



# Mini-Drehzahlmesser MD 120

**Der MD 120 ist ein aufgrund der kompakten Bauform vielseitig einsetzbares Drehzahlmesser-Modul mit einer großen, auch in der Dunkelheit gut ablesbaren LED-Anzeige. Der Einsatzbereich des bis 9999 UpM anzeigenden Drehzahlmessers erstreckt sich über einen weiten Bereich, vom Modellbau bis hin zu Drehzahlmessungen nahezu beliebiger sich bewegnender Teile wie Motoren, Antriebswellen, Getriebe, Räder usw. Für die Drehzahlmessung steht ein Universal-Eingang zur Verfügung, der im einfachsten Fall mit einem Reed-Kontakt beschaltet werden kann.**

## Universal-Messer

Drehzahlmesser kennt man aus dem Kfz-Bereich zur Messung der Motordrehzahl, jedoch sind auch in anderen Bereichen häufig Drehzahlmessungen erforderlich. Man denke da nur einmal an den Modellbau, an Maschinen aller Art, an Experimentiersysteme usw. Denn oft ist z. B. die Ermittlung der Drehzahl unter Last die einzige Beurteilungsgröße, um zu ermitteln, ob etwa ein Elektromotor der Belastung gewachsen ist. Sehr interessant ist auch der Einsatz eines Drehzahlmessers an Maschinen, um etwa genaue Normdrehzahlen einstellen zu können, etwa von Bohrmaschi-

nen, Drehbänken, Drechselmaschinen usw.

Alle diese Anwendungen bedingen jedoch eine unproblematische Anbindung des Messgerätes ohne Eingriff in die Maschine selbst.

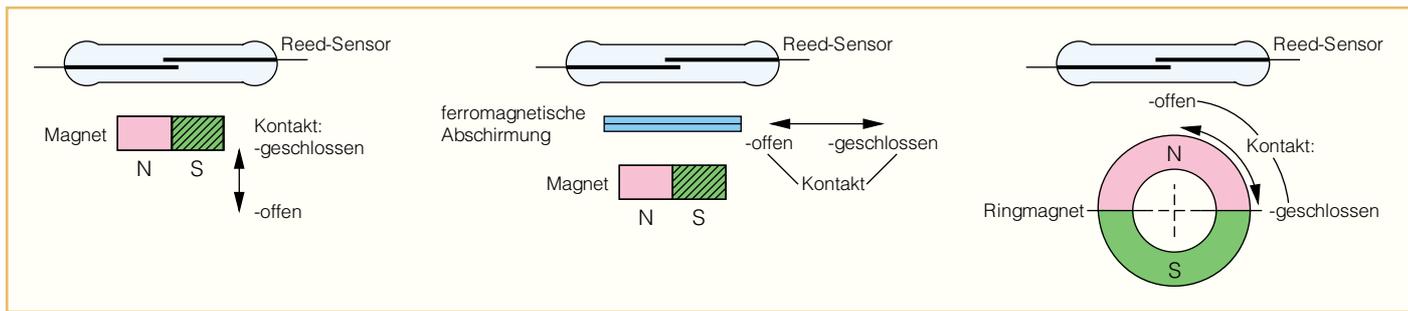
Hier bietet sich der neue ELV Mini-Drehzahlmesser an, da er universell einsetzbar und durch die Bauform als Modul nahezu überall ohne größere Probleme zu montieren ist. Der Anschluss beschränkt sich lediglich auf die Spannungsversorgung im praktischen Bereich zwischen 9 und 15 V und die Zuführung des Sensorsignals. Nach dem Einschalten erfolgt dann schon nach sehr kurzer Zeit die Anzeige der Drehzahl in „Umdrehungen pro Minute, UpM“ auf dem übersichtlichen, vier-

stelligen LED-Display, das den Vorteil hat, auch in der Dunkelheit aus einiger Entfernung ohne Zusatzbeleuchtung gut ablesbar zu sein.

Die Messung der Drehzahl erfolgt durch die Auswertung von über den Messeingang zugeführten Impulsen, wobei jeweils die steigende Flanke ausgewertet wird.

