

„Unsichtbar“ schalten!

Mit dem ELV-AM-Hall berührungslos schalten und Automatisierungen starten!

Die Vorstellung, dass uns allgegenwärtig ein Kraftfeld umgibt, das mit den richtigen Techniken und ein wenig Unterstützung für alle erdenklichen Anwendungen nutzbar wird, klingt nach einer klassischen Science-Fiction-Geschichte. Allerdings gibt es so etwas nicht nur in einer weit, weit entfernten Galaxie, sondern auch im echten Leben. Das ELV Applikationsmodul Hallsensor eröffnet genau diese Möglichkeiten, indem es magnetische Felder in elektrische Signale umwandelt. Ob zur Geschwindigkeitsmessung oder als berührungsloser Schalter – dieser Sensor ist ein wahres Multitalent in der Elektronik.

i Infos zum Bausatz ELV-AM-Hall



Schwierigkeitsgrad:
leicht



Bau-/Inbetriebnahmezeit:
ca. 0,5 h



Besondere Werkzeuge:
Elektronik-Seitenschneider,
Cuttermesser



Lötterfahrung:
nein



Programmierkenntnisse:
nein



Elektrofachkraft:
nein

Unsichtbare Anziehungskräfte

Sie sind oft nicht sichtbar, aber für viele Funktionen im alltäglichen Leben verantwortlich. Ohne sie gäbe es z. B. keine Elektromotoren, keine Wechselstromgeneratoren und somit wäre unser tägliches Leben unvorstellbar. Dennoch ist vielen nicht bekannt, wie genau sie funktionieren – die Rede ist von Magneten.

Ein magnetischer Fluss kann durch mehrere Phänomene hervorgerufen werden, u. a. durch die Anwesenheit eines Dauermagneten oder eines anderen magnetischen Materials, aber auch durch elektrischen Strom oder eine Änderung in einem elektrischen Feld.

Ein solches Magnetfeld kann durch die Feldlinien (siehe Bild 1) dargestellt werden, die die Richtung des magnetischen Flusses anzeigen. Wie beim Strom gibt es eine Richtung, in der der magnetische Fluss fließt – die Feldlinien entspringen immer dem Nordpol des Magneten und fließen zum Südpol.

Die Einheit der magnetischen Flussdichte heißt Tesla (T) und ist definiert als die Feldstärke, die eine Punktladung von 1 Coulomb, die sich mit 1 Meter pro Sekunde senkrecht zum Feld bewegt, mit 1 Newton ablenkt. Als Referenz: Das Magnetfeld der Erde weist in Mitteleuropa etwa eine Flussdichte von 48 μT auf, ein Kühlschrankschrankmagnet ca. 20 mT

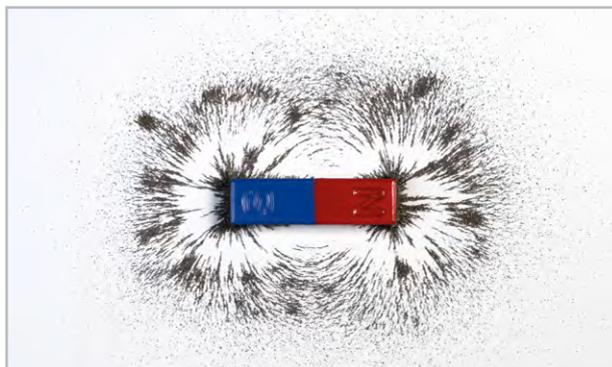


Bild 1: Die Feldlinien eines Magnetfelds können mithilfe von Eisenspänen sichtbar gemacht werden.

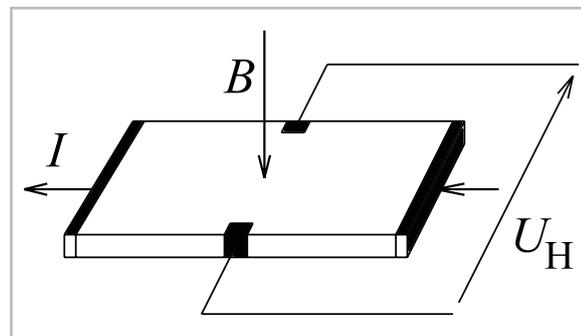


Bild 2: Hall-Effekt

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

und der Magnet, der die Membran in einem Lautsprecher zum Schwingen bringt, kommt auf ca. 0,1 T.

