



Spaß, Sicherheit, Analyse – Beschleunigungs-Datenlogger GLog1

Mit dem gegen Spritzwasser geschützten Datenlogger GLog1 können Beschleunigungen bis zu ± 8 g in drei Achsen über Wochen hinweg mit Zeitstempel aufgezeichnet werden. Aus den Messdaten lassen sich auch Erkenntnisse über Neigung, Stoß, Fall und die Lage von Gegenständen treffen. Die Daten sind über USB auf einem PC mit „LogView“ auswertbar. Geloggt werden bis zu 237.568 Datensätze, je nach Einstellung zwischen 25 pro Sekunde und 6 pro Minute.

Wie schnell sind Sie auf hundert?

... zum Beispiel mit Ihrem Auto? Das ist sicher eine der ersten Assoziationen, die einem einfallen, wenn es um das Thema Beschleunigung geht. Dabei ist die Antwort „6 Sekunden“ eher eine mittelbare Umschreibung der eigentlichen physikalischen Größe, um die es geht. Direkter geht es da schon bei der Cockpit-Analyse der Formel 1 zu: Hier werden Beschleunigun-

gen in zwei Achsen in der korrekten Form, also in g, angezeigt. Wir können also hautnah sehen, welche Arbeit die Hals- und Nackenmuskeln des Rennfahrers auszuhalten haben.

Was ist Beschleunigung? Per Definition versteht man darunter die Änderung der Bewegungsgeschwindigkeit einer Masse. Erhöht sich die Geschwindigkeit der Masse, ist die Beschleunigung positiv, wird sie

Technische Daten

Sensor:	linearer 3-Achsen-Beschleunigungssensor (x, y, z)
Messbereich:	konfigurierbar, ± 2 g, ± 4 g, ± 8 g
Messfrequenz (Periode):	25 Hz (alle 40 ms) bis 0,1 Hz (alle 10 s)
Auflösung/kleinste Einheit:	10 Bit/0,004 g
Datensätze/Messdauer:	237.568/je nach Messfrequenz 2,6 h bis 27,5 Tage
Temperaturbereich:	-10 °C bis +60 °C
Zeit-, Datumsstempel:	Stunde, Minute, Sekunde, Hundertstel, Tag, Monat, Jahr
Schnittstelle:	USB 2.0 (HID)
Batterie/Akku:	2x Mignon (AA/LR06)
Abmessung (B x H x T):	63 x 36 x 58 mm



Bild 1: Eine der spektakulärsten Katapult-Coaster der Welt: Blue Fire im Europa-Park Rust. Hier werden enorme Beschleunigungen erreicht, die u. a. an Formel-1-Starts erinnern.
Quelle: Europa-Park Freizeit- und Familienpark Mack KG

abgebremst, ist die Beschleunigung negativ. Ein allgemein handhabbarer Grundbezug ist die sogenannte Erdbeschleunigung, die den freien Fall auf der Erde verursacht. Jeder kennt diese Zahl: $9,81 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ g}$, in Autofahrer-Begrifflichkeit umgerechnet: von null auf hundert in 2,83 Sekunden. Auch beeindruckend: In einer Waschmaschinentrommel wirken beim Schleudern bis zu 300 g. Das wäre für einen Menschen tödlich, selbst gut trainierte und mit Spezialanzügen ausgestattete Kampfpiloten halten Belastungen von mehr als 9 g nur wenige Sekunden aus. Der normale, gesunde Mensch stößt durchschnittlich bei 4 bis 5 g an seine Grenzen, oberhalb dieser Werte wird der Blutkreislauf so massiv gestört, dass er in Ohnmacht fällt.

Wer dies einmal an sich selbst testen möchte, kann sich z. B. auf die Achterbahn im Holiday-Park Hassloch trauen. Der Megacoaster „Expedition GeForce“ dort macht seinem Namen alle Ehre, hier kann man nicht nur mehrmals während der Fahrt das Phänomen Schwerelosigkeit erleben, sondern auch Beschleunigungen von bis zu 4,5 g. Auch der Katapult-Coaster „Blue Fire“ im Europa-Park Rust (Bild 1) bietet Beschleunigung auf hohem Niveau.



Bild 2: Bei wertvollen und empfindlichen Geräten kann der GLog1 das Handling während des gesamten Transportweges protokollieren. Dadurch lassen sich die von der Spedition zugesicherten Versandeigenschaften (z. B. aufrecht oder vorsichtig transportieren) nachträglich überprüfen.

Der GLog1

Welche Beschleunigungen erreicht wohl die Achterbahn, auf die man sich individuell traut? Der GLog1 kann es zeigen. Unser kleiner Beschleunigungs-Datenlogger kann, sicher in der Tasche verstaut, die Fahrt aufzeichnen und man kann dann später per „LogView“ am Computer der staunenden Gemeinde die beeindruckende Fahrt als Kurve präsentieren.