### Technische Daten: MD 120

Messbereich: ..... 120–9999 UpM  
 Messgenauigkeit: ..... 2 % ± 10 UpM  
 Max. Stromaufnahme: ..... 85 mA  
 Spannungsversorgung: ..... 9–15 V DC  
 Abm. (B x L x H): .... 68 x 58 x 27 mm



**Bild 1: Reed-Kontakt**

### Ansteuerung – ganz einfach

Im einfachsten Fall werden beide Anschlüsse der Eingangsklemme über einen Reed-Kontakt miteinander verbunden, der als Gegenstück einen am bewegten Teil angebrachten Dauermagneten erfordert. Ein Reed-Kontakt ist ein mit Gas gefülltes Glasröhrchen mit einem integrierten Schaltkontakt aus ferromagnetischem Material, der von außen über ein Magnetfeld geschaltet werden kann (Abbildung 1). Dieses Magnetfeld wird über einen am be-

natürlich darauf achten, den Magneten sicher zu befestigen, denn ein sich ablösender Magnet kann vor allem schwere Verletzungen verursachen. Auch ist darauf zu achten, dass man eine Anordnung findet, bei der der Reed-Kontakt sicher ausgelöst wird, denn die Wirk-Entfernung zwischen Magnet und Reed-Kontakt hängt stark von der Wirksamkeit (Geometrie, Flussdichte) des Magneten ab. Andererseits darf der Magnet auch nicht zu groß werden, da er schließlich am zu überwachenden Teil Unwuchten erzeugt – mit all

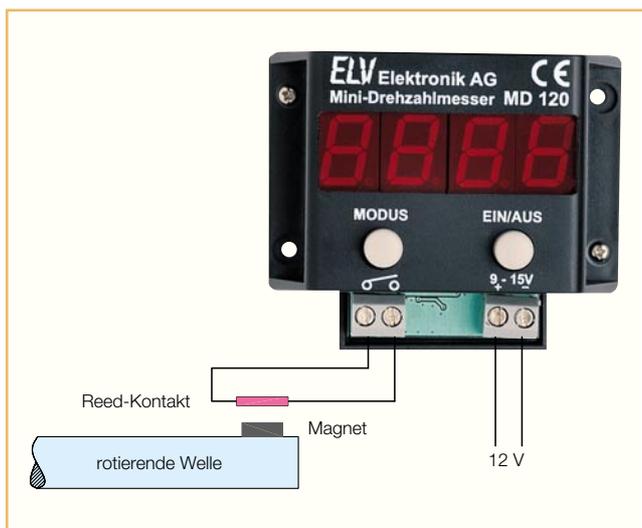
an den Messeingang. Hierbei muss jedoch die maximale Schaltfrequenz des Reed-Kontaktes beachtet werden.

### Elektronische Lösung – Hall-Sensor

Es können jedoch auch andere Sensoren zum Einsatz kommen, wofür allerdings jeweils eine entsprechende Zusatzschaltung erforderlich ist, über die eine Anpassung der vom Sensor gelieferten Impulse an den Messeingang erfolgt. Die Zählimpulse (bis zu 4 pro Umdrehung sind möglich) müssen hierbei TTL-Pegel (0 V/5 V) aufweisen, wobei die steigende Flanke zur Auswertung herangezogen wird.

Geeignet sind unter anderem die völlig kontaktlos arbeitenden Hall-Sensoren, die direkt eine zur magnetischen Flussdichte proportionale Spannung ausgeben. Detaillierte Ausführungen zu diesem Funktionsprinzip sind unter [1] zu finden. Der mechanische Messaufbau des Drehzahlmessers ist dabei genauso wie beim Reed-Kontakt, nur dass an dessen Stelle der Hall-Sensor montiert wird. Die Positionierung des Sensors sollte dabei so erfolgen, dass dessen Ausgangsspannung am höchsten ist, wenn der Magnet das Sensor-IC passiert.

