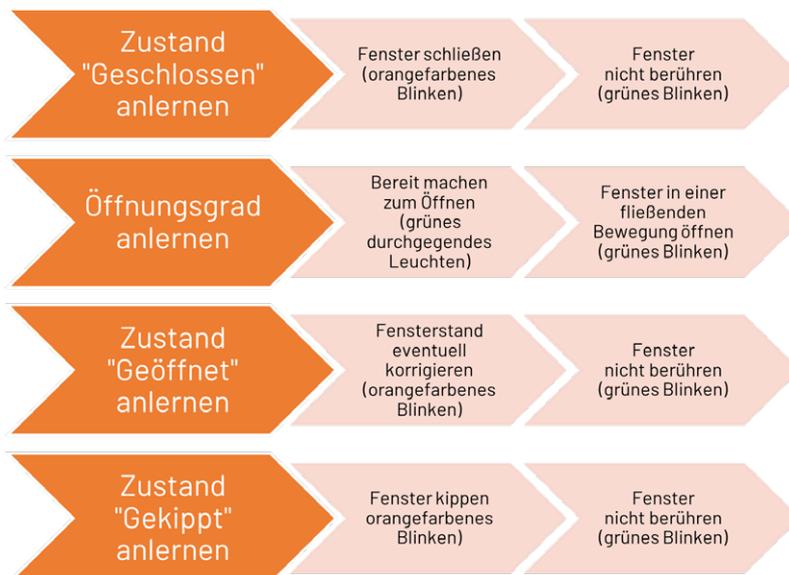


Bild 9: Anlernprozess Fenstermodus



Bild 10: Anlernprozess Magnetfeldsensor

**Parameter 0x00:** Dieses Parametertupel enthält die Konfiguration des Gerätemodus. Ein Wert von 0x00 steht für die Verwendung des Geräts als reiner Beschleunigungs- und Rotationsmelder. Bei 0x01 ist das Gerät als Fenstersensor konfiguriert und bei 0x02 als Magnetfeldsensor.

**Parameter 0x01:** Dieses Parameterpaar enthält die Toleranz, mit der die Messungen des Magnetfeldsensors miteinander verglichen werden.

**Parameter 0x02:** Hier wird die maximale Zeit zwischen zwei Uplink-Paketten definiert. Dieser Timer wird immer wieder zurückgesetzt, wenn ein Paket gesendet wird. Wenn dieser Timer abgelaufen ist, wird ein Paket mit dem aktuellen Status gesendet.

**Parameter 0x03:** Hier kann der Schwellwert des Accelerometers definiert werden, d. h., welcher Beschleunigung das Gerät aktiviert wird.

**Parameter 0x04:** Analog zu Parameter 0x03 kann hier auch ein Schwellwert für den Magnetfeldsensor definiert werden, ab welchem eine Uplink-Nachricht losgeschickt werden soll.

**Parameter 0x05:** Auf der Platine sind die Lötbrücken J5 und J6 zuständig für die Konfiguration der I<sup>2</sup>C-Adresse des Inertialsensors. Diese ist ab Werk auf 0x69 konfiguriert. Wenn diese geändert werden soll, muss die Verbindung zwischen den beiden Pads an J5 mit einem Messer oder Ähnlichem aufgetrennt werden. Danach kann die Verbindung nach Belieben mithilfe von Lötzinn überbrückt werden. Wenn J6 überbrückt ist, hat die IMU eine I<sup>2</sup>C-Adresse von 0x68, bei Überbrückung von J6 wird die Adresse wieder auf 0x69 zurückgesetzt. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass ein Kurzschluss entsteht, wenn beide Jumper gleichzeitig überbrückt sind. Ebenso funktioniert das Gerät nicht, wenn beide Brücken gleichzeitig offen sind.

**Parameter 0x06:** Analog zu Parameter 0x05 kann auch die I<sup>2</sup>C-Adresse des Magnetfeldsensors konfiguriert werden. Hierbei gibt es vier Varia-

tionen, die über eine Kombination aus zwei Jumperpaaren konfigurierbar sind.

Konfiguration der Lötbrücken		I <sup>2</sup> C-Adresse Magnetfeldsensor
J7 geschlossen	J9 geschlossen	0x13
	J10 geschlossen	0x12
J8 geschlossen	J9 geschlossen	0x11
	J10 geschlossen	0x10 (Standardwert)

Auch hier ist wieder zu beachten, dass J7 und J8 niemals gleichzeitig geschlossen oder geöffnet sein dürfen. Dasselbe gilt für J9 und J10.

**Parameter 0x07:** Mithilfe dieses Parameters wird der Messbereich des Beschleunigungssensors eingestellt. Ein weiterer Messbereich erlaubt es dem Sensor, größere Beschleunigungen zu messen, allerdings zulasten der Messgenauigkeit.

