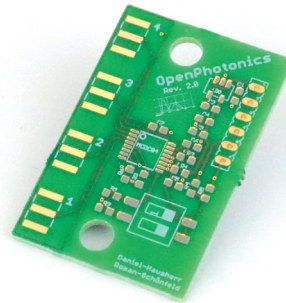




### Laser-Hack 3: Lötpaste aufrakeln

**Abbildung 11:**  
Foto der fertig vorbereiteten Leiterplatte. Die Lötpaste ist präzise an allen Kontaktstellen aufgetragen (gräulich/silbern), an denen später die Elektronikbauteile aufgelötet werden.



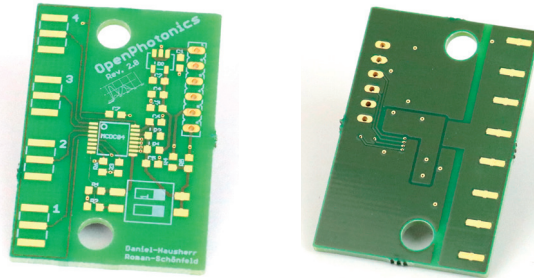
In diesem Laser-Hack wird die Leiterplatte vorbereitet, die für den Aufbau der Messelektronik benötigt wird. Hierbei ist der zentrale Arbeitsschritt das Auftragen der Lötpaste auf die zahlreichen Kontakte der Leiterplatte. Dies wird auch als »Rakeln« bezeichnet. Da sehr kleine Elektronikbauteile verwendet werden und die Kontaktpunkte sehr eng beieinander liegen, ist eine hohe Präzision erforderlich. Zur Vereinfachung des gesamten Aufbaus habe ich eine Leiterplatte entworfen, bei der die elektronischen Bauteile nur auf der Oberseite platziert werden müssen. Für diesen Hack werden die folgenden Bauteile benötigt:

Die Dateien für die Bestellung der Leiterplatte habe ich auf unserer Webseite sowie direkt bei dem Leiterplattenhersteller aisler.net hinterlegt.

Anzahl	Artikelname	Art. Nr.
1	Lötpastenschablone	RK-10043
4-6	Magnete	S-08-06-N52N
1	Basisplatine inkl. Stencil	<a href="https://aisler.net/p/QKVCPSOY">https://aisler.net/p/QKVCPSOY</a>
1	Lötpaste	SMD291SNL10

Die folgenden Fotos zeigen die 1,6 mm dicke Leiterplatte, wie ich sie vom Leiterplattenhersteller Aisler B.V. erhalten habe.

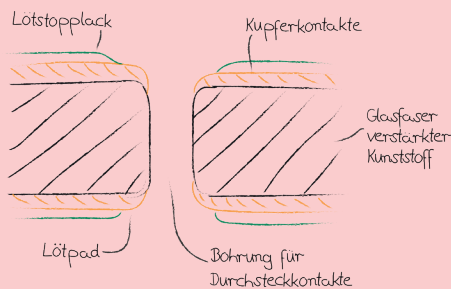
Die Leiterplatte kann bei allen (online-)Leiterplattenherstellern und in unterschiedlichen Farben gefertigt werden. Beachte: Die Kosten für die Lieferung sind höher als die Leiterplatte selbst, sodass am besten gleich 3-5 Stück bestellt werden. Dann ist es auch nicht schlimm, wenn beim Aufbau einmal etwas schief geht. Auch sind Bestellungen für mehrere Aufbauten und/oder für Freunde möglich.



**Abbildung 12:**  
Foto der Vorder- (links) und Rückseite (rechts) der Leiterplatte, wie sie vom Leiterplattenhersteller geliefert wurde. Bei der Bestellung habe ich eine grüne Platte ausgesucht. Du kannst auch andere Farben bestellen.

Zu beachten sind die unterschiedlichen Lieferzeiten bei den unterschiedlichen Herstellern: Günstige Leiterplatten werden vorzugsweise in Asien gefertigt und haben längere Lieferzeiten.