Änderungen im Magnetfeld können mithilfe des Hall-Effekts gemessen werden (Bild 2). Hierbei kann man sich eine dünne, leitende Platte vorstellen, durch die in eine Richtung ein Gleichstrom fließt. Wenn die Feldlinien des magnetischen Felds senkrecht zu dieser Platte liegen, werden die Elektronen des Gleichstroms aufgrund der Lorentzkraft (Stichwort: Linke-Hand-Regel, siehe Bild 3) in Richtung einer der Kanten, die parallel zur Stromrichtung liegen, abgelenkt. Dies 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 sowie der Ausrichtung der Feldlinien an der Platte und wird Hall-Spannung genannt (Bild 2). Sie schaltet im Sensor einen Transistor, und am Ausgang des verwendeten Sensors liegt eine Spannung an. Die Formel zur Hall-Spannung lautet:

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

Magnetische Vielfalt

Magneten gibt es in vielen Formen und Ausführungen. Die bekanntesten und weit verbreitetsten sind Ferritmagneten. Sie zeichnen sich durch ihre mattgraue Farbe aus und sind an vielen Orten des täglichen Lebens anzutreffen: Kühlschrankschrankmagneten, Ferrite zur Entstörung von Elektronik, auch die Kerne von Transformatoren bestehen oft aus diesem Material.

Betrachtet man Magnete der gleichen Größe, sind Neodymmagnete um ein Vielfaches stärker. Oft haben sie eine silberne oder manchmal goldene glänzende Oberfläche und kommen mit deutlich mehr Warnhinweisen daher als ihre Ferrit-Gegenparts. Ein Neodymmagnet hat eine so hohe Haftkraft an ferromagnetischem Material, dass er bis zum Tausendfachen seines eigenen Gewichts halten kann. Die beschriebenen Dauermagneten sind in Bild 4 beispielhaft dargestellt.

Elektromagneten sind ein weiterer Bestandteil der magnetischen Welt. Im Gegensatz zu Dauermagneten erzeugen Elektromagneten erst ein magnetisches Feld, wenn Strom durch sie hindurchfließt.

