

# 200 A-Präzisions-Leistungs-Shunt PLS 200

## Präzision in Gründerzeitqualität

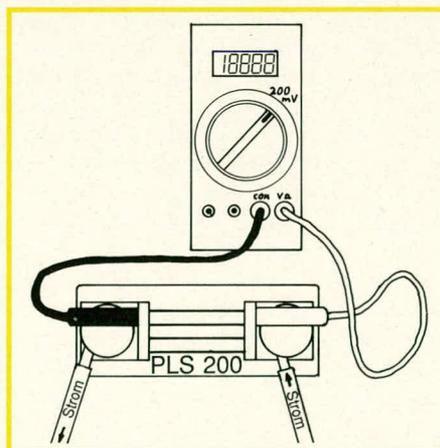
*Der Hochleistungsshunt PLS 200 erweitert den Strommeßbereich von Multimetern auf 200 A. Damit die hohe Genauigkeit von 0,1 % (!) sichergestellt werden kann, sind sämtliche Anschlußkomponenten einschließlich der massiven Messingböcke hartvergoldet, wodurch sich neben dem technischen Nutzen ein besonders ästhetisches Äußeres ergibt.*

### Der PLS 200

Erweiterungen des Strom-Meßbereiches marktüblicher Multimeter sind bisweilen wünschenswert, erfordern aber leistungsstarke, eng tolerierte externe Meßwiderstände mit extrem niedrigen Widerstandswerten im Milliohmereich. Der von ELV konzipierte Präzisions-Leistungs-Shunt PLS 200 entspricht diesen Forderungen in hervorragender Weise und kann bis zu 200 A belastet werden.

Als sinnreiches technisches Produkt von außergewöhnlich hoher optischer Ästhetik ist er darüber hinaus auch als Design-Objekt und Blickfang einsetzbar.

Der PLS 200 besitzt einen Innenwiderstand von 1,000 mΩ und ruft somit einen Spannungsabfall von 200 mV bei einem Strom von 200 A hervor. Das angeschlossene Multimeter wird somit in den 200 mV-Spannungsmessbereich gebracht, und die



**Bild 1: Beschaltung des PLS 200**

angezeigten Werte entsprechen direkt dem Strom in Ampere.

Die Maximalbelastung von 40 W besitzt ausschlaggebenden Einfluß auf Baugröße und Design des PLS 200. In Abbildung 1

ist eine Prinzip-Anschlußskizze für den praktischen Einsatz gezeigt. Als Anschlußmöglichkeit bietet der PLS 200 auf jeder Seite 2 Bananenbuchsen (4 mm), 1 Schraubterminal M 4 sowie zum Anschluß dicker Leitungen bis 16 mm<sup>2</sup> eine Rändel-Klemmschraube M 6. Zur Vermeidung von Thermospannungen bestehen alle beweglichen Kontakteile aus demselben Material wie die Anschlußböcke und sind ebenfalls galvanisch hartvergoldet.

Zum Einsatz kommen insgesamt 80 cm hochwertiger Manganin-Widerstandsdraht von 1,2 mm Durchmesser, aufgeteilt in 16 parallelgeschaltete Zweige, und als Anschlußböcke 2 hartvergoldete Winkel aus massivem Automatenmessing 30 x 25 x 5 mm, in denen sich alle erforderlichen Montage- und Anschlußbohrungen befinden.

Bemerkenswerterweise konnte bei der Verbindung zwischen Anschlußbock und Widerstandsdraht auf Hartlot verzichtet

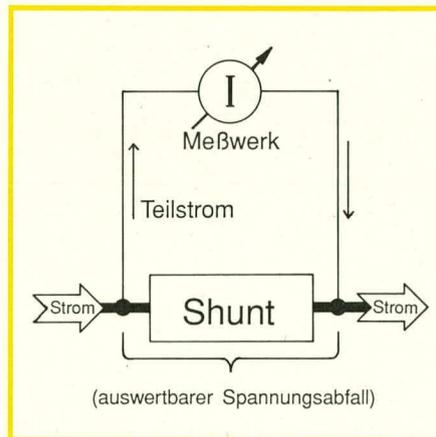
werden, da die vorgesehenen Präzisions-Weichlotverbindungen eine Kontaktfläche von 20 mm<sup>2</sup> aufweisen und dadurch ganz hervorragende Übergangseigenschaften besitzen. Ein Vorteil dieser Technik liegt darin, daß die gesamte Einheit auch im Eigenbau leicht erstellt werden kann, was neben Preisvorteilen den beachtlichen Genauß am Selbstbau eines derart schönen „Gerätes“ beschert. Der entscheidende Vorgang des Verlötns der insgesamt 32 Drahtenden mit den Anschlußböcken läuft aufgrund konstruktiver Feinheiten quasi selbsttätig ab und verlangt, außer einer geeigneten Heizplatte (Elektroherd), weder Spezialgerät noch besondere handwerkliche Fertigkeiten. Hierauf gehen wir im weiteren Verlauf dieses Artikels noch ausführlich ein.