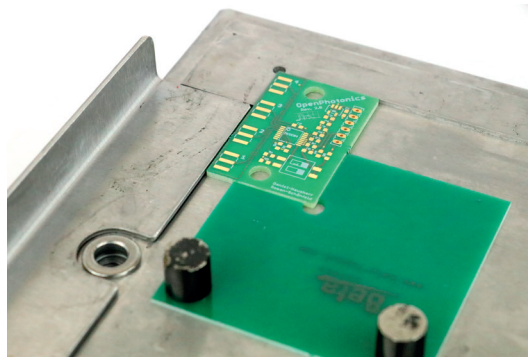
Leiterplatten stellen das Grundgerüst elektronischer Schaltungen dar und werden kurz als PCB bezeichnet (englisch: ›Printed Circuit Board‹). Als Trägermaterial wird glasfaserverstärkter Kunststoff verwendet. Auf der Ober- und Unterseite sind Leitungen und Kontakte (meist) durch photochemische Belichtungsverfahren aufgebracht und verbinden in der aufzubauenden elektronischen Schaltung die einzelnen Komponenten miteinander. Die Kontakte dienen zudem als mechanische Befestigung für die Elektronikbauteile. Bauteile können sowohl auf der Oberseite aufgelötet werden als auch als sogenannte ›Durchsteckbauteile‹ durch Bohrungen in der Leiterplatte fest montiert werden.





Zum Schutz der empfindlichen Leitungen, die meist aus Kupfer bestehen, ist der größte Teil der Leiterplatte mit einem Lötstopplack überzogen – nur die Kontaktstellen werden freigelassen. Dadurch wird erreicht, dass beim Anlöten der Bauteile Lötzinn nur auf den dafür vorgesehenen Flächen haftet. Vom Lack ausgesparte Flächen bezeichnet man als »Lötpad«.

**Schritt 1:** Für das Rakeln der Lötpaste muss die Leiterplatte (PCB) flächig eingespannt werden. Hierbei darf die Spannvorrichtung nicht über die Platte herausragen oder Teile der Platte verdecken. Ich verwende ein Magnetboard, wie in der Abbildung gezeigt. Es handelt sich um eine Metallplatte mit einem Anschlagswinkel und Aufbauhöhe von 1,6 mm. Das PCB kann dadurch mit einer Platte mit Aussparung, die ebenfalls 1,6 mm dick ist, und zwei Magneten in der Ecke angelegt und fixiert werden.



**Abbildung 13:**  
Foto der Leiterplatte, die auf einem Magnetboard angelegt und fixiert ist

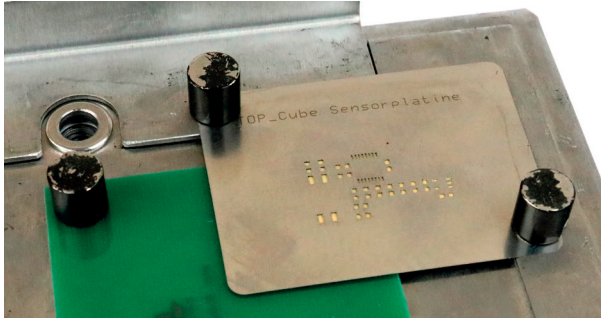
**Schritt 2:** Jetzt muss der »Stencil« auf der Leiterplatte passgenau positioniert werden. Der Stencil besteht meist aus Edelstahl und hat genau an den Stellen Aussparungen, wo sich auf dem PCB die Lötpads befinden. Daher wird dieser auch am besten bei dem Hersteller der Leiterplatte mitbestellt. Der Stencil hat die Funktion einer mechanischen Maske, sodass die Lötpaste einfach, sauber und präzise auf die Kontakte aufgebracht werden kann. Dazu legst du den Stencil auf die Leiterplatte und richtest ihn solange aus, bis alle Lötpads vollständig durch die einzelnen Öffnungen zu sehen sind.



## Aufbau-Laser-Hack: Lötpaste aufrakeln

# HACK #3

Dann wird der Stencil mit einem starken Magneten im Randbereich fixiert, sodass die Maske beim Auftragen der Lötpaste im nächsten Schritt nicht verrutscht und du genügend Platz zum Auftragen der Lötpaste hast. Sollte hierbei einer der Magneten verrutschen, die die Leiterplatte fixieren, ist es notwendig, wieder mit Schritt 1 zu beginnen.



**Abbildung 14:**

Foto des Stencils, der präzise auf der Leiterplatte positioniert wurde. Die Magnete sind weit am Rand positioniert, damit die Lötpaste problemlos aufgetragen werden kann.