Der GLog1 kann Beschleunigungen bis zu $\pm 8 \text{ g}$ messen und in definierbaren Zeitabständen samt Zeitstempel aufzeichnen. Je nach Aufzeichnungsintervall kann der mit einem linearen Dreiachsen-Beschleunigungssensor ausgestattete Datenlogger Daten für 2,6 Stunden oder bis zu 27,5 Tagen aufzeichnen. Über eine USB-Schnittstelle sind die Daten durch einen PC auslesbar. Hier können sie ausgewertet und visualisiert werden. Letzteres erfolgt mit dem freien Programm „LogView“ [1]. In dieses Programm ist der GLog1 als Gerät eingepflegt.

Da der GLog1 auch Stöße, Neigungen, Fall und Lage registriert, ist das Gerät viel mehr als nur ein Spaßmesser für die Freizeit. In einem Versandpaket mit empfindlicher Ware als „Zugabe“ befördert (Bild 2), können die aufgezeichneten Daten unbestechlich belegen, wie der Transport erfolgt ist und ob vorgegebene Bedingungen – z. B. der aufrechte Transport – eingehalten wurden, wie oft der Carrier das Paket fallen gelassen oder geworfen hat.

Auch im Sport ist der kleine Datensammler gut einsetzbar, so kann man z. B. die Beschleunigungsdaten bei Sprintern, Skispringern oder im Flug- und Motorsport erfassen und auswerten.

Eine nicht minder interessante Anwendung wäre auch der Modellsport – der kompakte Datenlogger kann, als Nutzlast sicher angebracht, aufzeichnen, was das Kunstflugmodell oder der Bahnrcer mitmachen.

Schließlich noch ein Anwendungshinweis für den Sicherheitsbereich. Bringt man den Datenlogger unauffällig an oder in einem auf zwischenzeitliches Bewegen zu überwachenden Gegenstand an, so kann man später genau analysieren, ob dieser wirklich bewegt bzw. (interessant für Verliehenes) sachgerecht bewegt bzw. genutzt wurde.

Inbetriebnahme/Bedienung

Vor der ersten Messdatenaufnahme des Datenloggers ist der Batteriehalter zuerst mit zwei Mignon-Batterien oder Akkus zu bestücken, wobei auf die Polung zu achten ist. Der Batteriehalter ist so in das Gehäuse zu schieben, dass die Anschlusskabel seitlich liegen und nicht zwischen Halter und Gehäuse eingeklemmt werden. Anschließend ist das Gerät über das beiliegende USB-Kabel am PC anzuschließen. Windows erkennt den GLog1 automatisch, ohne einen zusätzlichen Treiber anzufordern, da es sich um ein HID-Gerät (Human Interface Device) handelt.

LogView installieren

Die Installation von LogView gestaltet sich sehr einfach. Zunächst lädt man von der Webseite [1] die aktuelle Version herunter. Nach dem Start führt ein ausführlicher Dialog durch die Installation von LogView. Sollte sich auf dem Rechner bereits eine frühere

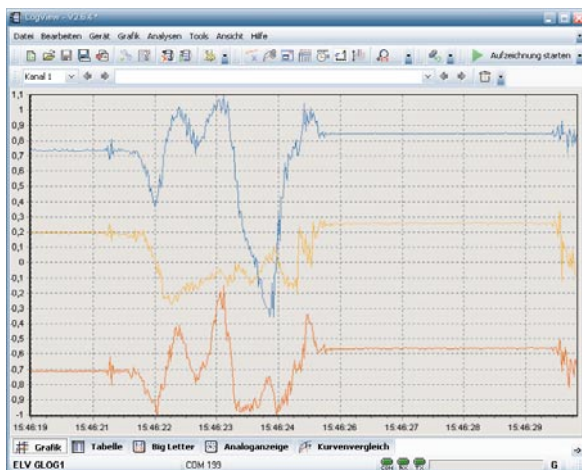


Bild 3: LogView ist ein leistungsfähiges grafisches Tool zum Abrufen, Auswerten, Speichern, Exportieren und Anzeigen der Messdaten. Die Kurven im Bild zeigen eine Drehbewegung des GLog1 als Beschleunigung auf der x-, y- und z-Achse.

LogView-Version befinden, so wird diese auf den aktuellen Stand gebracht.

Nach erfolgter Installation findet sich im Windows-Startmenü ein neuer Eintrag für LogView und seine Tools. Beim ersten Start erscheint noch ein Konfigurationsdialog, in dem grundlegende Einstellungen vorgenommen und das gewünschte Gerät (ELV GLog1) ausgewählt werden. Die hier getroffenen Einstellungen lassen sich zu einem späteren Zeitpunkt wieder ändern. Es folgt für einige Sekunden die Bitte um eine Spende für die Verwendung dieses Programms. Hierbei sei erwähnt, dass die Programmierer dieses Tools LogView unentgeltlich in ihrer Freizeit entwickeln und zur Bereitstellung ihrer Webseite und zum Erwerb notwendiger Softwarekomponenten für die Weiterentwicklung auf freiwillige Spenden angewiesen sind.