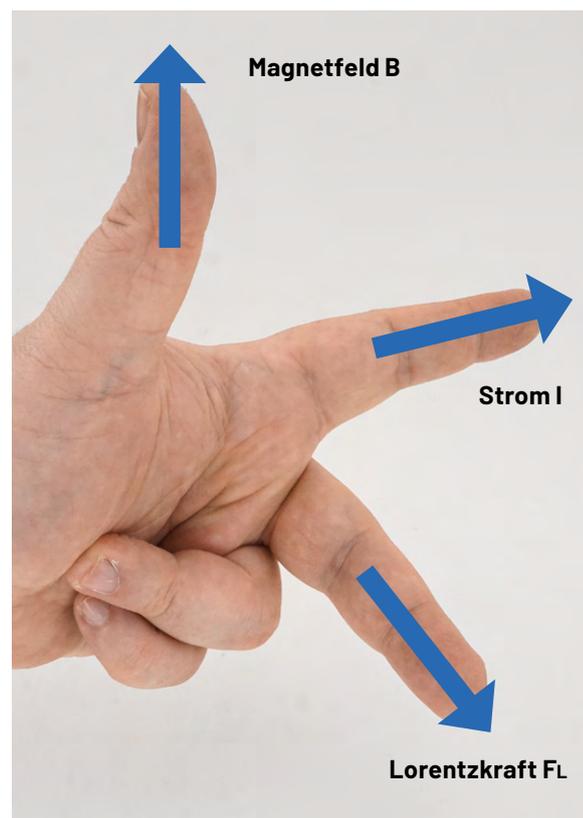


Bild 3: Linke-Hand-Regel

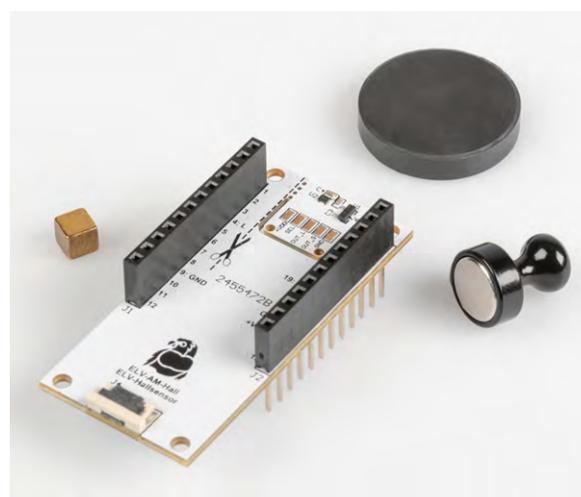


Bild 4: Das ELV Applikationsmodul Hallsensor mit verschiedenartigen Magneten (v. l. n. r.): ein kleiner, goldfarbener Neodymmagnet, ein großer Ferritmagnet, wie man ihn von Kühlschrankschrankmagneten kennt, und ein weiterer Neodymmagnet, der aufgrund seiner Stärke in ein Passteil mit Griff eingebettet wurde.

Schaltungsbeschreibung

Das Schaltbild des ELV-AM-Hall ist in [Bild 5](#) zu sehen. Die beiden Kernelemente des ELV-AM-Hall sind die beiden Hall-Effekt-Sensoren [DRV5032](#) (U1) und [DRV5012](#) (U2). Der Unterschied zwischen diesen beiden Bauteilen ist die Art und Weise, wie sie auf Änderungen im Magnetfeld reagieren.

Bei U1 handelt es sich um einen sogenannten Switching-Type-Hall-Effekt-Sensor, der eine Spannung auf Massenniveau ausgibt, wenn ein Magnet in der Nähe detektiert wird. Sobald dieser Magnet entfernt wird, wird die Spannung des Ausgabe-Pins (OUT_S) zurück auf das Versorgungsniveau erhöht.

Der Sensor U2, bei dem es sich um einen "Latching Type" Hall-Effekt-Sensor handelt, funktioniert etwas anders. Dieser Sensor schaltet seinen Ausgabe-Pin (OUT_L) nur aktiv, wenn magnetischer Fluss von oben nach unten durch den Sensor wahrgenommen wird. Bei einem Stabmagneten heißt das, man nähert sich mit dem Südpol, bei einem klassischen Hufeisenmagneten, dass sich der Sensor zwischen den Polen befindet, und zwar mit der Bestückungsseite dem Südpol zugewandt. Wenn ein solcher magnetischer Fluss durch den Sensor

erkannt wurde, bleibt im Gegensatz zu U1 die Ausgabeleitung so lange auf einem hohen Spannungsniveau, bis ein ausreichend starker magnetischer Fluss in die entgegengesetzte Richtung erkannt wird, der Magnet also umgedreht wird.

Bei höherer Drehzahl kann der Sensor in den Hochfrequenzmodus geschaltet werden, indem der Pin SEL auf das Potential von +VDD gesetzt wird.

Die Kondensatoren C1, C2, C3, C4 sind Glättungskondensatoren und dienen dazu, Spannungsspitzen in der Versorgung der Sensoren auszugleichen.

Nachbau

In [Bild 6](#) sind die Platinenfotos und die Bestückungsdrucke des Hall-sensors ELV-AM-Hall zu sehen. Alle Komponenten sind auf der Platine bereits fertig bestückt, weshalb keine Lötarbeiten notwendig sind.

Optional: Heraustrennen der Sensorplatine

Bei Anwendungen, die wenig Platz für den Sensor bieten, kann die Ausbrechplatine entlang der vorgefrästen Schnittkante herausgetrennt werden. So kann anschließend ein flexibler Einsatz über das mitgelieferte Flachbandkabel oder die Lötkontakte erfolgen.