Die entsprechende Schaltung zur Auswertung des Sensorsignals ist als Blockschaltbild in Abbildung 3 zu sehen. Je nach Sensortyp muss das Signal mehr oder weniger verstärkt werden. Häufig verfügt das Hall-Sensor-IC jedoch bereits über einen integrierten Vorverstärker, so dass eine zusätzliche Signalverstärkung nicht notwendig ist. Das so aufbereitete Signal gelangt auf einen Komparator, der einen definierten High-Pegel ausgibt, sobald die Eingangsspannung entsprechend groß ist, d. h. der Magnet den Hall-Sensor



**Bild 2: Drehzahlmessung mit Reed-Kontakt**

wegten (drehenden) Teil befestigten kleinen Dauermagneten erzeugt, der, wenn er am Reed-Kontakt vorbeigeführt wird, dessen Schließen veranlasst.

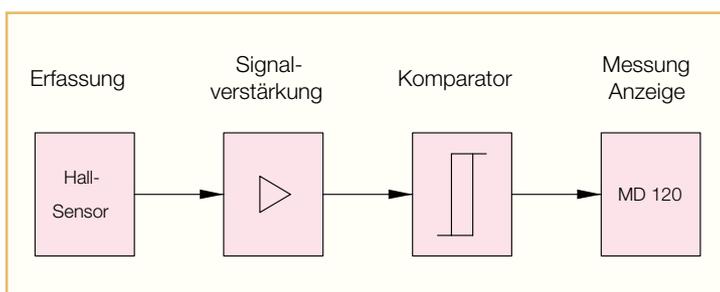
Diese Anordnung besitzt nicht nur eine hohe Zuverlässigkeit (durch eine mechanische Hysterese sind z. B. Prellerscheinungen wie bei normalen mechanischen Kontakten weitgehend eliminiert), sondern lässt sich durch andere Einwirkungen wie Staub, Vibration usw. kaum beeinflussen. Wegen der eben genannten Prellerscheinungen scheiden sonstige mechanische Kontakte aus, da zur Kompensation der Prellereffekte ein relativ hoher Aufwand getrieben werden müsste.

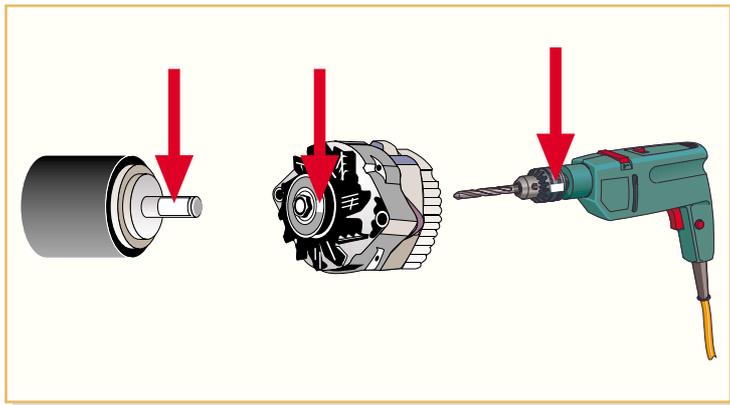
Abbildung 2 zeigt, wie der auslösende Magnet an einem rotierenden Teil befestigt wird, und die Anordnung des Reed-Kontaktes dazu. In der Praxis muss man

deren negativen Folgen wie Geräuschbildung, Lagerschäden usw. Man denke nur an die Relationen von Unwuchtgewichten an Fahrzeugrädern zum Gesamtgewicht des Rades oder die einer Unwuchtbohrung einer Kurbelwelle zu deren Gesamtgewicht.

Insgesamt ist die Reed-Kontakt-Lösung jedoch wegen ihrer Einfachheit unschlagbar – sie liefert direkt steilflankige Impulse

**Bild 3: Auswertung des Hall-Sensor-Signals**





**Bild 4: Beispiele für den Einsatz einer Reflex-Lichtschranke bei kritischen Messaufgaben**

passiert hat. Das so aufbereitete Signal kann dem Messeingang des MD 120 zugeführt werden und ist dort ohne Weiteres auswertbar.

