

Alles geregelt – Pulsweiten-Modulator PWM 200

Der Pulsweiten-Modulator ist ein sehr universelles Werkzeug für die Lösung einer Vielzahl von Steuer- und Regelaufgaben. So können verlustarme Licht- und Motorsteuerungen ebenso einfach und kompakt realisiert werden wie auch digitale Funktionsgeneratoren.

Unser Pulsweiten-Modulator PWM 200 erzeugt ein PWM-Signal mit einer Frequenz von 10 Hz bis 100 kHz mit einem Tastverhältnis von 0 bis 100 %, das an einem Signalausgang und einem bis zu 3 A belastbaren Leistungsausgang zur Verfügung steht.

Gepulst statt in Wärme umgesetzt

Die Pulsweiten-Modulation, kurz PWM, wird in der Schaltungstechnik für eine Vielzahl von unterschiedlichen Steuer-

rungs- und Regelungsaufgaben eingesetzt. Beispiele hierfür sind u. a. die Regelung von Gleichstrommotoren, die LED- oder Glühlampen-Steuerung und die digitale Signalerzeugung.

Und der Modellbauer könnte kaum seine Motorsteuerung für Motoren, die unter Last 30, 40 oder 60 A „ziehen“, im Format einer halben Streichholzschatel (Abbildung 1) unterbringen, wenn hier nicht ein leistungsfähiger Pulsweiten-Modulator sein Werk tun würde. Auch nahezu jeder Mikrocontroller hat einen programmierbaren PWM-Ausgang, um unmittelbar Leistungsstellglieder anzu steuern oder PWM-Signale für andere Aufgaben bilden zu können. Mit 8 Bit sind hier bereits 255 verschiedene Impulsbreiten erzeugbar. Verfügt der Prozessor nicht über einen internen D/A-Wandler, genügt hier ein einfaches RC-Glied, um eine Gleichspannung in definierter Höhe abgeben zu können. Auch im

Technische Daten: PWM 200

Spannungsversorgung:	extern über Buchsenstecker oder Anschlussklemme
Betriebsspannung:	7–20 V _{DC}
Stromaufnahme:	ca. 30 mA
Frequenzbereich:	10 Hz – 100 kHz
Tastverhältnis:	0–100 %
Ausgang:	Signalausgang 5 V _{DC} /20 mA und Open-Drain-Ausgang 20 V/3 A
Abmessungen Platine (B x H x T):	65 x 91 x 2 mm

Audio-Bereich findet man den Pulsweiten-Modulator – ein digitaler Class-D-Verstärker ist prinzipiell nichts anderes!

Wie funktioniert's?

Ein Pulsweiten-Modulator erzeugt ein Rechtecksignal mit konstanter Frequenz, aber variablem Tastverhältnis. Das heißt, die Pulsweite wird innerhalb einer Signalperiode variiert. Abbildung 2 veranschaulicht dies. Nehmen wir einmal an, es ist ein Motor anzusteuern. Im ersten Abschnitt bekommt er, gemessen an der Pulsperiode, nur für kurze Zeit die volle Spannung, kann also während dieser Periode keine hohe Drehzahl erreichen. Durch die Trägheit der bewegten Teile bewegt er sich, eine geeignete Taktfrequenz vorausgesetzt, weiter, bis der nächste Impuls eintrifft. Ist dieser nun, wieder gemessen an der konstanten Pulsperiode (sprich Frequenz), länger, erhält der Motor länger die volle Spannung und wird sich schneller drehen. Welche Frequenz hierfür zu wählen ist, hängt vom Einsatzzweck ab. So kann z. B. eine zu niedrige Frequenz zu unrundem Motorlauf oder flackernder Beleuchtung führen, dies nennt man Schwingen. Die über die Impulsgrafik gelegte Kurve stellt den resultierenden (stilisierten und gemittelten) Spannungsverlauf am Motor dar. Die Spannung wird aus der Einschaltspannung (U_{ein}), der Ausschaltspannung (U_{aus}) sowie Ein- und Ausschaltzeit ($t_{\text{ein}}/t_{\text{aus}}$) nach folgender Beziehung gebildet:

$$U_m = U_{\text{aus}} + (U_{\text{ein}} - U_{\text{aus}}) \cdot \frac{t_{\text{ein}}}{t_{\text{ein}} + t_{\text{aus}}}$$

Welchen Vorteil hat diese Steuerung gegenüber einer konventionellen linearen Steuerung? Ganz einfach, die Verlustleistung des Reglers sinkt drastisch, er hat einen weit höheren Wirkungsgrad als ein linearer Regler!