**Schritt 3:** In diesem Schritt wird die Lötpaste aufgetragen. Dazu wird zuerst eine ca. 3 cm lange Spur neben die Öffnungen auf den Stencil aufgetragen. Die Lötpaste darf dabei nicht in die Öffnungen selbst aufgetragen werden.

Jetzt wird die Lötpaste über den Stencil gestrichen und verteilt. Dazu kann jede flache Plastikkarte verwendet werden. Ich habe sehr

Ich verwende hier bleifreie Lötpaste. Das schont die Umwelt und deine Gesundheit.



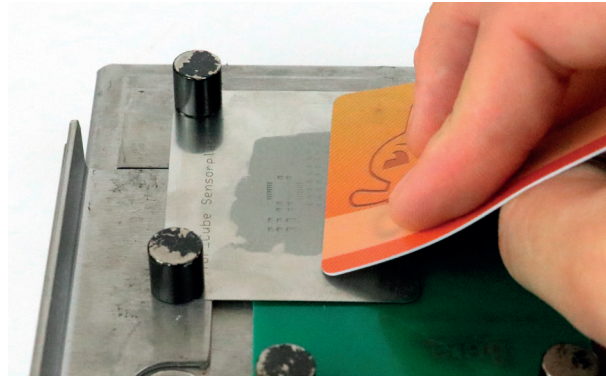
**Abbildung 15:**

Auftragung der Lötpaste neben den Aussparungen für die Kontaktpads





gute Erfahrungen mit scheckkartengroßen Rabattkarten, bspw. aus dem Bau- oder Supermarkt, gemacht. Wichtig ist, dass die Lötpaste mit diesem »Rakel« in möglichst einer einzigen fließenden Streichbewegung und möglichst gleichmäßig über die Stencilfläche verteilt wird.



**Abbildung 16:**

*Die Lötpaste wird mit einer Plastikkarte gleichmäßig und mit einem Winkel von 45 Grad über den Stencil gestrichen und verteilt*

Durch Reinigen kannst du Schritt 3 beliebig wiederholen. Am besten funktioniert das mit Isopropanol aus der Apotheke.

Ob das Rakeln gelungen ist, kann man einfach feststellen: Hierzu ist zu prüfen, ob sich in allen Öffnungen des Stencils Lötpaste befindet und die goldene Farbe der Löt pads nicht mehr zu sehen ist. Natürlich ist das Rakeln der Löt paste auf den Stencil Übungssache und beim ersten Mal sind ggf. mehrere Anläufe nötig. Ich habe es auch nicht gleich geschafft.

Ein paar Tipps dazu: Achte darauf, dass der Winkel der Kreditkarte beim Rakeln ca. 45 Grad zum Stencil beträgt. Versuche, möglichst nicht mehrfach mit dem Rakel über den Stencil zu streichen. Hierdurch drückst du sonst zuviel Löt paste zwischen Stencil und Leiterplatte und es kann zu einem Kurzschluss zwischen Löt pads kommen. Wenn es nicht geklappt hat, kann der Vorgang wiederholt werden, indem der Stencil und die Leiterplatte mit einem Papiertuch und etwas Spiritus gereinigt werden.

**Schritt 4:** Jetzt wird der Stencil von der Leiterplatte entfernt. Zuerst nimmst du die Magneten weg und hältst dabei den Stencil am Rand fest, sodass sie nicht verrutschen können. Dann kann der Stencil abgehoben werden. Am besten wird der Stencil möglichst senkrecht nach oben abgehoben, sodass die Löt paste nicht auf der Leiterplatte



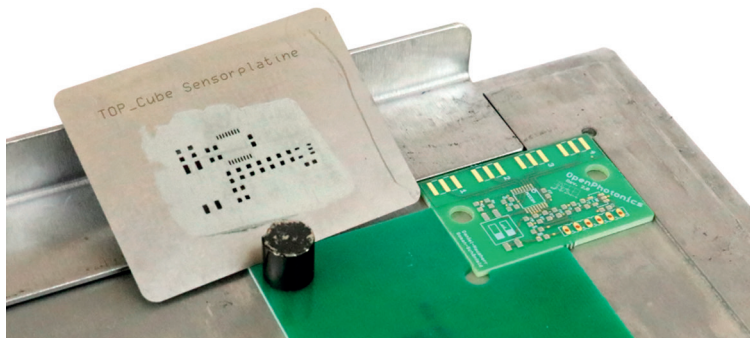
## Aufbau-Laser-Hack: Lötpaste aufrakeln

# HACK #3

verwischen kann. In der Abbildung ist die fertige PCB gezeigt. Die Lötpaste überdeckt die goldenen Pads und ist als leicht gräuliche Erhebung auf allen Löt pads zu erkennen.