GLog1 konfigurieren und Daten aufzeichnen

Im anschließend erscheinenden Hauptfenster (Bild 3) sollte über den Menüpunkt „Gerät“ -> „Gerät und Port wählen“ bzw. über das Schraubenschlüsselsymbol der Gerätedialog (Bild 4) geöffnet und die Geräteauswahl überprüft werden. Unter „Anschlussport“ neben der Auswahlliste „USB (HID)“ wählt man den angeschlossenen Datenlogger GLog1 aus. Die dort stehende ID-Nummer ermöglicht es LogView, zwischen mehreren angeschlossenen GLog1-Geräten zu unterscheiden. Zusätzlich sollte hier neben „Automatisch Aufzeichnung starten“ und „Automatisch Toolbox öffnen“ ein Häkchen gesetzt werden. Mit dem Schließen-Button werden die Einstellungen übernommen und die GLog1-Toolbox erscheint.

Über die gerätespezifische Toolbox erfolgen die Konfiguration des angeschlossenen GLog1, der Abruf gespeicherter Messdaten, das Löschen des internen GLog1-Speichers und das Setzen der Echtzeituhr. Nachdem die Echtzeituhr auf die Uhrzeit des PCs eingestellt und die gewünschte Messfrequenz ausgewählt ist, kann es sofort mit den Beschleunigungsmessungen losgehen.

Dabei gibt es zwei Möglichkeiten:

- Entweder kann man den „**Direkt-Modus**“ verwenden, den Datenlogger am PC angeschlossen lassen und jede Messung direkt über LogView anzeigen lassen,

ohne dass diese zusätzlich im GLog1 gespeichert wird.

Im „**Log-Modus**“ ist das USB-Kabel vom GLog1 abzuziehen und das Gerät mit dem Schiebeschalter einzuschalten, wodurch die 3 LEDs einmal gemeinsam kurz aufblincken. Der Messbetrieb beginnt nach einsekündigem Druck auf die Taste „Prog.“, was die LEDs durch dreimaliges Aufblincken anzeigen. Nun ist nur noch der Deckel des GLog1 aufzuschrauben, und der Einsatz kann beginnen. Beendet wird der Messbetrieb ebenfalls durch den einsekündigen Druck auf die Taste „Prog.“, was die LEDs durch einmaliges gemeinsames Blinken anzeigen. Während der Messung zeigen die drei LEDs die Messwerte durch kurzes Blinken an, die einen Grenzwert auf der x-, y- oder z-Achse überschreiten.

Alternativ ist es beim „Log-Modus“ möglich, die Datenaufnahme zu starten und zu stoppen, ohne dass die im Gehäuse liegende Taste „Prog.“ gedrückt werden muss. Dazu ist bei der Konfiguration mit LogView die Funktion „Stoß-Aktivierung“ in der GLog1-Toolbox auszuwählen. In diesem Fall genügt es vor dem Schließen des Deckels, den Datenlogger mit dem Schiebeschalter einzuschalten. Das Starten der Messungen geschieht nun, indem man den Datenlogger in der rechten Hand so hält, dass man den Aufdruck „GLOG1“ auf dem Deckel lesen kann und dann innerhalb von 3 Sekunden dreimal fest die linke Geräteseite gegen den linken Handballen schlägt, woraufhin die LEDs durch dreimaliges Aufblincken den Messstart anzeigen. Beendet wird die Datenaufnahme durch dieselbe Prozedur, was die LEDs durch einmaliges gemeinsames Blinken anzeigen.

Möchte man unterwegs den Datenspeicher des GLog1 löschen, ohne einen PC und LogView dafür zu verwenden, so ist dies möglich, indem die „Prog.“-Taste für mindestens 10 Sekunden gedrückt gehalten wird. Während des ca. 20-sekündigen Löschvorgangs blinken die LEDs. Danach kann eine neue Messung gestartet werden.

Daten auslesen und auswerten

Zum Abrufen der aufgezeichneten Beschleunigungsdaten ist der Datenlogger über USB mit dem PC zu verbinden, LogView zu starten, gegebenenfalls im

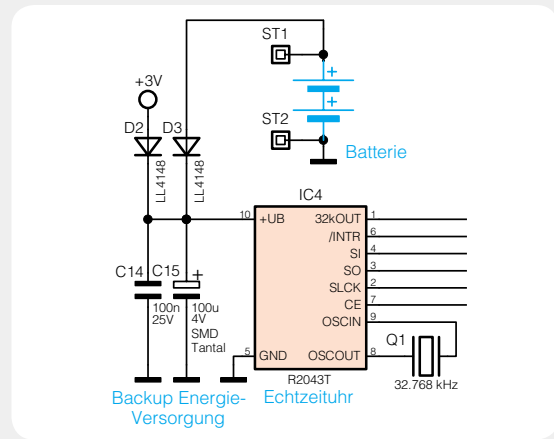


Bild 4: Mit LogView konfiguriert man den GLog1, ruft die Messdaten ab und wertet diese grafisch aus.