Bei einer linearen Steuerung wird der Anteil der Gesamtleistung, die nicht an unseren Motor weitergegeben wird, nahezu komplett in Wärme umgesetzt, weshalb wir hier riesige Kühlkörper, Lüfter usw. zur Wärmeabführung einsetzen müssen.

Bei der PWM-Steuerung, die als Leistungsschalter meist MOSFETs einsetzt, produziert eigentlich nur noch der On-Widerstand des MOSFETs einen Verlust – der ist aber angesichts der extrem geringen On-Widerstände ebenfalls recht gering. Hier genügen dann sehr kleine Kühlkörper.

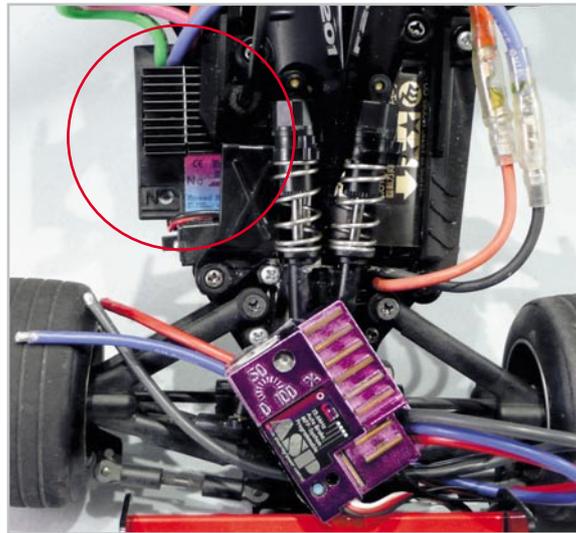


Bild 1: Typische PWM-Anwendung: der Fahrtregler für ein Modellfahrzeug. Oben links sieht man den eingebauten Fahrtregler (halb herausgezogen), der bis zu 80 A bewältigen kann. Ein ähnlicher Regler ist noch einmal unten zu sehen, anhand der Größenverhältnisse zu den Anschlusskabeln kann man die geringe Größe des auf PWM-Basis arbeitenden Reglers erkennen.

Ein Beispiel dazu: Der für kleine Fahrtregler im Modellbau, z. B. in den beliebten Koax-Mini-Hubschraubern (Abbildung 3), oft eingesetzte IRF 7413 hat bei 10 V nur einen On-Widerstand von 11 m Ω , weshalb er dann im Impulsbetrieb auch für Ströme bis 12 A trotz SMD-SO-8-Gehäuse und nur minimaler Kühlung durch eine kleine Kupferfläche der Platine einsetzbar ist. Bei diesem Typ ist sogar die obligatorische Freilaufdiode für induktive Lasten bereits integriert.

Auf diesen Grundlagen basiert der hier vorgestellte PWM 200. Er ist in einem weiten Frequenzbereich einstellbar, kann also an die Bedürfnisse verschiedenster Lasten angepasst werden, und die Pulsweite ist stufenlos zwischen 0 und 100 % einstellbar. Der Pulsweiten-Modulator gibt das erzeugte PWM-Signal sowohl direkt als auch über ein leistungsfähiges MOSFET-Stellglied aus, das sowohl ohmsche als auch induktive Lasten bis 3 A steuern kann.