Falls beim Abheben Löt paste verwischt oder auf der Leiterplatte Löt paste in die Bereichen zwischen den Löt pads zu sehen ist, kann der Vorgang wiederholt werden. Am einfachsten ist es, die Leiterplatte dazu komplett aus der Schablone zum Reinigen herauszunehmen und beim ersten Schritt zu beginnen.

Ein paar Löt pads bleiben ohne Löt paste, da diese später für das Anlöten der Photodiode und der Durchsteckbauteile benötigt werden.



**Abbildung 17:**  
*Leiterplatte nach Abheben des Stencils. Die aufrakelte Löt paste ist als leicht gräuliche Erhebung auf dem PCB zu erkennen.*

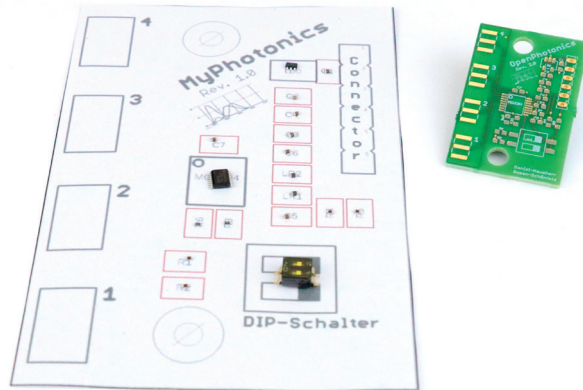
Wenn die Löt paste sehr gut auf der Leiterplatte verteilt ist, geht es mit dem Bestücken im nächsten Laser-Hack weiter.





### Laser-Hack 4: Leiterplatte bestücken

**Abbildung 18:**  
Foto der Bestückungsschablone mit SMD Komponenten sowie der Leiterplatte mit aufgerakelter Lötpaste



In diesem Laser-Hack werden die sehr kleinen Elektronikbauteile auf die Löt pads der Leiterplatte platziert. Hierzu werden eine ruhige Hand, etwas Geschick, eine feine Kunststoffpinzette und die folgenden Bauteile benötigt:

Die Bestückungsliste und -schablone findest du auch auf unserer webseite [www.1000laserhacks.de](http://www.1000laserhacks.de).

Angegeben sind die Bauteilbezeichnungen und Artikelnummern des Onlinehändlers [mouser.de](http://mouser.de).

Anzahl	Artikelname	Art.-Nr.	Kürzel
1	SMD 0603 0 Ohm	CRCW06030000Z0EAC	R6
2	SMD 0603 2.7 kOhm	SFR03EZPF2701	R4, R5
1	SMD 0603 3.3 MOhm	CRCW06033M30FKEAC	R3
2	SMD 0603 10 kOhm	SFR03EZPF1002	R1, R2
1	SMD 0603 Bead 100MHz 1kOhm 200 mA	74279266	LR1, LR2
1	LDO 100 mA, Low Noise	LT1761ES5-BYP#TRPBF	LDO
1	Sensor-Schnittstelle	AS89010	MCDC04
1	DIP-Schalter	A6S-2102-H	DIP
1	PIN-Header 2.54mm 6 Position	78511-406	Connector
1	SMD 10 Volt 1 uf	C0603C105K8PLR	C1