### Elegant und ohne Eingriff – Messen mit Licht

Eine weitere Möglichkeit zur Messwert-erfassung ist der Einsatz einer Reflex-Lichtschranke. Hier befinden sich ein optischer Sender ([IR-]LED) und ein Empfänger (Fototransistor) in einem gemeinsamen Gehäuse. Das Licht wird in relativ schmalen Winkel abgestrahlt und durch eine spiegelnde bzw. helle Oberfläche (z. B. spiegelnder Aufkleber auf dem drehenden Teil) wieder auf den Fototransistor reflektiert. Über den Transistor und eine entsprechende Beschaltung erzeugt man so ein Ansteuersignal für den Drehzahlmesser. Bei wechselnden Verhältnissen des Umgebungslichtes ist eine Arbeitspunktregelung erforderlich, d. h. die Schaltung muss sich an das Umgebungslicht anpassen. Der Fototransistor darf in einer helleren Umgebung nicht permanent durchgesteuert sein. Der Vorteil der Verwendung einer Reflex-Lichtschranke liegt darin, dass kein „schwerer“ Magnet am rotierenden Teil befestigt werden muss, sondern dass ein reflektierender Aufkleber bzw. eine reflektierende Bedruckung ausreicht. Abbildung 4 zeigt einige Beispiele für die Anwendung der Reflex-Lichtschranke.



**Bild 5: Bedien- und Anzeigeelemente des MD 120**

### Sicherheit geht vor!

Bei der Montage des Drehzahlmessers bzw. des Sensors steht die Sicherheit an erster Stelle, da durch unsachgemäßes und unvorsichtiges Vorgehen Verletzungen o. Ä. entstehen können. Für den Betrieb und die Montage sind folgende Hinweise unbedingt zu beachten:

- Die Montage darf nur im Stillstand erfolgen.
- Kabel dürfen nicht im Erfassungsbereich von drehenden/bewegten Teilen verlegt werden.
- Magnete oder andere Reflexmarken müssen so befestigt werden, dass sie sich im laufenden Betrieb in keinem Fall lösen können.
- Der MD 120 darf nicht für sicherheitsrelevante Einrichtungen verwendet werden.

### Bedienung und Funktion

Die Bedienung des Mini-Drehzahlmessers erfolgt über nur zwei Tasten (Abbildung 5), im Normalbetrieb sind, außer dem Einschalten, keine weiteren Tastenbetätigungen notwendig.

Der MD 120 wird durch einen kurzen Tastendruck der „EIN/ AUS“-Taste eingeschaltet und die Anzeige zeigt erst einmal vier waagerechte Striche an, da zunächst noch keine gültige Messung der Drehzahl erfolgt. Nach maximal einer Sekunde wird die aktuell gemessene Drehzahl in „Umdrehungen pro Minute“ auf der vierstelligen LED-Anzeige dargestellt. Die Aktualisierung der Anzeige erfolgt alle 0,5 Sekunden.

Das Gerät bietet die Möglichkeit, bis zu vier Impulse pro Umdrehung auszuwerten, z. B. wenn an einer rotierenden Scheibe vier Magnete befestigt sind, die über einen Reed-Kontakt abgefragt werden. Besonders bei langsamen Drehbewegungen ist es sinnvoll, mehrere Impulse pro Umdrehung zu generieren. Die entsprechende

Korrektur des Messwertes erfolgt dann im MD 120. Hierzu muss man natürlich die Impulszahl je Umdrehung konfigurieren, indem man die „MODUS“-Taste so lange gedrückt hält, bis auf der rechten Stelle eine Zahl zwischen 1 und 4 dargestellt wird. Jetzt ist über kurze Betätigungen der „MODUS“-Taste die entsprechende Impulszahl einzustellen. Diese Einstellung wird beim Verlassen des Konfigurationsmenüs durch ein längeres Drücken der „MODUS“-Taste dauerhaft im internen EEPROM gespeichert.