Die Sensorkomponenten des Moduls befinden sich auf dieser Ausbrechplatine. Zum Heraustrennen der Ausbrechplatine eignen sich besonders ein Elektronik-Seitenschneider und ein Cuttermesser. Mit

Reedkontakte oder Hall-Effekt-Sensoren

Um auf Änderungen im Magnetfeld reagieren zu können, können sowohl ein Reedkontakt als auch ein Hall-Effekt-Sensor verwendet werden. Je nach Anforderung der Anwendung haben diese unterschiedliche Vor-, aber auch Nachteile:

Reedkontakt

- Ein [Reedkontakt](#) besteht aus zwei dünnen Schaltungen, die bei ausreichendem magnetischem Fluss geschlossen werden. (siehe Bild)
- Stromverbrauch: Reedkontakte sind passive Bauteile, bei denen ein Kontakt bei einer gewissen Feldstärke geschlossen wird. Dies verbraucht im Gegensatz zu Hall-Effekt-Sensoren keinen Strom.
- Prellverhalten: Da es sich bei den Reedkontakten um einen klassischen Schaltkontakt handelt, kommt es beim Schaltvorgang zum sogenannten Prellen, wenn die beiden Kontakte elastisch miteinander kollidieren. Dabei gibt es einen kurzen Zeitraum, in dem der Kontakt schnell hintereinander öffnet und schließt. Ein solches Verhalten muss entweder durch Hardware, beispielsweise ein RC-Glied als Tiefpass, oder mithilfe von Software durch Entprell-Routinen abgefangen werden. Ebenfalls kann es je nach der Stromstärke der Leitung zu Schaltlichtbögen kommen, die die feinen Schaltungen des Reedschalters auf Dauer beschädigen können.



- Ein Reedkontakt schließt nur eine Leitung. Bei einem potentialfreien Schalteingang wie z. B. beim ELV LoRaWAN® GPS Tracker 1 (Artikel-Nr. 157519) kann dieses Bauteil zum Einsatz kommen.

Hall-Effekt-Sensor

- Die im ELV-AM-Hall verwendeten [Hall-Effekt-Sensoren](#) schalten Transistoren, wenn die durch den Hall-Effekt erzeugte Spannung hoch genug ist. Dies führt zu einer einzelnen scharfen Schaltflanke, auf die in der Firmware des verwendeten Prozessors einfach reagiert werden kann. Eine Hysterese ist in den Sensor bereits eingearbeitet.
- Langlebigkeit: In einem Hall-Effekt-Sensor sind keine beweglichen Teile verbaut. Dies führt durch weniger Verschleiß zu einer längeren Lebensdauer.
- Im Gegensatz zum Reedkontakt muss sich im Hallsensor kein ferromagnetisches Material befinden. Der mechanische Einfluss des Sensors auf den Magneten ist deutlich geringer als beim Reedkontakt. So können leichte Teile bei langsamer Bewegung durch die Interaktion zwischen Reedkontakt und Sensor gebremst werden. Dieser Effekt ist bei Hall-Effekt-Sensoren deutlich kleiner.
- Aufgrund der Tatsache, dass keine mechanische Bewegung stattfindet, kann der Sensor in einen viel kleineren Formfaktor verpackt werden

Je nach Einsatz- bzw. Anwendungsfall sind unterschiedlich starke Magneten nötig, um ggf. höhere Materialdurchdringungen zu erreichen. Wenn z. B. eine Holzplatte von mehreren Zentimetern Materialstärke zwischen Magnet und einem Hallsensor platziert wird, kann ein starker Neodymmagnet notwendig sein oder ggf. muss die Materialstärke reduziert werden.