Betrieb einer Echtzeituhr mit doppeltem Versorgungs-Backup

Bei der Verwendung einer Echtzeituhr sind gleich mehrere Fälle in der Spannungsversorgung zu unterscheiden:

- **Normaler Betrieb im aktiven Gerät:** In diesem Fall erhält die Echtzeituhr ihre Energie direkt aus der Betriebsspannung, mit der auch alle anderen Bausteine der Schaltung versorgt werden. Aufgrund der verschiedenen Spannungszuführungen muss diese Versorgungslinie jedoch über eine Diode (D 2) zugeführt werden.
- **Betrieb bei ausgeschaltetem Gerät:** Sobald ein mit einer Echtzeituhr ausgestattetes Gerät ausgeschaltet wird, muss eine Pufferbatterie die Versorgung der meist sehr sparsamen Echtzeituhr übernehmen. Der im Schaltplan gezeigte Uhrenbaustein R2043T von Ricoh (IC 4) benötigt beispielsweise weniger als 1 μA , typischerweise nur 0,45 μA . Bei diesem Betriebsstrom können auch kleine Knopfzellen die Uhr über lange Zeiträume versorgen. Die Diode D 3 verhindert hierbei, dass die zwischen ST 1 und ST 2 angeschlossene Batterie im normalen Betrieb nicht durch die Betriebsspannung (hier +3 V) aufgeladen wird, was bis zum Brand führen könnte.



- **Betrieb beim Batteriewechsel:** Damit auch nach dem Wechseln der Batterie die Uhr nicht neu eingestellt werden muss, kann als weiteres Backup ein großer Kondensator (C 15) eingesetzt werden, der direkt am Uhrenbaustein angeschlossen wird. Bei dem geringen Strom von nur 1 μA kann bereits ein 100- μF -Kondensator je nach Ladespannung mehrere Minuten überbrücken – genug Zeit für einen Batteriewechsel. Zu beachten ist dabei, dass der Kondensator natürlich nur die Batteriespannung abzüglich der Diodenflussspannung aufweisen kann. Da der Ricoh-Baustein aber mit nur 1 V noch weiterarbeitet, können auch leere Batterien noch problemlos in Ruhe getauscht werden.

Gerätedialog sicherzustellen, dass der angeschlossene Datenlogger auch ausgewählt ist, und die GLog1-Toolbox aufzurufen. Hierüber können die Messdaten dann abgerufen werden. LogView wertet diese automatisch aus und zeichnet die x-, y- und z-Beschleunigungskomponenten als 3 Kennlinien auf eine gemeinsame Zeitachse (siehe Bild 3).

Die Vielzahl der grafischen Darstellungs-, Speicher-, Export-, Zoom- und Scroll-Funktionen von LogView können hier nicht genauer beschrieben werden, da dies den Umfang des Artikels sprengen würde, jedoch finden sich in der Programm-Hilfe und auf der LogView-Webseite ausführliche Erläuterungen zu allen Funktionen.

Schaltungsbeschreibung

In Bild 5 ist die Schaltung des GLog1 zu sehen. Im oberen Bereich sind die zur Spannungswandlung dienenden Schaltungsteile dargestellt.

Über ST 1 und ST 2 ist der Batteriehalter mit zwei Mignon-Batterien angeschlossen. Der Sicherungswiderstand R 1 verhindert die übermäßige Erhitzung der Batterien im Falle eines Schaltungsfehlers. Während der Schiebeschalter S 1 zum Trennen der Batterieversorgung dient, wird die Echtzeituhr IC 4 auch im abgeschalteten Zustand weiterhin aus der Batterie über die Diode D 3 versorgt, damit die Uhr auch im ausgeschalteten Zustand weiterlaufen kann. In dem Fall fließt noch ein Ruhestrom von nur ca. 1 μA , was

die Batterie auch über Monate hinweg vernachlässigbar wenig belastet.

Um die Batterieleistung möglichst effektiv auszuschöpfen und höhere Laufzeiten zu erreichen, wird im iSMT ein Step-up-Wandler vom Typ TPS61070 (IC 2) zur Erzeugung einer 3,4-V-Spannung verwendet. Dieser Baustein erzeugt selbst aus einer Eingangsspannung von nur 0,9 V noch die gewünschte Ausgangsspannung. Dadurch werden die Batterien sozusagen bis auf den letzten Rest „leergesaugt“. Die Ausgangsspannung des Step-up-Wandlers wird über den Spannungsteiler R 3 und R 4 eingestellt. Da IC 2 jedoch einen deutlichen Spannungsripple auf der Ausgangsspannung hinterlässt, der den sehr empfindlichen Beschleunigungssensor BS 1 stören würde, ist dem Step-up-Wandler der 3-V-Linearregler IC 1 nachgeschaltet.