Zum Abschalten des MD 120 muss die „EIN/AUS“-Taste so lange gedrückt gehalten werden, bis auf der Anzeige der Schriftzug „AUS“ erscheint. Nach dem Loslassen der Taste ist das Gerät abgeschaltet.

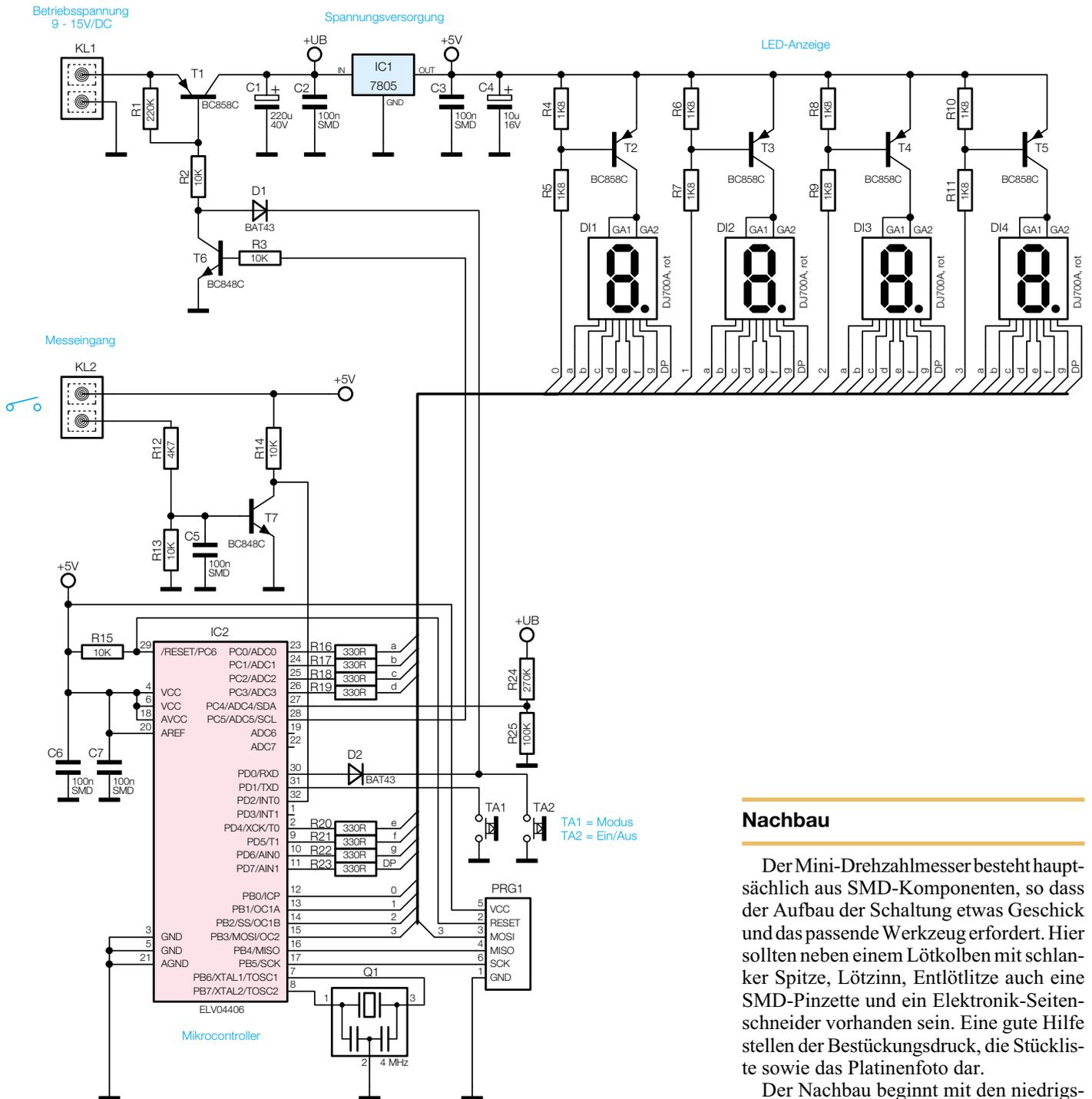
### Schaltung

Das komplette Schaltbild des Mini-Drehzahlmessers MD 120 ist in Abbildung 6 zu sehen.