Montiert ist die gesamte Shunteinheit über 4 Schrauben M 4 x 10 mm und 4 x 2 Unterlegscheiben 0,6 mm auf einer Epoxid-Glasfaserplatte 105 x 40 x 3,2 mm, die ihrerseits auf eingerasteten Gummifüßen steht. Es wird zwar vermutlich nur sehr selten vorkommen, daß die Auslegungsbelastbarkeit des PLS 200 für längere Zeit beansprucht wird; auf jeden Fall aber ist durch den beschriebenen Aufbau eine ausreichende thermische Isolation zum Untergrund gewährleistet.

## Grundlagen

Bevor die digitalen, elektronischen Meßsysteme aufkamen, verwendete man für elektrische Messungen fast ausschließlich Drehspulinstrumente (Galvanometer), in denen unter Ausnutzung der Lorentz-Kraft ein Stromfluß durch eine Meßspule direkt in einen entsprechenden Zeigerausschlag umgesetzt wird. Da man auch sehr kleine Ströme messen will, baut man die Galvanometer ziemlich empfindlich; ein typischer Wert ist z. B. ein Innenwiderstand von 50  $\Omega$  und ein Vollausschlag bei 50  $\mu$ A. Wissenschaftliche Instrumente, wie sie zum Teil noch heute hergestellt werden und für bestimmte ultrafeine Messungen auch nach wie vor unverzichtbar sind, verwenden übrigens noch weit empfindlichere Galvanometer auf gepufferten zentnerschweren Fundamenten, bei denen der Zeiger durch einen Spiegel ersetzt ist, der im Vakuum an einem langen, mikroskopisch dünnen Torsions-Glasfaden aufgehängt ist. Es gab sogar einmal eine industrielle Serienausführung, die hierzu einen Spinnwebfaden benutzte.

Hohe Ströme werden auf einfache Weise dadurch gemessen, daß parallel zum Innenwiderstand des Meßwerkes ein vergleichsweise kleiner Zusatzwiderstand geschaltet wird, über den dann ein Großteil des zu messenden Stromes fließt: ein sogenannter Shunt (spricht: „Schannt“). Durch



**Bild 2: Die Bypasswirkung eines Shuntwiderstandes**

die so erreichte Stromaufteilung bleibt das Meßwerk auch bei beträchtlichen Strömen unbeschädigt „im grünen Bereich“ und liefert nach wie vor stromproportionale Anzeigewerte, deren Skalenfaktor vom jeweiligen Shunt abhängt.

Eine Strommeßbereichsumschaltung von Multimetern ist also im Prinzip nichts anderes als das Zu- oder Wegschalten entsprechender Shunts.

Beispiel: Das oben genannte Meßwerk besitzt einen Innenwiderstand von 50  $\Omega$  und erreicht den Vollausschlag bei 50  $\mu$ A, woraus sich ein entsprechender Spannungsabfall von 2,5 mV errechnen läßt. Soll der Meßbereich auf z. B. 10 A erweitert werden, so ist lediglich ein entsprechender Shunt parallelzuschalten, an dem bei 10 A gerade 2,5 mV Spannung abfallen. Hierzu ist nach dem ohmschen Gesetz ein Wert von 0,25 m $\Omega$  erforderlich. (Genaugenommen muß der Gesamtwiderstand von Meßwerk und parallelgeschaltetem Shunt 0,25 m $\Omega$  betragen, d. h. der Shunt selbst einen Wert von 0,25000125 m $\Omega$  besitzen, was aufgrund des großen Verhältnisses zwischen Meßgeräte-Innenwiderstand und parallel liegendem Shunt jedoch mehr theoretischer denn praktischer Natur ist). In Abbildung 2 ist das Prinzip einer Strommessung mit einem Shunt-Widerstand gezeigt.

Digital-Multimeter führen keine unmittelbare Umsetzung eines Stromes in den zugehörigen Anzeigenwert durch, sondern messen vielmehr Spannungen. Wie aber unser Beispiel zeigt, ist diese Unterscheidung bedeutungslos, da auch Galvanometer, je nach Innenwiderstand, als spannungsanzeigende Instrumente aufgefaßt werden können (in unserem Beispiel: Vollausschlag bei 2,5 mV).

Fast alle Digital-Multimeter besitzen ihren genauesten, empfindlichsten Meßbereich bei 200 mV, und die internen Shunts der Strommeßbereiche sind entsprechend darauf ausgelegt: 1 k $\Omega$  bei 200  $\mu$ A, 1  $\Omega$  bei 200 mA, 0,01  $\Omega$  bei 20 A. Diese 20 A stellen den

Höchstwert des technisch sinnvoll Machbaren in einem Multimetergehäuse praktischer Größe dar, da am entsprechenden Shunt bereits eine Leistung von 4 W freigesetzt wird, die in einem engen Multimetergehäuse nun mangelhaft abgeführt werden kann. Die Messungen sind daher im allgemeinen vergleichsweise ungenau und drifftreudig, weshalb dem 20 A-Meßbereich vieler Hand-Multimeter allenfalls kurzzeitig eine gewisse Aussagekraft zuzubilligen ist.

