

# Power-to-Unlock- Magnetverriegelung

-

## Bauanleitung



## Vorwort:

Bei diesem rein magnetischen Verriegelungssystem handelt es sich um ein Studentisches Projekt im Rahmen des Kurses Systems Engineering. Ziel war die Entwicklung eines Verriegelungssystem zum Nachbau für Privatanwendungen. Diese Bauanleitung beschreibt zusammenfassend den Weg zum fertigen Verriegelungssystem und zeigt an einigen Stellen alternative Varianten zur Detailumsetzung auf, enthält aber nicht alle im Laufe des Projekts wieder verworfenen Umsetzungsideen und liefert in Abgrenzung zur ausführlichen Projektdokumentation nicht die Erklärungen zur Funktionsweise der einzelnen Teilsysteme.

### Permanentmagnete:

#### ▪ **Materialien:**

Anzahl	Beschreibung	Verwendetes Produkt	Anforderungen Alternative
2	Neodymmagnet	<a href="https://www.magnetladen.de/neodym-quadmagnete/?p=2">https://www.magnetladen.de/neodym-quadmagnete/?p=2</a>	- Ähnliche Haltekraft - Größe passend zu Vierkanteisen
1	Vierkanteisen 75*10*10 mm	<a href="https://www.magnetladen.de/metallblock-75x10x10-mm/">https://www.magnetladen.de/metallblock-75x10x10-mm/</a>	- Ferromagnetisches Material
2	Vierkanteisen 20*10*10 mm	<a href="https://www.magnetladen.de/metallblock-75x10x10-mm/">https://www.magnetladen.de/metallblock-75x10x10-mm/</a> (gekürzt)	- Ähnlich Größenverhältnisse

- Legen Sie sich die oben genannten Eisenteile zurecht bzw. sägen sich gewählte Eisenteile auf Wunschlänge zu.
- Ermitteln sie die Polung der beiden Neodymmagnete. Sie können diese dazu einfach aneinanderhalten, wenn sie sich anziehen, zeigen ein Nord- und ein Südpol aufeinander.
- Positionieren Sie anschließend einen Magnet mit dem Südpol und einen mit dem Nordpol auf der Oberseite an zwei Enden des langen Eisenstücks.
- Setzen Sie nun die beiden kürzeren Eisenstücke auf jeweils einen Permanentmagneten, sodass alle 5 Komponenten ein U-Profil ergeben.
- Sie können die Haltekraft dieser Konstellation, und damit auch die korrekte Polung Ihrer Magnete überprüfen, indem sie das U-Profil auf ein weiteres langes Eisenstück oder eine Platte setzen und am Joch des U-Profils ziehen. Zur groben Messung der entwickelten Kraft setzen Sie an dieser Stelle ein Kofferwaage an und lesen beim Ziehen das Gewicht kurz vor Ablösen der Komponenten ab



### Elektromagnet:

#### ▪ **Materialien:**

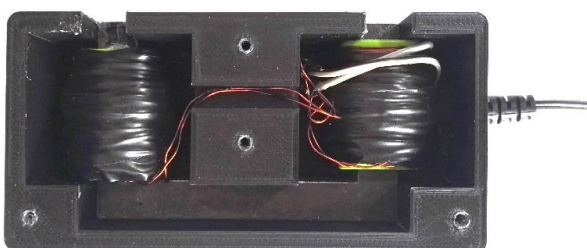
Anzahl	Beschreibung	Verwendetes Produkt	Anforderungen Alternative
1	U-Profil-Eisen:  Joch 75*10*10 mm  Schenkel 40*10*10 mm	<a href="https://www.magnetladen.de/metallblock-75x10x10-mm/">https://www.magnetladen.de/metallblock-75x10x10-mm/</a>	
3 m	Zuleitungskabel 2*1,0 cm <sup>2</sup>		- Länge so wählen, dass Steuerung an gewünschter Position angeschlossen werden kann.
110 m	Kupferlackdraht d = 0,5 mm		- Bei deutlich größerer Länge wegen Überhitzungsgefahr größeren Durchmesser wählen
	Isolierband		
	Schrumpfschlauch		