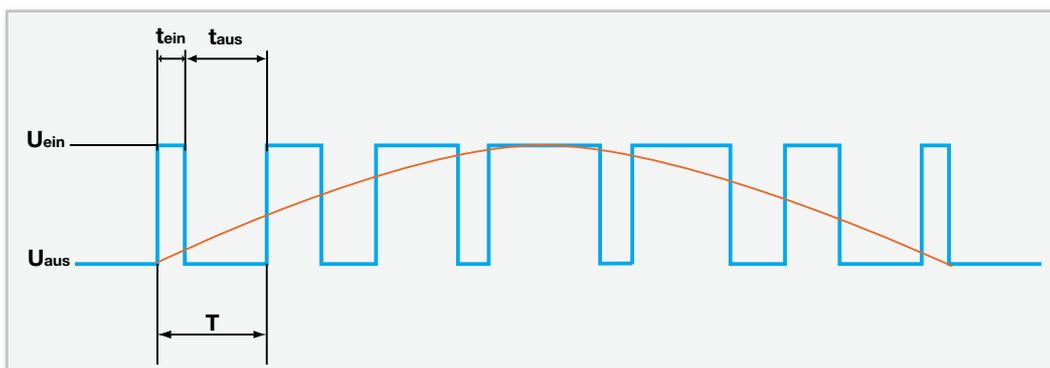


Bild 2: So funktioniert PWM. Je breiter der Impuls wird, desto höher ist die gemittelte Ausgangsspannung. Dabei bleibt hier die Periodendauer immer gleich.

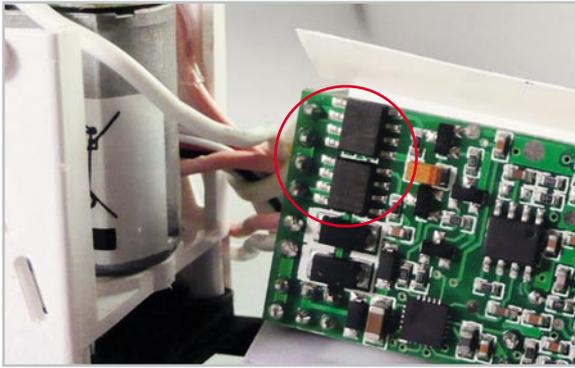


Bild 3: So weit kann die Miniaturisierung dank PWM gehen. Im Kreis die beiden 12-A-MOSFETs im S0-8-Gehäuse für die beiden Motoren eines Koax-Helis. Unten der Prozessor, der hier die Ansteuerung vornimmt.

Durch den übersichtlichen Aufbau und die vielseitige Verwendbarkeit ist die Schaltung sowohl für den ambitionierten Hobbyelektroniker als auch für den Einsteiger und die Ausbildung geeignet.

Schaltung

Die Schaltung des PWM 200 ist in Abbildung 4 zu sehen. Die Spannungsversorgung erfolgt entweder über die Hohlsteckerbuchse BU 1 oder die Schraubklemme KL 1. Über die Sicherung, die Verpolschutzdiode und den Ferrit L 1 gelangt die Versorgungsspannung zum Spannungsregler HT-7550-1,

der für eine stabilisierte 5-V-Spannung sorgt. Die Kondensatoren C 2 und C 3 dienen der Störunterdrückung, C 1 und C 4 der Glättung. Dem Ferrit L 1 wird in dieser Schaltung die Aufgabe zuteil, hochfrequente Störsignale zu unterdrücken.

Das Herzstück der Schaltung bilden IC 2 (LM393) und IC 3 (LT1719). Mit den Potentiometern R 2 und R 10 werden die Frequenzfeineinstellung und die Einstellung des Tastverhältnisses vorgenommen und mit dem Schiebeschalter S 2 der Frequenzbereich gewählt.

Mit Hilfe von IC 2 und der entsprechenden Peripherieschaltung ist ein Sägezahnoszillator realisiert. Das Potentiometer R 2, die Widerstände R 1 und R 3, der Transistor T 1 und die Spannungsreferenz-Diode D 2 bilden eine einstellbare Konstantstromquelle, die die je nach gewünschtem Frequenzbereich mit S 2 wählbaren Kondensatoren C 5 bis C 8 auflädt.