**Parameter 0x08:** Analog zu Parameter 0x07 wird mithilfe dieses Parametertupels der Messbereich des Gyrosensors eingestellt.

**Parameter 0x09:** Mithilfe dieses Parameters kann eingestellt werden, wie oft im Betriebsmodus „Magnetfeldsensor“ eine Messung gemacht wird. Hierbei ist zu beachten: Je öfter gemessen wird, desto höher ist der Energieverbrauch des Moduls und desto kürzer die Lebensdauer der verwendeten Batterie.

**Parameter 0x0A:** Hier können, ebenfalls um Strom zu sparen, die Lichtsignale der LED deaktiviert werden.

**Parameter 0x0B:** In diesem Tupel wird die Messfrequenz des Beschleunigungssensors bestimmt. Je öfter gemessen wird, desto präziser kann auf Erschütterungen reagiert werden, aber eine höhere Frequenz sorgt für höheren Energiebedarf.

**Parameter 0x0C:** Dieses Parametertupel enthält die Frequenz, mit der der Magnetfeldsensor bei längeren Messungen misst, beispielsweise beim Kalibrieren oder beim Anlernen von Positionen. Hier gilt auch, je höher die Frequenz, desto höher der Energiebedarf.

**Parameter 0x0D:** Über diesen Parameter können die Kalibrierungs- und Anlernprozesse gestartet werden. Wenn in diesem Parameter ein Wert von 0x01 übermittelt wird, beginnt bei Empfang des Downlink-Paketes der oben beschriebene Kalibrierprozess des Magnetfeldsensors. Bei Übertragung von 0x02 wird der Anlernprozess gestartet.

**Parameter 0x0E:** Mithilfe dieses Parameters kann das Gerät aus der Ferne zurückgesetzt werden. Bei Übertragung von 0x01 in diesem Tupel wird ein Reset durchgeführt. Bei Übertragung von 0x02 wird das Gerät auf den Werkzustand zurückgesetzt.

Beispiel: Das Gerät ist aktuell mit den Werkseinstellungen konfiguriert. Wenn das Gerät nun in den Metall-Erkennungsmodus gebracht werden soll, muss folgende Payload gesendet werden:

12 00 02 09 02 0D 01

Mit dem Tupel 00 02 wird der Gerätemodus in den Magnetfeldsensormodus versetzt. Das Tupel 09 02 konfiguriert den Magnetfeldsensor so, dass jede Minute eine Messung gemacht wird, und mit 0D 01 wird der oben beschriebene Kalibriervorgang gestartet.

Wenn dieser Kalibriervorgang erfolgreich beendet wurde, kann eine weitere Downlink-Payload mit dem Inhalt 12 0D 02 gesendet werden. Diese startet den Anlernprozess.

### Uplink-Payload

Die Uplink-Payload besteht aus 7 Byte (Tabelle 2 bis 2.3). Je nachdem, welcher Gerätemodus im Downlink konfiguriert wurde (Parameter-ID 0x00), wird an diesen Header ein anderer Datentyp angehängt.

Wenn der Modus „Magnetometer deaktiviert“ gewählt wurde, werden Daten in dem in Tabelle 2.1 beschriebenen Format an die Upload-Payload angehängt. Beim Modus „Fensterstandsmelder“ werden Daten im Format wie in Tabelle 2.2 angehängt und im Modus „Magnetfeldsensor“ wie in Tabelle 2.3.

### Uplink-Payload

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Byte 0	TX_REASON							
Byte 1	Reserved							
Byte 2	Reserved							
Byte 3	Versorgungsspannung (High Byte)							
Byte 4	Versorgungsspannung (Low Byte)							

Tabelle 2

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Byte 5	Datentyp 0x14: 6-Achsen-Daten							
Byte 6	Reserved	Reserved	Schwellwert der z-Achse des Gyroskops überschritten	Schwellwert der y-Achse des Gyroskops überschritten	Schwellwert der x-Achse des Gyroskops überschritten	Schwellwert der z-Achse des Accelerometers überschritten	Schwellwert der y-Achse des Accelerometers überschritten	Schwellwert der x-Achse des Accelerometers überschritten

Tabelle 2.1

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Byte 5	Datentyp 0x15: Fensterstand							
Byte 6	0-100: Öffnungsgrad des Fensters in %, 101-254: Reserved, 255: Fenster gekippt							

Tab. 2.2

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Byte 5	Datentyp 0x16: Magnetfelddaten							
Byte 6	0-100: lineare Interpolation zwischen den beiden angelernten Situationen							

Tab. 2.3

## Anwendungsbeispiele

Um das ELV Applikationsmodul Lagesensor ELV-AM-LOC als Fenster-sensor einzusetzen (Bild 11), muss es zunächst in den Fenstermodus versetzt werden. Das bedeutet, eine initiale Downlink-Payload muss das Tupel **00 01** enthalten. Ebenfalls ist ein Sendeintervall von maximal zwei Stunden gewünscht. Dazu ist das Tupel **02 78** notwendig.