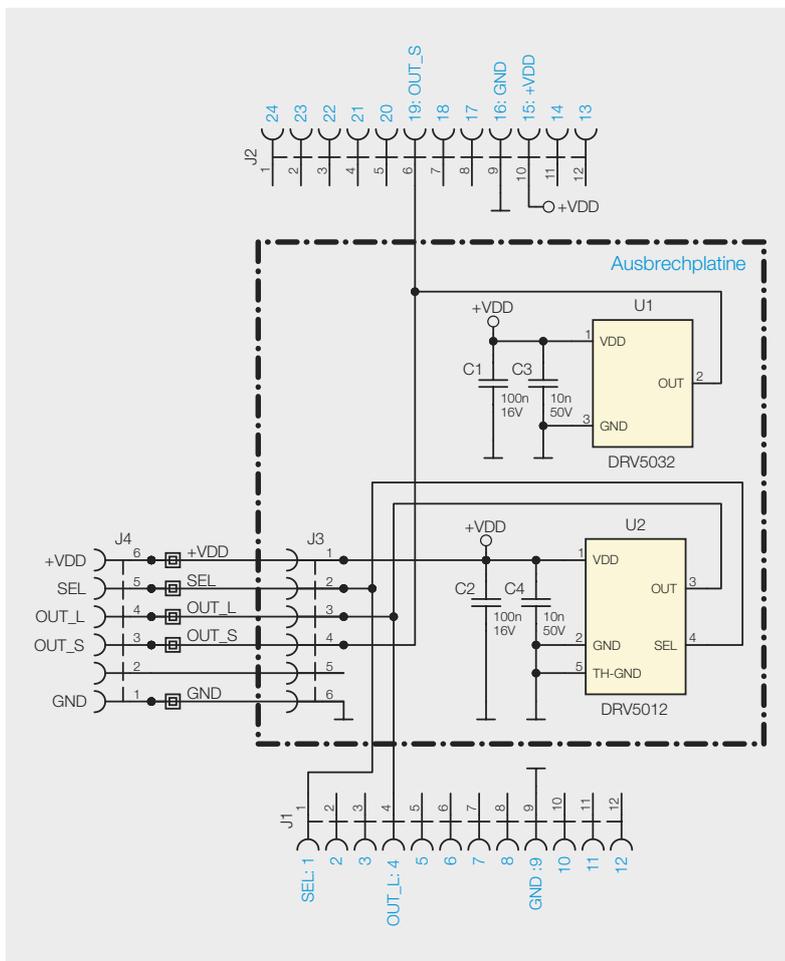


Bild 5: Schaltbild des ELV-AM-Hall

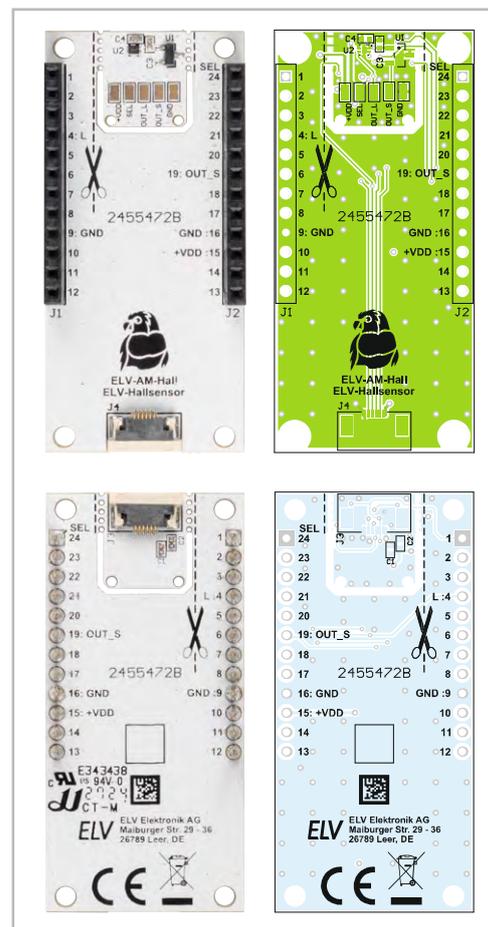


Bild 6: Platinenfotos und Bestückungsdrucke

diesem Werkzeug lassen sich die Perforationen am Rand der Ausbrechplatte sehr gut durchtrennen (siehe Bild 7).

Nach dem Heraustrennen lässt sich die Ausbrechplatte über das FFC-Kabel mithilfe der zwei Buchsen abgesetzt betreiben. Alternativ stehen an der Ausbrechplatte Lötkontakte zur Verfügung.