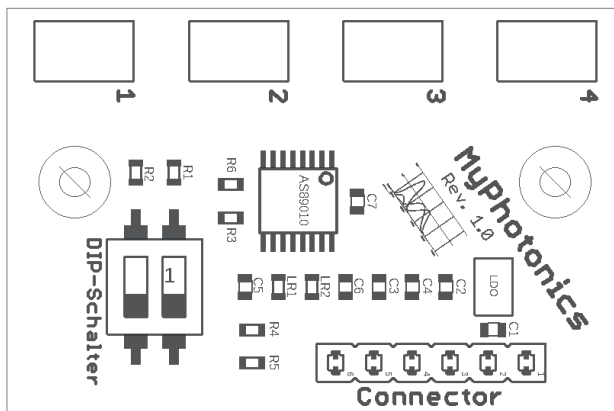


## Aufbau-Laser-Hack: Leiterplatte bestücken

# HACK #4

Anzahl	Artikelname	Art.-Nr.	Kürzel
1	RF-Steckverbinder SMA Female Edge Mount	CON-SMA-EDGE-S	1
1	SMD 0603 100 nf X7R 50V	06035C103J	C2
1	SMD 0603 10 uF, 6.3 VDC	JMK107ABJ106KAHT	C3
4	SMD 0603 0.1 uF, 50 VDC	06035G104ZAT2A	C4, C5, C6, C7
1	Lötmedium Paste Sn96.5/Ag3.0/Cu0.5	TS391SNL10	

Es handelt sich um sogenannte SMD-Bauteile (engl.: Surface-Mounted Device), die ausschließlich auf der Oberseite der Leiterplatte verlötet und befestigt werden. Hierdurch unterscheiden sie sich von Durchsteck-Bauteilen, die durch Löcher in die Leiterplatte gesteckt und zum Teil beidseitig verlötet werden. Diese werden erst ab Laser-Hack 6 eingelötet, da hierzu ein LötKolben verwendet wird.



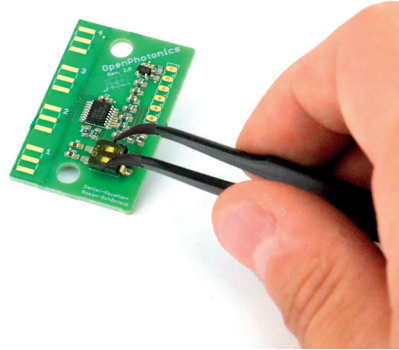
**Abbildung 19:**  
Bestückungsschablone für die  
Positionierung der SMD-  
Bauteile. Die Bauteilkürzel  
sind in der Tabelle aufgelistet.

Die Bestückungsschablone hilft dabei, die genaue Stelle der Leiterplatte zu erkennen, an denen die einzelnen SMD-Bauteile platziert werden müssen.





**Abbildung 20:**  
*Bestückung der Leiterplatte mit SMD-Bauteilen mit einer feinen Pinzette. Gezeigt ist die Platzierung des DIP-Schalters, der als letztes aufgelegt wird.*



Zunächst sollten alle SMD-Bauteile ausgelegt und entsprechend des Bestückungsplan, der Bauteilkürzel und Positionen vorsortiert werden. Vorsicht: Die Bauteile sind sehr empfindlich und können durch elektrostatische Aufladung beschädigt werden. Daher sollte dieser Arbeitsschritt nicht auf Teppich oder Kunststoffuntergrund durchgeführt werden. Schau dir auch alle Bauteile kurz an: Sie haben Kontaktenden bzw. abstehende Kontaktbeinchen.

Jetzt kann mit dem Bestücken begonnen werden. Am besten nimmst du hierzu eine Pinzette mit feiner Spitze. Jedes SMD-Bauteil wird einzeln aufgegriffen, auf die Lötunkte aufgelegt und mit ein wenig Druck in die Lötpaste gedrückt. Als Reihenfolge wird am besten mit den kleinen Bauteilen begonnen, also den Widerständen R1 bis R6, den Kondensatoren C1 bis C7 und den Ferriten LR1 & LR2. Es ist bei diesen Bauteilen egal, in welcher Richtung sie eingebaut werden. Wichtig ist aber, dass die Kontaktenden der SMD-Bauteile ausreichend Kontakt mit der Lötpaste auf beiden Löt pads haben.

Als nächstes sind die größeren Bauteile an der Reihe: der LDO, der große IC-Baustein AS89010 und der DIP-Schalter. Bei dem IC-Baustein musst du auf die richtige Einbauposition achten: Dafür hat dieser eine Markierung an einer Ecke in Form einer kleinen kreisförmigen Mulde. Der Baustein muss so platziert werden, dass die Mulde mit der Position des kleinen Kreises, der auf der Leiterplatte an der Stelle des AS89010 aufgedruckt ist, übereinstimmt.