- Fräsen Sie ein U-Profil der gewünschten Größe (unbedingt passend zur Größe Ihres Permanentmagnet-Konstruktes) aus einer Eisenplatte passender Dicke.
- Alternativ schrauben Sie das U-Profil selbst zusammen

#### ○ **Zusätzliche Materialeien:**

Anzahl	Beschreibung	Verwendetes Produkt	Anforderungen Alternative
2	Vierkanteisen 40*10*10 mm	<a href="https://www.magnetladen.de/metallblock-75x10x10-mm/">https://www.magnetladen.de/metallblock-75x10x10-mm/</a> (gekürzt)	- Gleiches Material, wie Permantmagnet-Eisen - Höhe/Breite gleich, wie Permantmagnet-Eisen - Länge etwas länger als Permanentmagnet-Schenkel
1	Vierkanteisen 75*10*10 mm	<a href="https://www.magnetladen.de/metallblock-75x10x10-mm/">https://www.magnetladen.de/metallblock-75x10x10-mm/</a>	- Gleiches Material, wie Permantmagnet-Eisen - Höhe/Breite/Länge gleich, wie Permantmagnet-Eisen
2	Schraube 4*25 mm		

- Bohren Sie in die beiden kürzeren Eisenstücke der Länge nach je ein mittiges Loch mit Durchmesser 3,6 mm und Tiefe 17 mm.
  - Schneiden Sie in beide Löcher ein M4 Gewinde.
  - Bohren Sie durch das lange Vierkanteise mit Abstand zur Außenkante entsprechend der Hälfte der Tiefe der Schenkel-Eisenstücke an jeder Seite je ein Loch mit Durchmesser 4 mm.
  - Verbinden Sie die beiden kürzeren Stücke jeweils mit einer 4\*25 mm Schraube mit dem lange Eisenstück.
- Drucken Sie die Vorlage Wickelhülse mit einem 3D-Drucker 2-mal aus. Passen Sie ggf. vorher die Maße in der Vorlage an Ihr U-Profil-Eisen an.  
**Achtung! Die Innenmaße des gedruckten Objekts sind etwa 0,5 bis 1 mm kleiner als im Modell angegeben.**
  - Drucken Sie auch die Vorlage Bohrmaschinenadapter mit einem 3D-Drucker aus. Diese muss dementsprechend an die Innenmaße der Wickelhülsen angepasst werden!
  - Nehmen Sie sich eine zweite Person zur Seite
  - Stecken Sie zum Wickeln der ersten Spule die erste Wickelhülse auf den Adapter.
  - Spannen Sie den bestückten Adapter in eine Bohrmaschine oder Akkuschauber und stellen Sie diesen auf die niedrigste Drehgeschwindigkeitsstufe.
  - Fixieren Sie das Ende des Lackdrahts z.B. mit einem Isolierband an der Wickelhülse
  - Die zweite Person muss nun die Lackdrahtrolle kontinuierlich abwickeln, während Sie die Bohrmaschine gleichmäßig langsam drehen lassen und den Draht gespannt halten.
  - Führen Sie den Draht immer wieder langsam von vorne nach hinten und wieder zurück, damit eine gleichmäßige Wicklung entsteht.
  - Beenden Sie den Wickelvorgang, wenn der Spulendraht etwas über die Kanten der Wickelhülse ragt. Dies entspricht grob einer Windungszahl von 700 pro Spule.
  - **Achtung! Wenn Sie den Permanentmagneten stärker oder dessen Schenkel kürzer gewählt haben, benötigen Sie eine höhere Windungszahl, um die erhöht Kraftwirkung ausgleichen zu können.**
  - Schneiden Sie den Lackdraht in einer Entfernung von etwa 10 cm ab.
  - Nehmen Sie den Adapter aus der Bohrmaschine und die Hülse vom Adapter.
  - Fixieren Sie den Draht, indem Sie die Spule mit einer Schicht Isolierband umwickeln. Alternativ tränken sie die Spule in Klebstoff und lassen Sie diesen entsprechend den Anwendungshinweisen aushärten.
  - Wiederholen Sie den Vorgang mit der zweiten Spule.
  - Stecken Sie die beiden Spulen auf die Schenkel des U-Profils. Für eine korrekte Polung achten sie darauf, dass der Draht auf beiden Spulen jeweils vom Joch aus gesehen nach oben gewickelt ist.
  - Die beiden Spulen werden elektrisch parallel geschaltet. Verlöten sie dazu je ein oberes und ein unteres Lackdrahtende mit einer Zuleitungsader. Achten Sie auf korrektes Entfernen der Isolierung und verwenden sie zur Isolation der Lötstelle einen Schrumpfschlauch.