Flashen der ELV Smart Home Sensor-Base

Das Flashen der Firmware erfolgt für die ELV Smart Home Sensor-Base mit dem Flasher-Tool per USB-C-Verbindung. Eine genaue Beschreibung der Vorgehensweise ist im entsprechenden [Fachbeitrag](#) beschrieben. Die Firmware-Dateien befinden sich bei der Produktbeschreibung des [ELV-AM-Hall](#) im Downloadbereich.

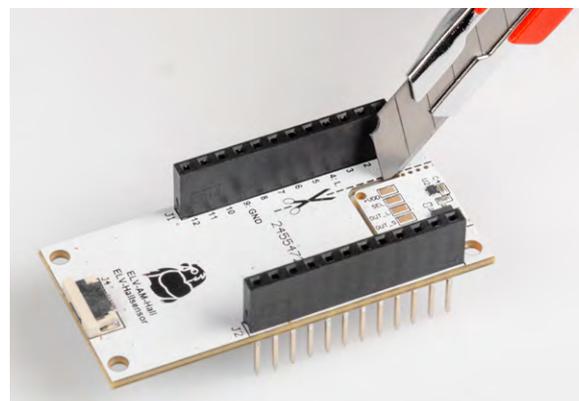


Bild 7: Wenn gewünscht, kann die Ausbrechplatte mit einem Cuttermesser oder Seitenschneider herausgetrennt werden.



Stückliste	Kondensatoren:	
	10 nF/50 V/SMD/0402	C3, C4
	100 nF/16 V/SMD/0402	C1, C2
	Halbleiter:	
	DRV5032/SMD	U1
	DRV5012/SMD	U2
	Sonstiges:	
	Buchsenleisten, 1x 12-polig, 10 mm Pinlänge, gerade	J1, J2
	FFC/FPC-Verbinder, 6-polig, 0,5 mm, liegend, SMD	J3, J4
	FFC-Kabel, 6-polig, 10 cm lang	



Bild 8: Ein Modulstapel mit der ELV Smart Home Sensor-Base (unten), einem ELV Powermodul LR03 (Mitte) und einem ELV Applikationsmodul Hallsensor

Nach dem Flashen kann das ELV-AM-Hall, wie vom Modulsystem bereits bekannt, von oben oder von unten auf das ELV Smart Home Sensor-Base-Modul gesteckt werden (Bild 8).

Anlernen an eine Homematic IP Installation

Das Einbinden in das Smart-Home-System erfolgt über das Versetzen der ELV Smart Home Sensor-Base in den Anlernmodus. Wenn diese noch an keiner Installation angelernt wurde, begibt sie sich bei Systemstart direkt für 3 min in den Anlernmodus. Sollte diese Zeit verstreichen, kann der Modus durch Betätigung der Systemtaste S1 neu gestartet werden. In der CCU3 kann die ELV Smart Home Sensor-Base durch den Anlernmodus im Postfach gefunden werden. Eine detaillierte Beschreibung des Anlernprozesses finden Sie im [Fachbeitrag](#) aus ELVjournal 6/2023.

Hinweis: Die ELV-SH-BM-S kann nur in Verbindung mit einer CCU3 verwendet werden!

Immer mehr Geräte des Modulsystems können gleichzeitig verwendet werden, daher muss die ELV Smart Home Sensor-Base aufgrund der begrenzten Anzahl an Kanälen mithilfe der UART-Schnittstelle vorkonfiguriert werden. Dazu wird diese per USB-C-Kabel mit dem PC



Bild 9: Der Magnet (silberfarben) löst bei Verschieben in die linke Position den Hallsensor auf dem ELV-AM-Hall aus.

verbunden und ein Terminal-Programm wie [HTerm](#) verwendet. Eine detaillierte Beschreibung der Konfiguration der Messkanäle und Konfigurationsparameter finden Sie im entsprechenden [Fachbeitrag](#).