Ein Aufleuchten der LED beim Senden und Empfangen ist ebenfalls erwünscht: **0A 01**. Zuletzt muss noch der Anlernprozess des Fenster-sensors gestartet werden. Hierfür wird noch **0D 02** an die Payload angehängt. Die Gesamtpayload lautet also **12 00 01 02 78 0A 01 0D 02**.

Beim nächsten Senden des Geräts, was durch einen Knopfdruck erzwungen werden kann, wird diese Downlink-Payload nun empfangen.

Nach Beendigung des Anlernprozesses wird alle zwei Stunden ein Paket mit dem Inhalt des Fensterstands per LoRaWAN® versendet.

Um das Gerät als Kfz-Detektor zu verwenden, kann das Gerät mit den oben genannten Beispieldaten (**12 00 02 09 02 0D 01**) konfiguriert werden. In den Vorbereitungszeitfenstern des Anlernvorgangs kann dann für Position 1 zunächst der leere Stellplatz angelernt werden. Für Position 2 kann das Fahrzeug auf den Stellplatz geparkt werden. Wenn das Gerät auf diese Weise konfiguriert wurde, wird regelmäßig zu den eingestellten Intervallen eine Nachricht über den Zustand des Stellplatzes per LoRaWAN® verschickt. Das Entfernen oder Abstellen des Fahrzeugs auf dem Parkplatz löst ebenfalls eine solche Kommunikation aus. **ELV**

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung:	ELV-AM-LOC
Versorgungsspannung:	1,8-3,6 V
Sensormessbereiche:	
Magnetfeld x-, y-Achse:	±1200 µT
Magnetfeld z-Achse:	±3500 µT
Accelerometer:	± 2 g, ±4 g, ± 8 g oder ± 16 g
Gyroskop:	125 °/s, 250 °/s, 500 °/s, 1000 °/s, 2000 °/s
Stromaufnahme:	
Ruhezustand:	3,5 µA + 1 µA
Messbetrieb:	max. 970 µA + 170 µA
Umgebungstemperatur:	5-35 °C
Abmessungen (B x H x T):	55 x 26 x 19 mm
Gewicht:	9 g

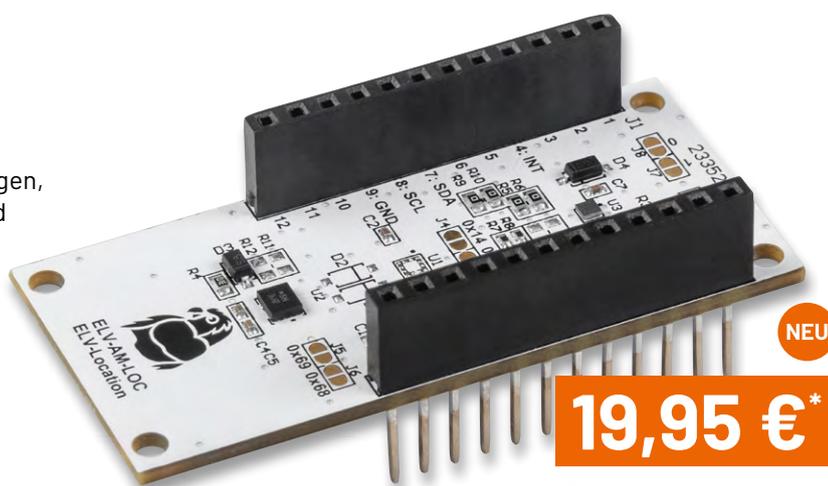


Bild 11: Das ELV Applikationsmodul Lagesensor lässt sich am besten in Verbindung mit dem modularen Gehäuse **MHO101a** anbringen.

## ELV Applikationsmodul Lagesensor ELV-AM-LOC

**ELV**

- Kompatibilität zum ELV-Modulsystem, Arduino und Raspberry Pi
- Präzise Erkennung von Rotationsbeschleunigungen, Lageänderungen und Änderungen im Magnetfeld
- Zwei hochwertige Bosch-Sensoren (BMI 270 - Lagesensor und BMM150 - Magnetfeldsensor) auf einem Board
- Auch stand-alone nutzbar



NEU

**19,95 €\***

Artikel-Nr. 160425

### Fenster offen oder geschlossen?

Erkennen Sie über das LoRaWAN®-Netzwerk, ob das Fenster in der Gartenhütte des Schrebergartens geöffnet ist.



### Ist der Parkplatz noch frei?

Über die Magnetfeldänderung erkennen Sie, ob der mit dem ELV-AM-LOC ausgestattete Stellplatz noch frei ist.



**Zum Produkt**