Wird die Schaltung über die USB-Buchse BU 1 von einem PC oder Netzteil versorgt, beginnt der Transistor T 1 zu leiten, setzt den Enable-Eingang des Step-up-Wandlers auf Massepegel und schaltet seine Spannungserzeugung ab, wodurch die Ein- und Ausgänge von IC 2 hochohmig werden. Die USB-Spannung liegt zudem über die Diode D 1 auch am Linearregler IC 1 an, der diese auf 3 V reduziert. Mit der resultierenden Spannung werden BS 1 und IC 3 bis IC 6 versorgt.

Als Mikrocontroller kommt im GLog1 ein Silabs C8051F326 (IC 3) zum Einsatz. Dieser mit einer USB-Schnittstelle ausgestattete Controller verfügt zwar nicht direkt über eine SPI-Schnittstelle, was Firm-

ware-Entwickler aber nicht daran hindert, eine solche in Form von Software zu realisieren. An diesem SPI-Bus sind die Echtzeituhr IC 4, der Flash-Speicher IC 5 und der Beschleunigungssensor BS 1 angeschlossen. An weitere Port-Pins angeschlossen sind die 3 roten LEDs D 4 bis D 6, der Taster TA 1, der Reset-Baustein IC 6 und die Programmierschnittstelle PRG 1.

Der Reset-Baustein IC 6 dient hier aber nicht zur Erzeugung eines Reset-Signals, sondern zur Batterieüberwachung. Dadurch können leere Batterien mit weniger als 1,9 V erkannt und der Messbetrieb automatisch beendet werden, bevor es zu einem Absturz kommt.

Nachbau

Da die SMD-Komponenten bereits bestückt sind, brauchen nur noch wenige bedrahtete Bauelemente von Hand eingelötet zu werden.

Auf der SMD-Seite der Platine wird lediglich der Uhrquarz Q 1 bestückt. Dessen dünne Anschlussdrähte

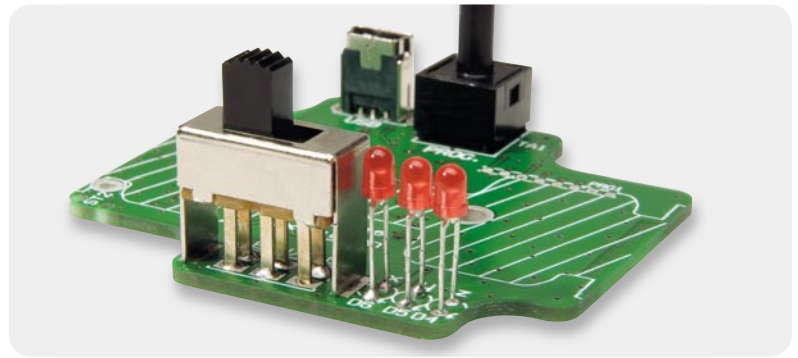


Bild 6: Die bedrahteten Komponenten liegen – bis auf die LEDs – alle bündig auf der Platine auf. Die LEDs sollten auf Schalterhöhe eingelötet werden.

sollten besonders vorsichtig eingelötet und anschließend auf der Platinenoberseite nahezu bündig gekürzt werden. Anschließend wird das Quarzgehäuse mit etwas Klebstoff (z. B. Heißkleber) auf der Platinenoberfläche fixiert.