Beim Bestücken ist unbedingt darauf zu achten, dass Bauteile, die

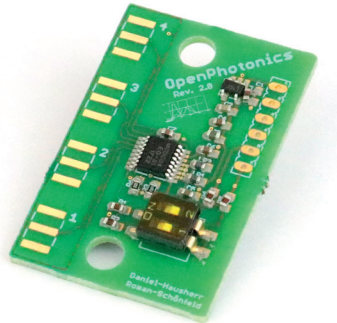




## Aufbau-Laser-Hack: Leiterplatte bestücken

# HACK #4

bereits bestückt sind, nicht berührt bzw. verschoben werden. Sollte das dennoch passieren, muss das letzte Bauteil entfernt und geprüft werden, ob sich die Lötpaste verwischt hat und alle weiteren Bauteile sich an ihrer richtigen Position befinden.



**Abbildung 21:**  
*Foto der fertig bestückten  
Leiterplatte mit allen  
SMD-Bauteilen*

Die Leiterplatte ist nun fertig bestückt und kann verlötet werden.



### Laser-Hack 5: SMD-Bauteile verlöten



**Abbildung 22:**  
*Foto der Herdplatte, mit der die SMD-Bauteile auf der Leiterplatte verlötet werden*

Beim Verlöten mit der Kochplatte kann Lötpaste auf die Plattenfläche gelangen. Die Kochplatte sollte daher möglichst nicht mehr für das Kochen eingesetzt bzw. nach dem Löteinsatz sehr gut gereinigt werden.

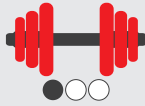
In diesem Laser-Hack erfolgt das Verlöten der SMD-Bauteile auf der Leiterplatte mit einer elektrischen Kochplatte. Hierzu werden die bereits bestückte und vorbereitete Leiterplatte, eine kleine Zange und eine herkömmliche elektrische Kochplatte benötigt, wie in der Abbildung gezeigt.

Ich habe eine sehr günstige Kochplatte mit einer elektrischen Leistung von 1.000 W im Online-Handel für unter 15 EUR gekauft. Platten mit höherer Leistung funktionieren auch. Vielleicht findest du eine solche Kochplatte noch im Keller oder auf dem Dachboden?

Zu Beginn der Arbeiten sollte die Herdplatte kalt sein und in einem gut belüfteten Raum stehen. Am besten erfolgt das Verlöten mit offenem Fenster und bei leichtem Durchzug. Die Dämpfe, die beim Lötvorgang entstehen, sind zwar nicht wirklich giftig, riechen aber teilweise etwas unangenehm.

Die Zange sollte so groß und so geformt sein, dass hiermit die Leiterplatte sicher angehoben und abgelegt werden kann. Probier es vor dem Löten ruhig einmal aus, damit du etwas Übung bekommst.

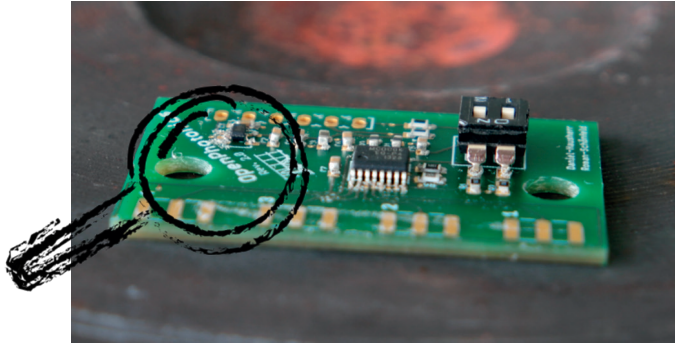
Die Leiterplatte kann dann auf der kalten Kochplatte abgelegt werden. Am besten eignet sich der Bereich der Kochplatte, der viele Rillen aufweist. Das ist meist nicht in der Mitte. Dadurch wird sichergestellt, dass die Leiterplatte möglichst gleichmäßig erwärmt wird.