Auswerten der Daten

Nach erfolgreichem Anlernen werden die Daten zyklisch zur CCU3 übermittelt. Diese Daten können nun entweder in einem Diagramm dargestellt oder über ein Programm weiterverarbeitet werden.

Smart-Home-Anwendungen

Die einfachste Anwendung ist die alleinige Auswertung des Switching-Type-Hall-Sensors U1. Hierbei kann ein Magnet an einem Gegenstand befestigt und anschließend mithilfe des ELV-AM-Hall geprüft werden, ob sich der Gegenstand noch in seiner ursprünglichen Position befindet. So kann z. B. bei einem Parkplatz festgestellt werden, ob sich noch ein Fahrzeug auf diesem befindet. Ebenfalls lässt sich, u. a. durch Einsatz einer [3D-Druck-Datei](#) ein selbst gebauter Magnetschalter realisieren. Hierbei wird ein Magnet in die Führung des Schalters eingeklebt, der dann vom ELV-AM-Hall detektiert werden kann. Dieser Aufbau ist in [Bild 9](#) zu sehen.

Die gleiche Schaltung lässt sich auch etwas raffinierter verstecken und kreativer einsetzen. So könnte z. B. ein unter der Blumenvase ausreichend starker Magnet angebracht werden. Unter der Tischplatte, auf der die Vase platziert wird, wird der ELV-SH-Hall installiert. Bei Verschieben der Blumenvase an die richtige Position startet nun eine bestimmte Szene in der Hausautomatisierung. Natürlich kann anstelle einer Vase auch ein Teller auf dem Esszimmertisch genutzt werden und so direkt die „Mittagessen“-Szene inklusive gedämpfter Musik mit der Familie starten.

Programmiertechnisch kann eine solche Szene über die Tasterkanäle der ELV Smart Home Sensor-Base gelöst werden, die den jeweiligen Zustand der Hallsensoren darstellen (siehe [Tabelle 1](#), Beispiel Zeile 2, Digitalkanal D1). Diese digitalen Kanäle können anschließend durch „Direktverknüpfen“ über die CCU3 mit Schaltaktoren verbunden werden oder Szenarien bzw. Automatisierungen starten.

Hierzu muss der ELV Smart Home Sensor-Base vorab mitgeteilt werden, dass einer der digitalen Kanäle dem Zustand des Hall-Switches entspricht. Dies passiert im Terminalprogramm [HTerm](#) mit dem erfolgreichen Senden des Befehls `<C1A10D1>`. Informationen zum Senden von Befehlen über das Terminalprogramm haben wir, wie bereits aufgeführt, im entsprechenden [Fachbeitrag](#) aufgeführt.

Weitere Zuordnungen der Messwertkanäle können der [Tabelle 1](#) entnommen werden

Um den Latching-Type-Hall-Sensor verwenden zu können, muss zunächst ein Magnet an einem rotierenden Gegenstand angebracht werden. Hierbei ist die zuvor beschriebene Funktionsweise des Magnet-Latches zu beachten, bei dem nur Polübergänge einen Ein- oder Ausschaltvorgang auslösen. Wird der Sensor mit der Blickrichtung parallel zur Rotationsachse des zu überwachenden Gegenstands be-

Messwertkanäle des ELV-AM-Hall in Verbindung mit der ELV Smart Home Sensor-Base

Tabelle 1

Kanalbefehl	Kanalnummer	Applikationsmodul			Messwert oder digitales Event		Beschreibung
					D	1	
C	Digitalkanäle 1-8	A	10	ELV-AM-Hall	D	1	Status Hall-Switch
						2	Status Hall-Latch
	M				1	Drehzahl	
					2	Zustand Hall-Switch	
	Messwertkanäle 9-16				3	Zustand Hall-Latch	

Konfigurationsparameter des ELV-AM-Hall in Verbindung mit der ELV Smart Home Sensor-Base

Tabelle 2

Parameterbefehl	Applikationsmodul		Parameterauswahl	Parameterwert	Beschreibung	Default	
P	10	ELV-AM-Hall	P	1	0-255	Anzahl Polwechsel/Umdrehung	2
				2	1-255	Flügelänge in cm	10

trieben, müssen mehrere Magneten in abwechselnder Ausrichtung angebracht werden (siehe Bild 10). Sofern die Ausrichtung des Sensors senkrecht zur Rotationsachse ist, kann ein ausreichend langer Stabmagnet unter Umständen bereits ausreichen. Hierbei ist bei einer sich drehenden Mechanik natürlich immer darauf zu achten, dass keine Unwuchten entstehen, die eine Beschädigung hervorrufen könnten.