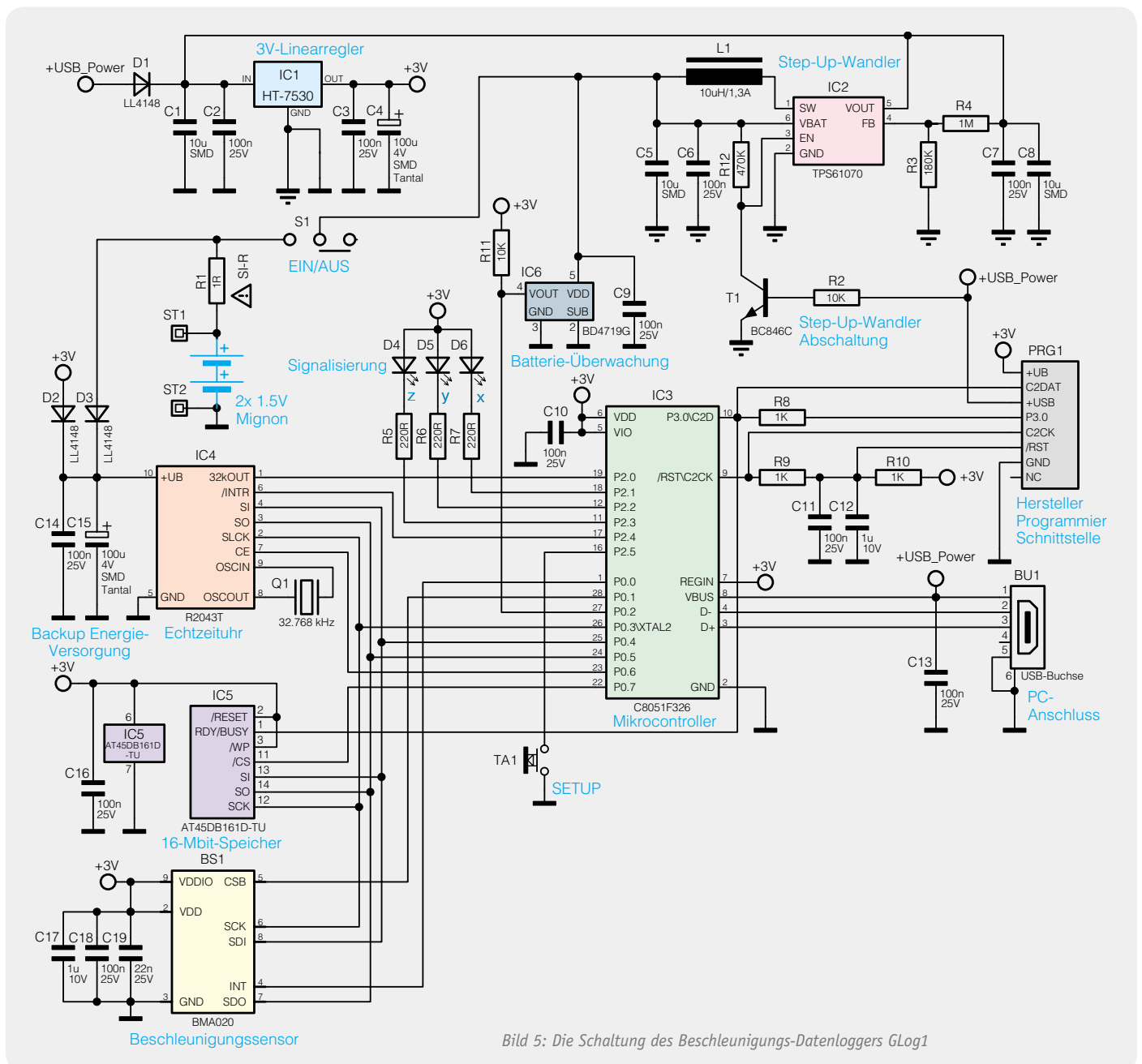


Bild 5: Die Schaltung des Beschleunigungs-Datenloggers GLog1

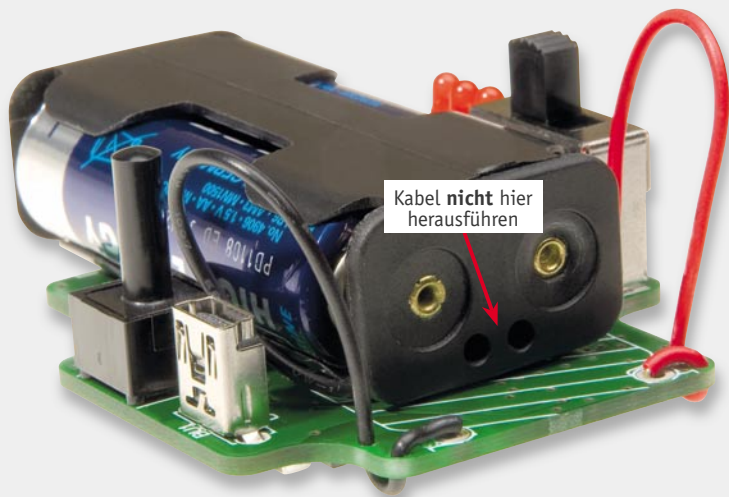


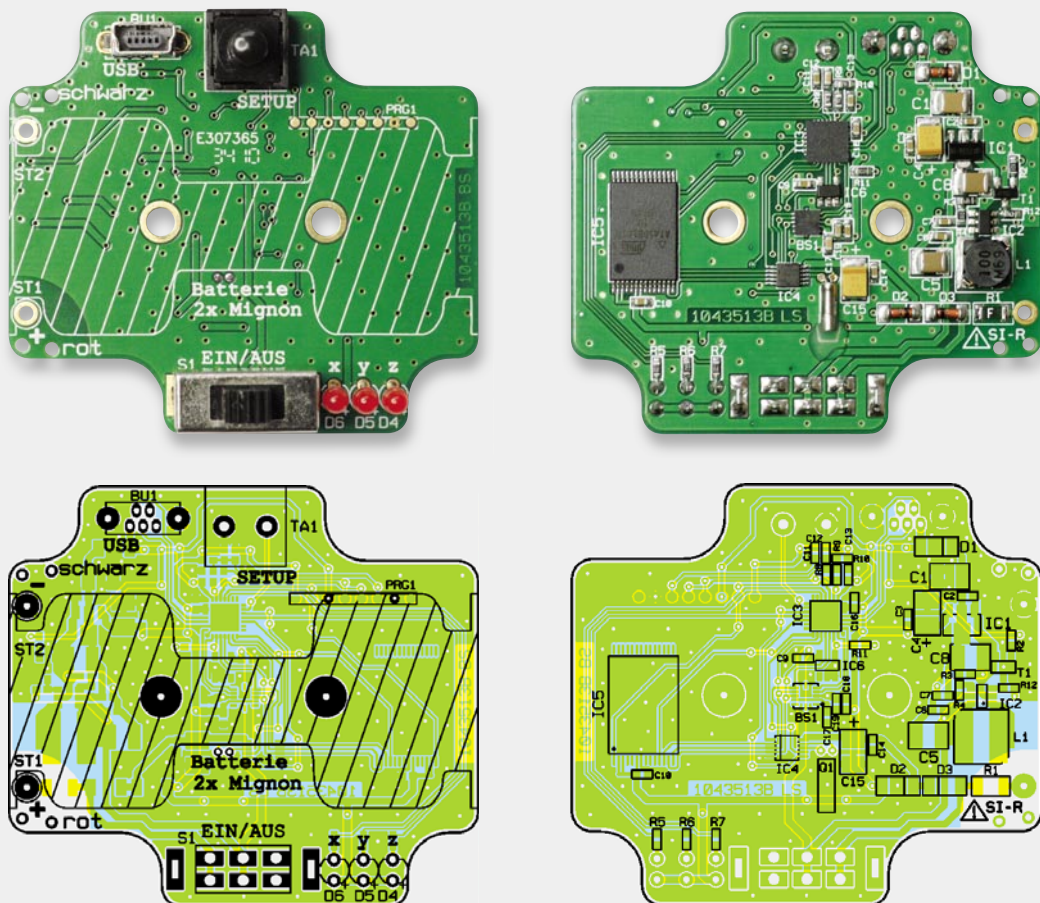
Bild 7: Statt auf der Stirnseite werden die Anschlusskabel seitlich aus dem Batteriehalter herausgeführt und dann mehrfach durch die Platine geführt.

Auf der Oberseite werden, wie in Bild 6 gezeigt, die USB-Buchse BU 1, der Taster TA 1 und der Schalter S 1 bündig aufliegend eingelötet. Die LEDs D 4 bis D 6 werden polungsrichtig (langer Anschlussdraht = Anode = Plusmarkierung auf Platine) so eingelötet, dass sich deren Gehäuseoberkanten ungefähr auf Höhe der Gehäuseoberfläche des Schalters S 1 befinden.

Zuletzt sind die Anschlussdrähte des Batteriehalters vorsichtig durch die beiden Löcher auf der Stirnseite des schwarzen Kunststoffgehäuses zurückzuschieben und, wie in Bild 7 zu sehen, stattdessen seitlich herauszuführen. Dies ist aus dem Grund notwendig, da der Batteriehalter mit Kabel sonst zu breit ist und dann nicht ins Gehäuse des GLog1 hineinpasst. Der rote und der schwarze Anschlussdraht sind, entsprechend der auf der Platine aufgedruckten Polung und wie in Bild 7 zu sehen, zweimal durch die Platine zu führen, so dass zwischen Platine und Batteriehalter ca. 50 mm Litze verbleiben. Die