Der Komparator A vergleicht diese Spannung mit der durch den Spannungsteiler vorgegebenen Spannung von 2,5 V. Wenn die Spannung über diese Schwelle steigt, schaltet der Ausgang auf Low-Potential. Da dieser Ausgang eine Open-Collector-Charakteristik aufweist, kann er nur nach Masse schalten. Sobald dies geschehen ist, liegen R 6 und R 5 parallel. Dadurch ändert sich die Schaltschwelle auf ca. 0,2 V.

Das Ausgangssignal des Komparators A wird auf den nachgeschalteten Komparator B übertragen. Bei diesem liegt die Schaltschwelle, bestimmt durch R 7 und R 8, bei 2,25 V. Der Ausgang des Komparators B geht praktisch zeitgleich mit dem des Komparators A auf Low-Potential. Der jeweils ge-

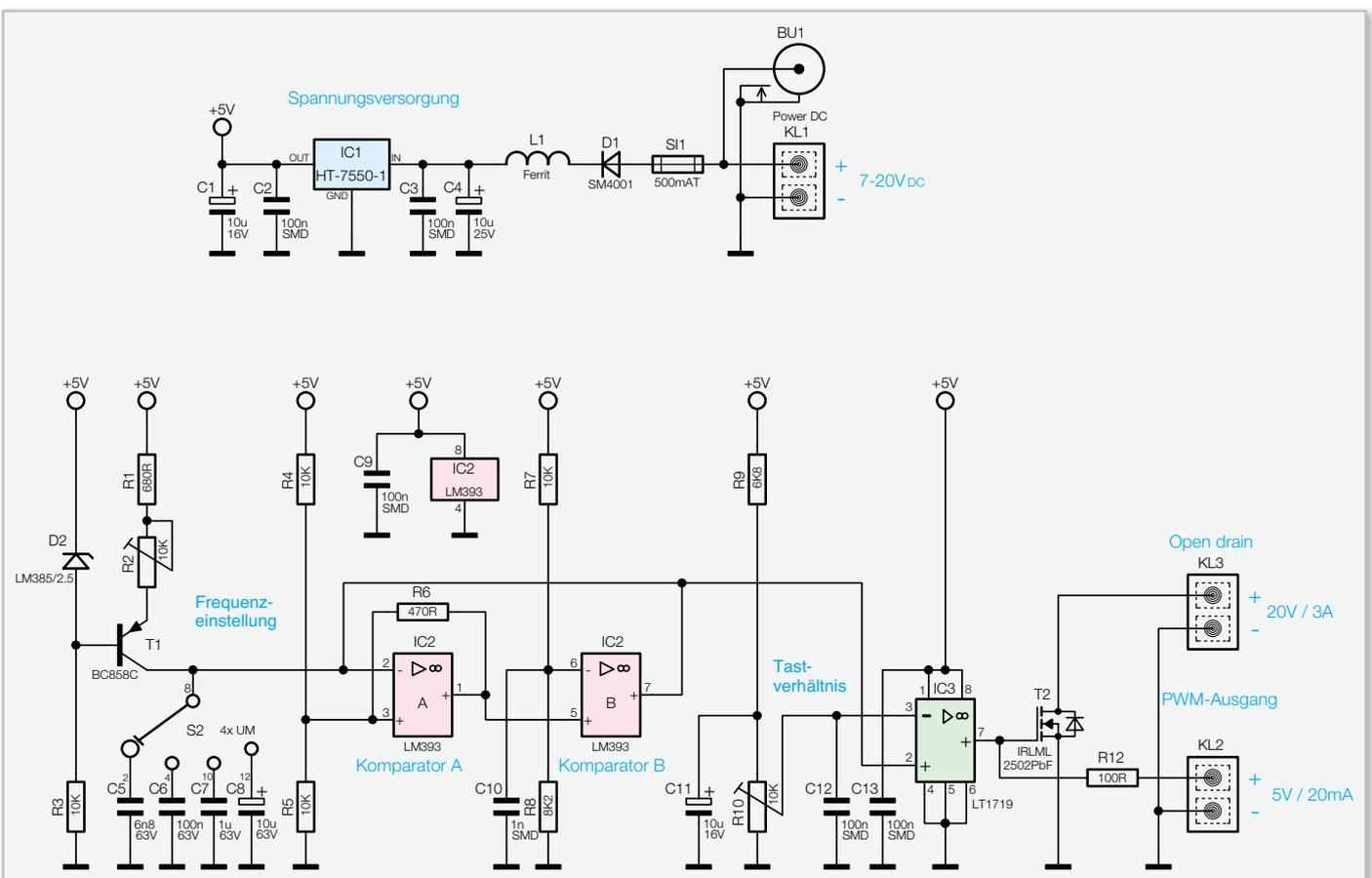


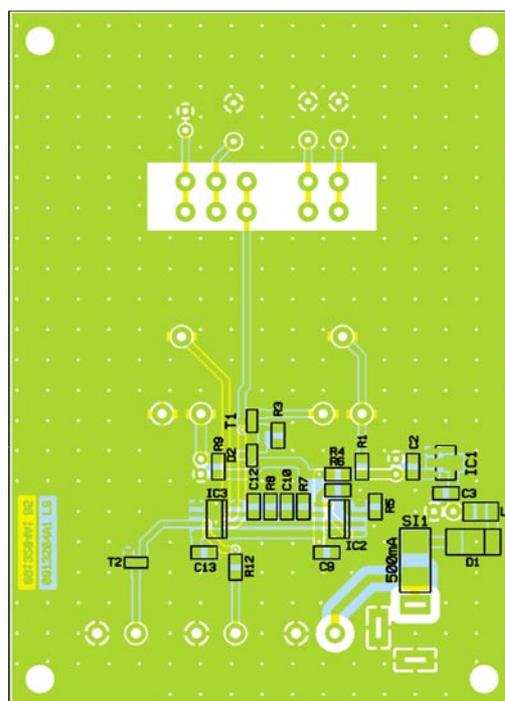
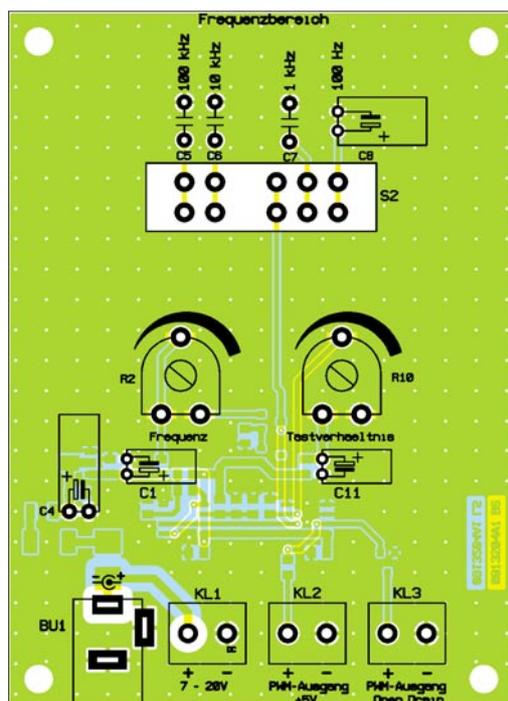
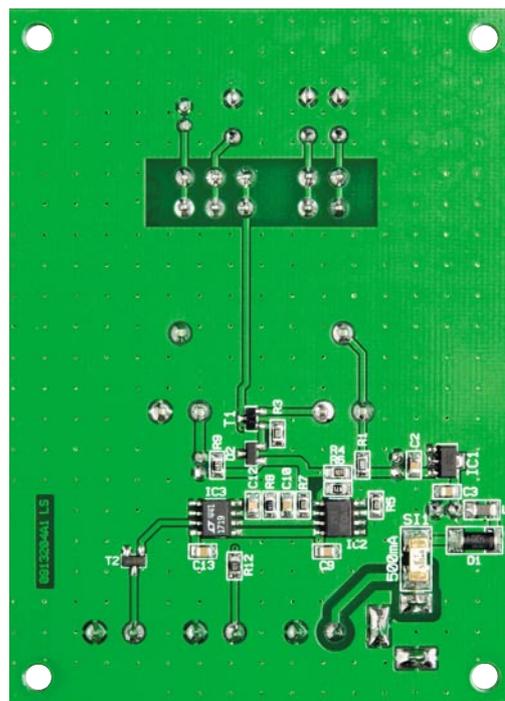
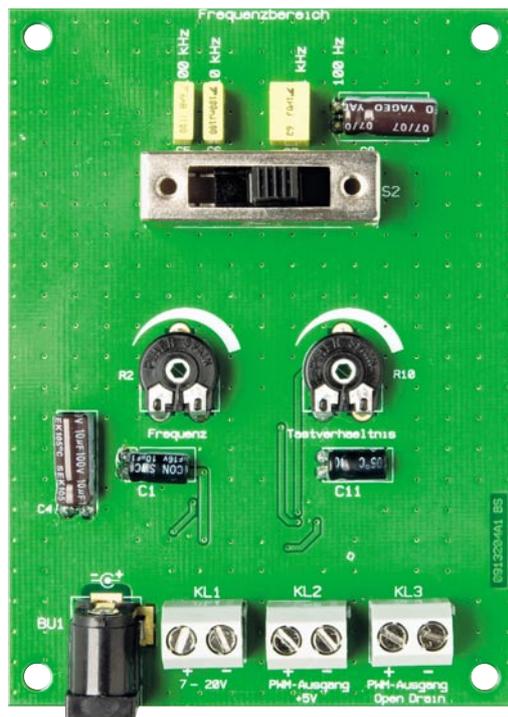
Bild 4: Die Schaltung des Pulsweiten-Modulators