Eine mögliche Anwendung für den Latching-Type-Sensor wäre beispielsweise ein Grillspieß, dessen Drehgeschwindigkeit überwacht werden soll. So kann sich der Gastgeber um andere Vorbereitungen rund um die Grillparty kümmern. In diesem Fall wird der Messwertkanal 3 des ELV-AM-Hall ausgewertet und bei Unstimmigkeiten der Drehgeschwindigkeit eine Warnmeldung ausgegeben.

Ebenfalls kann mithilfe dieses Sensors ein Messgerät zur Bestimmung der Windgeschwindigkeit gebaut werden. Hierbei wird entweder ein Ringmagnet oder eine gerade Anzahl Stabmagnete benötigt. Diese werden an einem Schalenstern (beispielsweise aus dem [Zubehör-Set zum HmlP Wettersensor](#)) befestigt, wobei alle Pole gegenüberliegend den gleichen Abstand zur Mittelachse haben und sich in Rotationsrichtung immer zwischen Nord- und Südpol abwechseln müssen. Diese Polübergänge können dann mit dem ELV-AM-Hall gemessen werden.

Um die Windgeschwindigkeit korrekt berechnen zu können, müssen die Parameter aus [Tabelle 2](#) per serieller Schnittstelle in das Gerät geschrieben wer-

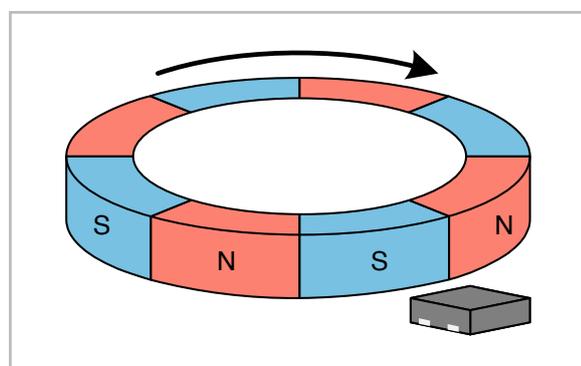


Bild 10: Bei mehreren Polübergängen pro Umdrehung muss das Gerät entsprechend konfiguriert werden. Details dazu sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

den – so z. B. mit den Befehlen `<P1A10V4>` für vier Polübergänge pro Umdrehung oder `<P2A10V9>` für 9 cm Flügelänge.

Über die Drehzahl wird mit der Formel

$$v = d \cdot \pi \cdot n$$

(n ist die Drehzahl, d der Durchmesser des Schalensterns) die Windgeschwindigkeit berechnet.

So kann bei aufkommendem Wind z. B. die Pumpe eines Springbrunnens abgeschaltet oder eine Markise automatisiert eingefahren werden.

Eine weitere interessante Anwendung wird in der nächsten Ausgabe des ELVjournals vorgestellt. Dann wird mit einem brandneuen Basismodul für das ELV-Modulsystem ein eigenes Tachometer mit Display gebaut. **ELV**

Technische Daten

Geräte-Kurzbezeichnung	ELV-AM-Hall
Spannungsversorgung	1,65-5,5 V
Stromaufnahme (mit ELV-SH-BM-S)	35 mA max.; 18 µA min. (Sleep + No Select)
Sensorschwellwert DRV5032	±3 mT
Sensorschwellwert zur Aktivierung DRV5012	+2 mT
Sensorschwellwert zur Deaktivierung DRV5012	-2 mT
Umgebungstemperatur	-10 bis 55 °C
Abmessung (B x H x T)	55 x 26 x 19 mm
Gewicht	9 g