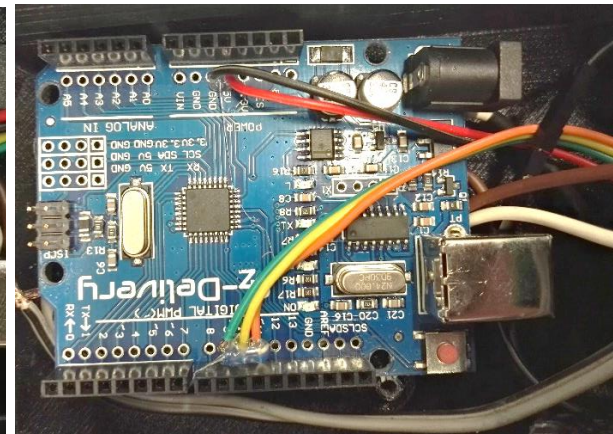
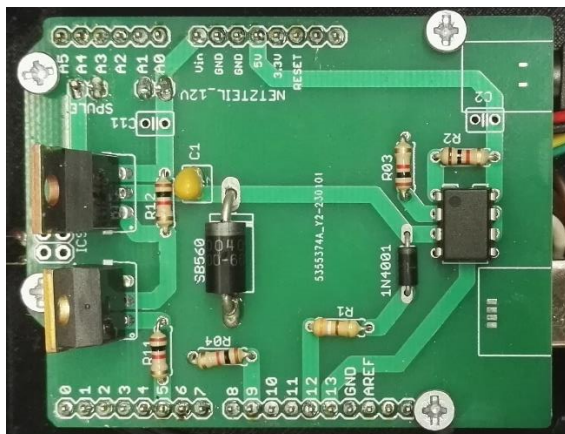


## Schaltung:

### ▪ Materialeien:

Anzahl	Beschreibung	Verwendetes Produkt	Anforderungen Alternative
3	Widerstand 1 k $\Omega$		
1	Widerstand 10 k $\Omega$		
2	Kapazität 100 nF		
1	Kapazität 1 $\mu$ F		
1	P-Kanal-MOSFET	IRLZ44N	
1	NPN-Bipolartransistor	MJE15029	
1	Komparator	LM393	– z.B. LM339 (andere Wahl der Widerstände und Kapazität beachten)
1	Diode	1N4007	
1	Diode	BY500	– 5 A

- Es existieren zwei Varianten der Leiterplatte zur Steuerung und Induktivitätsmessung. Eine zur Verbindung per Jumper-Drähten oder verlöteten Leitungen mit einem Arduino oder anderen Microcontroller und eine Variante zum festen Aufstecken auf einen Arduino Uno.
- Passen Sie Schaltplan und Layout der Leiterplatten ggf. an Ihre verwendeten alternativen Bauelemente an. Nutzen Sie dafür die Software Eagle. Achten Sie auf die Konsistenz der Board-Datei.
- Wenn Sie einen anderen Microcontroller, als den Arduino Uno verwenden, können Sie auch ein eigenes Layout für eine Aufsteckplatine für diesen designen.
- Bestellen Sie sich bei einem Anbieter Ihrer Wahl eine Leiterplatte nach der vorgegebenen oder angepassten Eagle-Board-Datei. In den meisten Fällen kann diese direkt oder als zip-Datei auf der Website des Platinenfertigers hochgeladen werden. Gleichen Sie Ihr Layout vorher unbedingt mit den Herstelleranforderungen ab.