Der Mikrocontroller IC 2 steuert die Bedienung, die Messung und die Ausgabe und ist somit das zentrale Bauelement des Gerätes. Dessen Grundbeschaltung besteht aus der Verbindung mit der Betriebsspannung (Pins 4, 6) bzw. Masse (Pins 3, 5), dem Widerstand R 15 zur Auslösung eines ordnungsgemäßen Resets im Einschaltmoment sowie aus der Stabilisierung des internen Taktoszillators mittels des Keramikresonators Q 1 (4 MHz). Im Falle eines zu starken Absinkens der Betriebsspannung, beispielsweise bei leeren Batterien, erkennt die Mikrocontroller-Logik dies über die „Brown-Out-Detection“ und schaltet diesen definiert ab.

Alle Eingaben erfolgen über die zwei Tasten TA 1 und TA 2, die jeweils im gedrückten Zustand einen entsprechenden Eingang des Mikrocontrollers mit Masse verbinden, wodurch der Tastendruck vom Programm erkannt wird. Die beiden Eingänge verfügen über interne Pull-up-Widerstände, die einen definierten High-Pegel im unbetätigten Zustand der Tasten erzeugen. TA 2 steuert im gedrückten Zustand zusätzlich den Transistor T 1 an, hierdurch wird die Betriebsspannung für den Mini-Drehzahlmesser eingeschaltet. Die Ansteuerung von T 1 bleibt im normalen Betrieb durch den vom Mikrocontroller gesteuerten Transistor T 6 bestehen. Zum Abschalten des MD 120 wird die automatische Haltung über T 6 deaktiviert. Die Entkopplung der Transistorstufe und des Tasten-Eingangs am Mikrocontroller erfolgt über die beiden Dioden D 1 und D 2.

Das vom Sensor erzeugte Messsignal wird der Schaltung über die Klemme 2 zugeführt und durch eine Transistorstufe,



**Bild 6: Schaltbild des Mini-Drehzahlmessers MD 120**

bestehend aus T 7, R 12 bis R 14 und C 5, an den Messeingang angepasst, da für die Auswertung stabile, definierte Spannungspegel erforderlich sind.

Die vierstellige LED-Anzeige (DI 1 bis DI 4) wird im Multiplex-Betrieb angesteuert, um die begrenzte Anzahl an Mikrocontroller-Ports optimal auszunutzen. In dieser Betriebsart ist vom Zeitablauf her jeweils nur eine Anzeige aktiv (Zeitmultiplex-Betrieb), so dass die jeweiligen Segmente (a–g, DP) (Abbildung 7) der einzelnen Anzeigen parallel geschaltet werden können und nur 8 statt 32 Portpins bele-

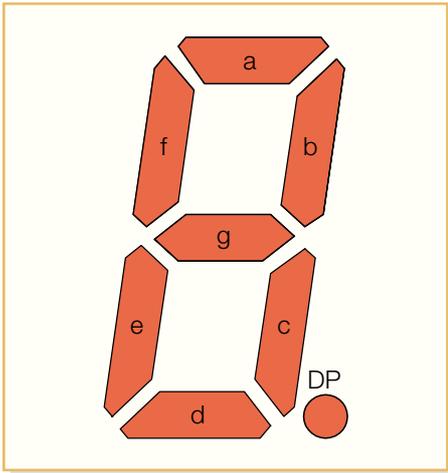
gen. Die Aktivierung von DI 1 bis DI 4 erfolgt vom Mikrocontroller über die Transistoren T 2 bis T 5. Die Frequenz, mit der die einzelnen Anzeigen angesteuert werden, muss man dabei hoch genug wählen, damit für das Auge ein flimmerfreies Gesamtbild entsteht. Beim MD 120 ist diese Refresh-Rate mit 80 Hz festgelegt.