wählte Kondensator C 5, C 6, C 7 oder C 8 wird durch den internen Transistor am Ausgang des Komparators B schlagartig entladen.

Die beiden Komparatoren wechseln nun in den Anfangszustand zurück. Somit beginnt der Ladevorgang des gewählten Kondensators wieder von Neuem.

An IC 3 (Pin 2) steht nun eine Sägezahnspannung an, die es zu verarbeiten gilt. Durch den Spannungsteiler, realisiert

durch das Potentiometer R 10 und R 9, wird die Spannung am Minuseingang des Komparators eingestellt. Somit verändert sich das Tastverhältnis und das generierte PWM-Signal wird nun entweder über den Widerstand R 12 direkt an die Klemme KL 2 oder über den Transistor T 2 vom Typ IRLML2502PbF als Open-Drain-Ausgang an Klemme KL 3 ausgegeben. Die Kondensatoren C 9, C 10, C 12 und C 13 dienen der Stör- unterdrückung, der Elko C 11 der Glättung.



Platine des Pulsweiten-Modulators PWM 200 mit Bestückungsplan, links von der Oberseite, rechts von der SMD-Seite

Stückliste: Pulsweiten-Modulator PWM 200

Widerstände:

100 Ω /SMD/0805	R12
470 Ω /SMD/0805	R6
680 Ω /SMD/0805	R1
6,8 k Ω /SMD/0805	R9
8,2 k Ω /SMD/0805	R8
10 k Ω /SMD/0805	R3–R5, R7
PT10 für Sechskantachse, liegend, 10 k Ω	R2, R10

Kondensatoren:

1 nF/SMD/0805	C10
6,8 nF/63 V/MKT	C5
100 nF/SMD/0805	C2, C3, C9, C12, C13
100 nF/63 V/MKT	C6
1 μ F/63 V/MKT	C7
10 μ F/16 V	C1, C11
10 μ F/25 V	C4
10 μ F/63 V	C8

Halbleiter:

HT7550/SMD	IC1
LM393/SMD	IC2
LT1719-CS8/SMD	IC3
BC858C	T1
IRLML2502PbF/SMD	T2
SM4001/SMD	D1
LM385-2,5V/SMD	D2

Sonstiges:

Chip-Ferrit, 1206, 1,2 k Ω bei 100 MHz	L1
Hohlsteckerbuchse, 2,1 mm, print	BU1
Schraubklemmleiste, 2-polig, print	KL1–KL3
Schiebeschalter, 4 Stellungen, print	S2
Sicherung, 500 mA, träge, SMD	SI1
2 Kunststoff-Steckachsen, 6 x 16,8 mm, Schwarz	
4 Gehäuse-GummifüÙe, zylindrisch (8 x 5 mm), Schwarz	

Nachbau

Der Nachbau gestaltet sich recht einfach, da bereits alle SMD-Bauteile bestückt sind. Diese sind lediglich auf Bestückungs- und Lötfehler hin zu kontrollieren.

Die Bestückung der bedrahteten Bauteile erfolgt nur auf der Oberseite. Begonnen wird mit den Kondensatoren C 1, C 4, C 5 bis C 8 und C 11, wobei bei den Elkos unbedingt auf die Polung (Minuspol ist am Elko gekennzeichnet) und die liegende Bestückung zu achten ist. Dazu sind vor der Bestückung die Anschlüsse vorsichtig in die richtige Richtung um 90 Grad abzubiegen.

Danach erfolgt die Montage des Schiebeschalters S 2, der Potentiometer R 2 und R 10, des Buchsensteckers BU 1 und der Schraubklemmen KL 1 bis KL 3, die ebenfalls gemäß des Bestückungsdrucks zu verlöten sind.

Als Letztes erfolgt das Einsetzen der mitgelieferten Drehachsen (siehe Abbildung 5) und der vier GummifüÙe (siehe



Bild 5: Die Steckachsen für die Potentiometer machen die Bedienung einfach.

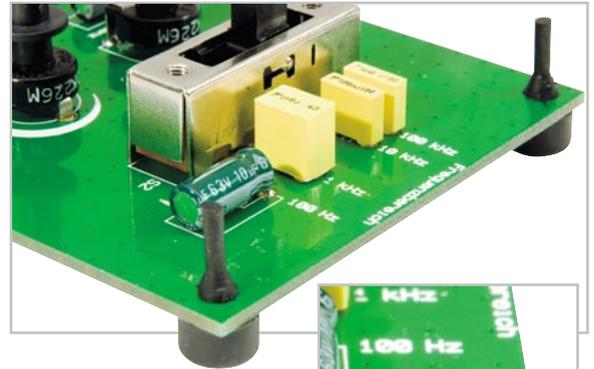


Bild 6: So erfolgt das Einsetzen der GummifüÙe in die Platine.

Abbildung 6). Damit ist der Nachbau abgeschlossen und es kann die Inbetriebnahme erfolgen.

Inbetriebnahme und Bedienung

Die Bedienung des PWM 200 erfolgt über den Schiebeschalter S 2 (Auswahl des Frequenzbereiches) und die Potentiometer R 2 (Frequenz-Feineinstellung) und R 10 (Tastverhältnis). Dabei ist bei der Beschriftung für den Frequenzbereich auf der Platine jeweils die höchste einstellbare Frequenz des jeweiligen Bereiches angegeben. Die untere Frequenz des jeweiligen Bereiches entspricht etwa der höchsten Frequenz des angrenzenden Bereiches.

Für die genaue Einstellung der Frequenz und des Tastverhältnisses ist ein Oszilloskop bzw. ein Multimeter mit Frequenz- und Tastverhältnismessung erforderlich.

Für den PWM-Ausgang gelten folgende Ausgangsdaten: 5 V_{DC} max. 20 mA. Für die Belastung des Open-Drain-Ausgangs gilt: max. 20 V_{DC}/3 A. Dabei ist für die Nutzung ein gleicher Massebezug von Last und PWM 200 Voraussetzung. Bei der Nutzung des Open-Drain-Ausgangs ist bei ohmschen und induktiven Lasten deren jeweiliger Anlaufstrom zu beachten, der nicht über 3 A liegen darf. Damit ist der PWM 200 gleichermaßen für die Ansteuerung kleiner Gleichstrommotoren wie auch von größeren LED-Anordnungen geeignet. **ELV**