### Programm:

- Wenn Sie den Arduino Uno verwenden, müssen Sie keine Anpassungen am Programmcode vornehmen, Sie können aber bei Verwendung der eigenständigen Steuerplatine andere Pins für einzelne Funktionen verwenden (Achten Sie aber auf Konsistenz mit Ihrer Verdrahtung).
- Schließen Sie in diesem Fall den Arduino über das mitgelieferte USB-Kabel an Ihren PC an, öffnen Sie die Software Arduino IDE, wählen Sie im Reiter „Werkzeuge“ unter „Board“ den Arduino Uno aus und laden das Programm durch Klick auf die entsprechende Schaltfläche hoch. Nach wenigen Sekunden ist das Hochladen abgeschlossen und das Programm wird direkt vom Arduino ausgeführt.
- Wenn Sie einen anderen Microcontroller der Arduino Familie verwenden, wählen Sie stattdessen unter „Board“ den entsprechenden Microcontroller aus. Die Anpassungen im Code sollten sich in der Regel nur auf die Änderung der verwendeten Pins beschränken. Beachten Sie dennoch das Datenblatt des Microcontrollers.
- Wenn Sie einen anderen Microcontroller eines anderen Herstellers verwenden, informieren Sie sich im Datenblatt des Microcontrollers und/oder der Website des Herstellers mit welcher Software der Code angepasst und hochgeladen werden kann und insbesondere, in welcher Weise die Zuweisung der Pins vorzunehmen ist.

Gehäuse:

▪ **Materialien:**

Anzahl	Beschreibung	Verwendetes Produkt	Anforderungen Alternative
552 g	PLA-Filament schwarz	Ultimaker PLA Premium Filament	<ul style="list-style-type: none"><li>- Passendes Produkt für jeweiligen 3D-Drucker wählen</li><li>- Farbe nach Belieben wählen</li></ul>

- Passen Sie die CAD-Vorlagen für die Gehäuse für Steuerung, Elektromagnet und Permanentmagnet ggf. Ihren Verwendeten Bauteilen an.

**Achtung! Die Innenmaße des gedruckten Objekts sind etwa 0,5 bis 1 mm kleiner als im Modell angegeben.**

- Drucken Sie die drei Vorlagen mit einem 3D-Drucker aus.  
Für ein gutes Druckergebnis ist keine Stützstruktur erforderlich, es können also auch problemlos Drucker-Einstiegsmodelle für den Amateurbereich verwendet werden.





### Verdrahtung/Montage:

#### ▪ **Materialeien:**

Anzahl	Beschreibung	Verwendetes Produkt	Anforderungen Alternative
2 bzw. 1(Aufsteckplatine)	2,1*5 mm Hohlstecker	<a href="https://www.amazon.de/gp/product/B08ZMLLJHT/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o03_s00?ie=UTF8&amp;psc=1">https://www.amazon.de/gp/product/B08ZMLLJHT/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o03_s00?ie=UTF8&amp;psc=1</a>	- Für Elektromagnet und Netzteil gilt jeweils: andere Stecker-Buchse Kombination ebenfalls möglich
2	2,1*5 mm Hohlstecker-Buchse		
1	Taster	<a href="https://www.amazon.de/gp/product/B07Q73PXYL/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o04_s00?ie=UTF8&amp;th=1">https://www.amazon.de/gp/product/B07Q73PXYL/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o04_s00?ie=UTF8&amp;th=1</a>	- Beliebiger Taster, kein Schalter
1	RGB-LED für 3...6 V	<a href="https://www.amazon.de/gp/product/B08VDT24YP/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o04_s01?ie=UTF8&amp;th=1">https://www.amazon.de/gp/product/B08VDT24YP/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o04_s01?ie=UTF8&amp;th=1</a>	- 2 einfarbige LEDs ebenfalls möglich - Vorwiderstand auch selbst vorschaltbar vor Standard-LED
1	Kippschalter		- Kann auch ersatzlos gestrichen werden
16 bzw. 12(Aufsteckplatine)	Geräteschrauben 3,2*25 mm		
1 m	Zuleitungsdraht 1,0 cm <sup>2</sup>		