Zur Versorgung der Schaltung ist eine Gleichspannung von 9 bis 15 V an KL 1 erforderlich, die über den Transistor T 1 auf den Spannungsregler IC 1 geschaltet wird. Dieser stabilisiert die Betriebsspannung auf einen Wert von 5 V.

## Nachbau

Der Mini-Drehzahlmesser besteht hauptsächlich aus SMD-Komponenten, so dass der Aufbau der Schaltung etwas Geschick und das passende Werkzeug erfordert. Hier sollten neben einem LötKolben mit schlanker Spitze, Lötzinn, Entlötlitze auch eine SMD-Pinzette und ein Elektronik-Seitenschneider vorhanden sein. Eine gute Hilfe stellen der Bestückungsdruck, die Stückliste sowie das Platinenfoto dar.

Der Nachbau beginnt mit den niedrigsten Bauelementen, den SMD-Widerständen und -Kondensatoren. Die SMD-Kondensatoren sollten erst direkt vor dem Bestücken der Verpackung entnommen werden, da hier kein Aufdruck des Wertes vorhanden ist. Bei SMD-Komponenten wird generell zunächst ein LötPad mit wenig Lötzinn versehen, bevor das Bauteil mit der Pinzette gefasst, positioniert und am vorverzinnten Pad angelötet wird. Nachdem man die korrekte Lage geprüft hat, lötet man dann alle weiteren Pins fest. Im Anschluss daran werden die Transistoren und Dioden bestückt, wobei auf die richtige Polung zu achten ist. Diese wird bei den Transistoren aus der Lage der LötPads und bei den Dioden durch den Katodenring, der



**Bild 7: 7-Segment-Anzeige mit der Lage der einzelnen Segmente**

in gleicher Art am Gehäuse und im Bestückungsdruck vorhanden ist, ersichtlich.

Jetzt erfolgt die Bestückung des Keramikresonators Q 1. Danach wird der Mikrocontroller aufgelötet, wobei man sich hier auf die richtige Einbaulage achten muss. Pin 1 ist mit einer Gehäusekerbe gekennzeichnet, die dem Pendant im Bestückungsdruck der Leiterplatte entsprechen muss. Der Spannungsregler IC 1 ist das letzte zu bestückende SMD-Bauteil. Hierbei ist darauf zu achten, dass dieser

flach auf der Platine aufliegt und der breite Masseanschluss mit reichlich Lötzinn angeschlossen wird.

Nachdem alle SMD-Komponenten verarbeitet sind, bestückt man die konventionell bedrahteten Bauelemente. Den Anfang bilden der 40-polige DIP-Sockel für die spätere Aufnahme der 7-Segment-Anzeigen (DI 1 bis DI 4), die Taster und die beiden Schraubklemmen. Es ist darauf zu achten, dass diese flach aufliegen, so dass die mechanische Belastung so gering wie möglich gehalten wird. Danach werden die beiden Elektrolyt-Kondensatoren C 1 und C 4 bestückt. Hierbei ist unbedingt auf polrichtigen Einbau zu achten, da verpolte Elkos im schlimmsten Fall sogar explodieren können. Der Minuspol ist bei diesen Kondensatoren durch das kürzere Anschlussbeinchen gekennzeichnet. Bei der Bestückung werden zunächst die beiden Anschlüsse durch die entsprechenden Bohrungen der Leiterplatte geführt und dann von der Rückseite mit reichlich Lötzinn verlötet. Überstehende Drahtenden sind mit dem Elektronik-Seitenschneider so zu entfernen, dass die Lötstelle nicht beschädigt wird.