Kabelenden sind zu kürzen, auf 3 mm Länge neu abzuisolieren, durch die Lötäugen zu führen und von der Platinenunterseite her festzulöten. Die mehrfache Kabeldurchführung dient zur Sicherung des Kabels.

Im nächsten Schritt wird die Platine in das Gehäuseunterteil gelegt und, wie in Bild 8 zu sehen, von oben mit 2 Schaumgummistreifen gegen Herausfallen leicht fixiert. Die Klebestreifen kleben dabei nicht die Platine fest, sondern halten sie lediglich auf Position. Mit Schrauben kann die Platine nicht befestigt werden, da das Batterie-Pack sonst nicht plan auf der Platine aufliegen und der Deckel nicht vollständig geschlossen werden könnte. Lose liegt die Platine dennoch nicht im Gehäuse, da sie von den Schaumgummistreifen und vor allem vom Batterie-Pack festgeklammert wird.

Als Nächstes ist das weiße Dichtmaterial, wie in Bild 9 zu sehen, in die umlaufende Rille des transpa-



Ansicht der bestückten Platine mit zugehörigem Bestückungsplan, links die Oberseite, rechts die Unterseite

renten Deckels zu legen und vorsichtig hineinzudrücken, wobei die Enden so gekürzt werden, dass sie eng auf Stoß liegen. Um auch an dieser Stelle der Dichtung ausreichenden Spritzwasserschutz zu gewährleisten, ist es sehr wichtig, dass hier weder ein Spalt entsteht, noch dass die Enden aufeinander liegen.