## Aufbau-Laser-Hack: SMD-Bauteile verlöten

# HACK #5

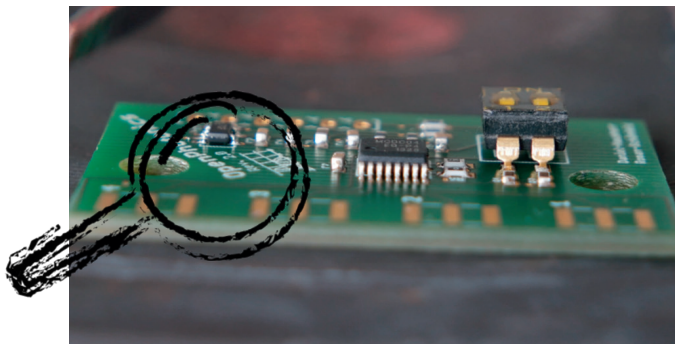
Vor dem Einschalten solltest du dir die Farbe der Lötpaste an den SMD-Bauteilen noch einmal genau anschauen. Die Lupe in der Abbildung zeigt an den Kontaktpunkten der Kondensatoren, dass die Lötpaste vor dem Verlöten noch grau aussieht und nicht glänzt.



**Abbildung 23:**  
Foto der Lötpaste an den Kondensatoren. Die Lötpaste ist noch grau und glänzt nicht.

Das Kochfeld wird nun auf maximale Heizleistung eingestellt. Zunächst passiert nicht viel, da sich die Platte erst aufheizen muss. Die Lötpaste bleibt in dieser Phase matt-grau. Nach ca. einer bis eineinhalb Minuten beginnt das Flussmittel zu verdampfen und die Platine fängt an zu qualmen. Keine Sorge, das ist völlig normal und zeigt, dass der Prozess richtig abläuft.

Ein paar Sekunden später kannst du beobachten, dass sich die Farbe der Lötpaste verändert. Das passiert, wenn die Lötpaste aufschmilzt. Jetzt heißt es: Aufgepasst! In der Abbildung ist die Farbveränderung



**Abbildung 24:**  
Beim Erhitzen verändert sich die Farbe der Lötpaste. Sie wird glänzend und zieht sich etwas zusammen.





**VORSICHT  
VERBRENNUNGS-  
GEFAHR!**

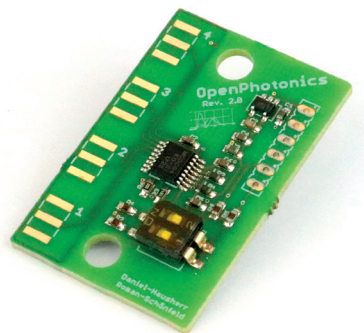
Das Löten mit der Herdplatte sollte immer beobachtet werden!

deutlich erkennbar. Die Lötstellen glänzen jetzt metallisch und sind etwas zusammengeschrumpft. Diese SMD-Bauteile sind schon einmal richtig mit Lötzinn kontaktiert.

Meistens fängt die Lötpaste in einer Ecke des PCB als erstes an zu schmelzen, da sich die Wärme der Kochplatte nicht überall gleich verteilt. Es ist daher sehr wichtig zu warten, bis die Lötpaste an allen Pads und Kontakten geschmolzen und glänzend geworden ist. Keine Sorge! Die SMD-Bauteile und die Leiterplatte halten die hohen Temperaturen aus und gehen nicht sofort kaputt.

Sobald die Lötpaste überall geschmolzen ist, nimmst du die Leiterplatte mit der Zange (nicht mit den Fingern, die Platte ist jetzt über 220 °C heiß!) vorsichtig und waagrecht von der Herdplatte herunter. Zum Abkühlen wird die noch heiße Leiterplatte auf einen wärmeunempfindliche Untergrund gelegt. Ich nehme hierzu meist einen alten Topfuntersetzer oder ein Küchentuch. Der Abkühlvorgang dauert ein paar Minuten. Erst wenn die Lötpaste eine Temperatur unter 45 Grad erreicht hat, kannst du sie in die Hand nehmen. Dies ist nach 10 Minuten sicher der Fall.

Zum Schluss solltest du einen kritischen Blick auf alle Kontaktpunkte werfen. Alle Kontaktstellen sollten glänzende Lötstellen aufweisen. Die Bauteile sollten zudem fest auf der Leiterplatte sitzen. Im Zweifelsfall lassen sich einzelne Kontakte einfach mit einem LötKolben nachlöten.



*Abbildung 25:  
Foto der Leiterplatte mit  
verlöteten SMD-Bauteilen*