Den Abschluss bildet das Einsetzen der vier 7-Segment-Anzeigen in den DIP-Sockel (die Dezimalpunkte müssen sich am unteren Rand befinden) und das Aufsetzen

**Stückliste:  
Mini-Drehzahlmesser**

**Widerstände:**

330 $\Omega$ /SMD .....	R16–R23
1,8 k $\Omega$ /SMD .....	R4–R11
4,7 k $\Omega$ /SMD .....	R12
10 k $\Omega$ /SMD .....	R2, R3, R13–R15
100 k $\Omega$ /SMD .....	R25
220 k $\Omega$ /SMD .....	R1
270 k $\Omega$ /SMD .....	R24

**Kondensatoren:**

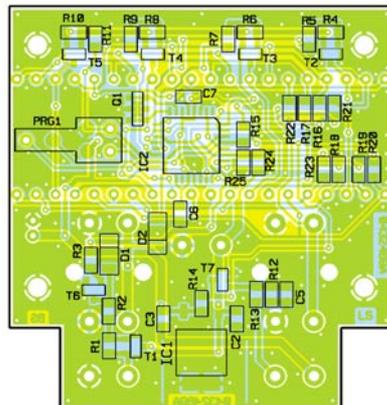
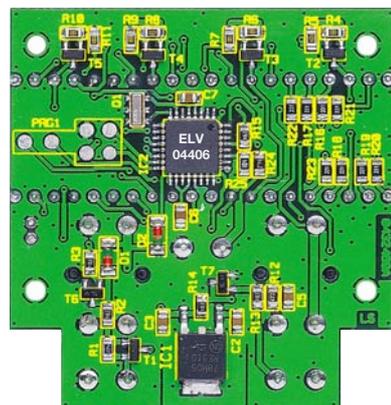
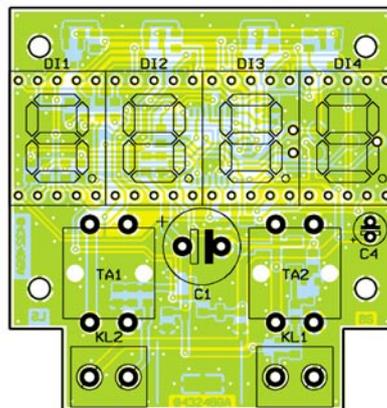
100 nF/SMD .....	C2, C3, C5–C7
10 $\mu$ F/16 V .....	C4
220 $\mu$ F/40 V .....	C1

**Halbleiter:**

MC7805CDT/SMD .....	IC1
ELV04406 .....	IC2
BC858C .....	T1–T5
BC848C .....	T6, T7
BAT43/SMD .....	D1, D2
DJ700A, rot .....	DI1–DI4

**Sonstiges:**

Keramikschwinger, 4 MHz, SMD .....	Q1
Schraubklemmleiste, 2-polig .....	KL1, KL2
Mini-Drucktaster, B3F-4050, 1 x ein .....	TA1, TA2
Tastknopf, 18 mm .....	TA1, TA2
1 Präzisions-IC-Sockel, 40-polig .....	DI1–DI4



**Ansicht der fertig bestückten Platine des Mini-Drehzahlmessers mit zugehörigem Bestückungsplan, oben von der Bestückungsseite, unten von der Lötseite**

der beiden Taster-Kappen. Jetzt erfolgt eine abschließende Untersuchung der Leiterplatte auf Bestückungsfehler und Lötzinnbrücken.

Bevor die Leiterplatte ins Gehäuse eingebaut wird, sollte man einen Funktionstest durchführen. Hierzu ist die Schaltung in Betrieb zu nehmen und ein entsprechendes Sensorsignal einzuspeisen.

Nach dem erfolgreichen Test wird die rote Filterscheibe mit wenig Sekundenkleber in die Gehäuseoberschale eingeklebt. Hierbei ist darauf zu achten, dass kein Kleber im sichtbaren Bereich der Scheibe aufgebracht wird. Danach wird die komplett bestückte Leiterplatte mit der Gehäuse-Grundplatte verschraubt, bevor man die obere Schale aufsetzt und mit zwei Schrauben befestigt.

Das so fertig montierte Modul kann nun universell genutzt und auch am jeweiligen Einsatzort fest montiert werden. 

**Literatur:**

- [1] Magnetfeld-Sensoren, ELVjournal 6/2000, S. 68 ff.