Jetzt können die Batterien polungsrichtig in den Halter gelegt und dieser ins Gehäuse gedrückt werden. Das so weit fertig gestellte Gerät ist in Bild 10 zu sehen.

Hiernach kann das Gehäuse mit den beiliegenden Schrauben und dem Deckel geschlossen werden.

Solange man auf den Spritzwasserschutz verzichten kann, genügt es, den Deckel mit nur zwei gegenüberliegenden Schrauben zu montieren. In dem Fall kann das Gehäuse zum Einschalten oder zum Auslesen des Datenloggers schneller geöffnet werden. **ELV**



Weitere Infos:

[1] PC-Tool zum Auslesen und Auswerten der Messdaten:
www.LogView.info

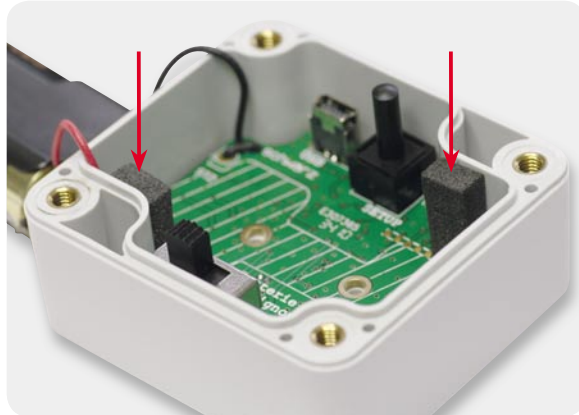


Bild 8: Zwei einseitig klebende Schaumgummistreifen halten die Platine im Gehäuseunterteil in Position.

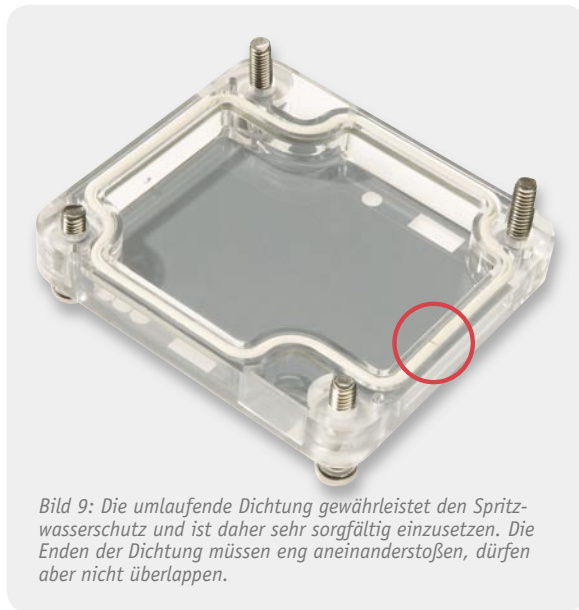


Bild 9: Die umlaufende Dichtung gewährleistet den Spritzwasserschutz und ist daher sehr sorgfältig einzusetzen. Die Enden der Dichtung müssen eng aneinanderstoßen, dürfen aber nicht überlappen.



Bild 10: Der geöffnete Datenlogger mit eingesetztem Batterie-Pack

Widerstände:

Sicherungswiderstand 1 Ω/SMD/1206	R1
220 Ω/SMD/0603	R5–R7
1 kΩ/SMD/0603	R8–R10
10 kΩ/SMD/0603	R2, R11
180 kΩ/SMD/0603	R3
470 kΩ/SMD/0603	R12
1 MΩ/SMD/0603	R4

Kondensatoren:

22 nF/SMD/0603	C19
100 nF/SMD/0603	C2, C3, C6, C7, C9–C11, C13, C14, C16, C18
1 µF/SMD/0603	C12, C17
10 µF/SMD/1210	C1, C5, C8
100 µF/4 V/SMD/tantal	C4, C15

Halbleiter:

HT7530/SMD	IC1
TPS61070DDC/SMD/TI	IC2
ELV10969/SMD	IC3
R2043T-E2-F/SMD	IC4
AT45DB161D-TU/SMD	IC5
BD4719G/SMD	IC6
BC846C	T1
LL4148	D1–D3
LED, 3 mm, Rot	D4–D6

Sonstiges:

Quarz, 32,768 kHz, 8 ppm	Q1
Speicherdrossel, SMD, 10 µH/1,3 A	L1
USB-B-Buchse mini, 5-polig, print, stehend	BU1
BMA020/SMD	BS1
Print-Taster, 1x ein, Schwarz	TA1
Schiebeschalter, 2x um, hoch, print	S1
1 Batteriehalter für 2 Mignon-Batterien (AA/LR6)	
2 Schaumstoff, 4 x 8 x 15 mm, selbstklebend	
1 USB-Kabel, 2 m, Schwarz	
1 Industrie-Aufputzgehäuse, G201C, komplett, bearbeitet und bedruckt	