- Setzen Sie zuerst den Elektromagnet in das dafür vorgesehene Gehäuse. Führen Sie am besten zuvor das Kabel durch das Loch in der Seitenwand, schieben Sie die Kabeldurchführung über das Kabel und in das Loch im Gehäuse. Verschließen Sie das Gehäuse mit dem zugehörigen Deckel.
- Setzen Sie die Permanentmagnetanordnung in das dafür vorgesehene Gehäuse und verschrauben Sie den Deckel mit dem Gehäuse.  
Achten Sie unbedingt auf die korrekte Lage der Pole, sodass es bei bestromtem Elektromagnet zu einer Abstoßung beider Komponenten kommt. Der Permanentmagnet muss später mit der Haltelasche des Gehäuses nach unten an der Türe montiert werden. Am einfachsten finden Sie die korrekte Lage durch Ausprobieren heraus, indem Sie den Elektromagneten direkt mit dem Netzteil verbinden und gegen den Permanentmagneten halten.

- Bei Verwendung der eigenständigen Steuerungsplatine:
  - Befestigen Sie zuerst den Arduino Uno oder Ihren verwendeten alternativen Microcontroller mit Geräteschrauben im Steuerungsgehäuse
  - Befestigen Sie auch die Leiterplatte mit 4 Schrauben im Gehäuse
  - Verbinden Sie die Pins wie im Schaltplan angegeben mit der Leiterplatte. Sie können entweder Stiftleisten auf der Leiterplatte anbringen und Jumper-Kabel verwenden oder Drähte fest verlöten.
  - Schrauben Sie die beiden Hohlstecker-Buchsen und den Kippschalter in die dafür vorgesehenen Löcher im Steuerungsgehäuse.
  - Verbinden Sie durch Anlöten eines Drahtes die positive Lötfläche der Hohlstecker-Buchse für das Netzteil mit einem Anschluss des Kippschalters.
  - Löten Sie die positive Ader eines Hohlstecker-Kabels, sowie einen weiteren Draht an den anderen Schaltkontakt des Kippschalters.
  - Verbinden Sie das andere Ende jenes Drahtes mit dem positiven Pin „Netzteil“ der Leiterplatte.
  - Verlöten Sie den zweiten Leiter des Hohlstecker-Kabels, sowie einen weiteren Draht mit dem Masseanschluss der Netzteil-Hohlstecker-Buchse.
  - Verbinden Sie das andere Ende jenes Drahtes mit dem Masse-Pin „Netzteil“ der Leiterplatte.
  - Stecken Sie den angelöteten Hohlstecker in den 12 V-Versorgungsanschluss des Arduinos.
  - Stellen Sie durch Anlöten zweier weiterer Drähte eine Verbindung zwischen der Hohlstecker-Buchse zum Anschließen des Elektromagneten und den Pins „Spule“ der Leiterplatte her.
  - Verbinden Sie, bevorzugt durch Löten, das Anschlusskabel des Elektromagneten mit den Kabeln des zweiten Hohlsteckers.
  - Achtung! Achten Sie auf ausreichende Isolierung, beispielsweise durch die Verwendung von Schrumpfschläuchen.**
  - Schrauben Sie die LED-Lampe und den Taster in die vorgesehenen Löcher des Deckels für das Steuerungsgehäuse.
  - Verbinden Sie die drei Adern der RGB-LED entsprechend der Pinbelegung im Programmcode mit dem Arduino Uno oder Ihrem verwendeten alternativen Microcontroller. Löten Sie dazu entweder direkt die Anschlussdrähte am Mikrocontroller an oder löten Sie halbierte Jumper-Kabel an die Anschlussdrähte der LED und stellen eine Steckverbindung her.
  - Verbinden Sie den Taster entsprechend der Pinbelegung im Programmcode mit dem Arduino Uno oder Ihrem verwendeten alternativen Microcontroller. Löten Sie dazu entweder Drähte am Taster und am Microcontroller an oder löten Sie halbierte Jumper-Kabel an die Lötflächen des Tasters und stellen eine Steckverbindung zum Arduino her.
  - Kontrollieren Sie, dass alle Kabel möglichst weit entfernt von den Bauelementen der Leiterplatte, insbesondere den Transistoren, die im Betrieb eine gewisse Hitze entwickeln können, und des Microcontrollers liegen und durch kein Bauteil, insbesondere den Deckel eingeklemmt werden können.
  - Schrauben Sie den Deckel auf das Steuerungsgehäuse.

- Bei Verwendung der Aufsteckplatine für den Arduino Uno
  - Befestigen Sie den Arduino Uno mit 4 Geräteschrauben im Steuerungsgehäuse
  - Bringen Sie Stiftleisten auf der Unterseite der Leiterplatte an.
  - Stecken Sie die Leiterplatte mit den Stiftleisten in die Stiftleisten des Arduino.
  - Schrauben Sie die beiden Hohlstecker-Buchsen und den Kippschalter in die dafür vorgesehenen Löcher im Steuerungsgehäuse.
  - Verbinden Sie durch Anlöten eines Drahtes die positive Lötfläche der Hohlstecker-Buchse für das Netzteil mit einem Anschluss des Kippschalters.
  - Löten Sie einen weiteren Draht an den anderen Schaltkontakt des Kippschalters.
  - Verbinden Sie das andere Ende jenes Drahtes mit dem positiven Pin „Netzteil“ der Leiterplatte.
  - Verlöten Sie einen weiteren Draht mit dem Masseanschluss der Netzteil-Hohlstecker-Buchse und mit dem Masse-Pin „Netzteil“ der Leiterplatte.
  - Stellen Sie durch Anlöten zweier weiterer Drähte eine Verbindung zwischen der Hohlstecker-Buchse zum Anschließen des Elektromagneten und den Pins „Spule“ der Leiterplatte her.
  - Verbinden Sie, bevorzugt durch Löten, das Anschlusskabel des Elektromagneten mit den Kabeln des Hohlsteckers.
  - **Achtung! Achten Sie auf ausreichende Isolierung, beispielsweise durch die Verwendung von Schrumpfschläuchen.**
  - Schrauben Sie die LED-Lampe und den Taster in die vorgesehenen Löcher des Deckels für das Steuerungsgehäuse.
  - Verbinden Sie die drei Adern der RGB-LED entsprechend der Pinbelegung im Programmcode mit den Kontaktbohrungen, die parallel zu den werksseitig angebrachten Stiftleisten des Arduino Uno liegen. Löten Sie dazu entweder direkt die Anschlussdrähte an oder löten Sie halbierte Jumper-Kabel an die Anschlussdrähte der LED und die Kontaktbohrlöcher und stellen eine Steckverbindung her, um den Deckel des Steuerungsgehäuses jederzeit entfernen zu können.
  - Verbinden Sie den Taster entsprechend der Pinbelegung im Programmcode mit den Kontaktbohrungen, die parallel zu den werksseitig angebrachten Stiftleisten des Arduino Uno liegen. Löten Sie dazu entweder direkte Drähte an oder löten Sie halbierte Jumper-Kabel an die Lötflächen des Tasters und die Kontaktbohrlöcher und stellen eine Steckverbindung her, um den Deckel des Steuerungsgehäuses jederzeit entfernen zu können.
  - Kontrollieren Sie, dass alle Kabel möglichst weit entfernt von den Bauelementen der Leiterplatte, insbesondere den Transistoren, die im Betrieb eine gewisse Hitze entwickeln können, und des Microcontrollers liegen und durch kein Bauteil, insbesondere den Deckel eingeklemmt werden können.
  - Schrauben Sie den Deckel auf das Steuerungsgehäuse.
- Beachten Sie zum weiteren Vorgehen die Bedienungsanleitung des Power-to-Unlock-Magnetverriegelungssystems.