## Messen mit dem PLS 200

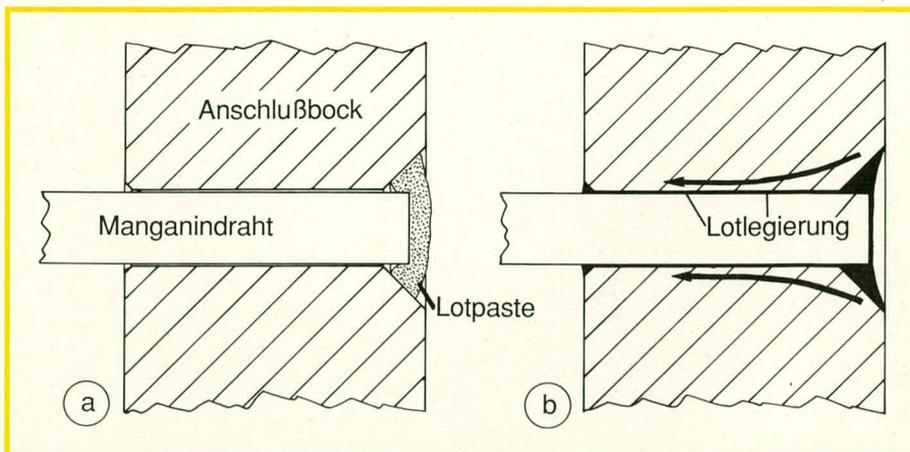
2 Bananenbuchsen des PLS 200 werden mit den Spannungseingängen des Multimeters verbunden. Als Meßbereich wird „200 mV“ gewählt. Die angezeigten Maßzahlen entsprechen dann unmittelbar dem durch den Shunt fließenden Strom in Ampere, so daß je nach Auflösung und Stellenzahl des Multimeters eine Ablesung auf 0,1 A (3,5stellig) oder 0,01 A (4,5stellig) möglich ist. Der zu messende Strom wird hierbei über die Terminalschrauben, die Rändelschrauben M 6 oder auch die jeweils zweiten Bananenbuchsen durch den Shunt geleitet. Es gibt Bananenstecker für einen Nennstrom bis zu 60 A, so daß unter Einsatz entsprechender Stecker diese Ströme über die Bananenbuchsen des PLS 200 zugeführt werden können. Größere Ströme sind in jedem Fall mit ausreichend starken Anschlußleitungen über die Schraubverbindungen zuzuführen. Die zulässige Dauerbelastung des PLS 200 beträgt 40 W, sofern ausreichende Konvektionskühlung sichergestellt ist.

## Zum Nachbau

Der Aufbau des PLS 200 beschränkt sich auf das Zusammensetzen und Ausrichten der 16 Widerstandsdrähte mit den 2 Anschlußböcken, den Lötvorgang, den Abgleich und die Endmontage.

## Zusammensetzen und Ausrichten

Die Anschlußböcke werden von oben mit jeweils 2 Montageschrauben M 4 x 10 mm versehen, wobei die Schraubenenden unten etwa 2 mm hervorragen sollen. Mit zueinanderweisenden Kontaktflächen werden die Anschlußböcke dann so auf die Montage-Glasfaserplatte gestellt, daß die überstehenden Schraubenenden in die entsprechenden Bohrungen der Platte einrasten. Hierdurch wird der Soll-Abstand hergestellt, und es können nun nacheinander die 16 Manganin-Drähte mit einem Durchmesser von 1,2 mm und einer Länge von 50 mm schnurgerade durch die gegenüberstehenden Kontaktbohrungen mit einem Durchmesser von 1,25 mm gefädelt werden. Danach erfolgt das gleichmäßige Aus-



**Bild 3: Löten des PLS 200 unter Ausnutzung von Kapillarkräften (Detail)**  
**a): Ausgangszustand**      **b): Endzustand**

richten der 16 Drähte, so daß die Enden beidseitig auf gleicher Tiefe in den angesenkten Kontaktbohrungen liegen.

Nun wird jede der Kontaktbohrungen rückflächenbündig mit SMD-Lotpaste aufgefüllt, wie dies in Abbildung 3a zu sehen ist.

### Der Lötvorgang

Das Verlöten der 32 Kontaktstellen erfolgt simultan über eine plane, ausreichend große elektrische Kochplatte. Hierzu wird die Einheit zunächst, zusammen mit der Montageunterlage, in ihre unmittelbare Nähe transportiert, danach vorsichtig jede Montageschraube wieder ausgedreht und der Shunt ohne Veränderung des Abstandsmaßes auf die kalte Herdplatte gestellt. Beide Schenkel der Anschlußbockel müssen plan aufliegen. Die Herdplatte ist nun solange einzuschalten (auf mittlere Stufe), bis sich die Lotpaste verflüssigt, was am schlagartigen Blankwerden der Lötstellen erkennbar ist. In diesem Moment bewirken die Kapillarkräfte im haarfeinen Spalt zwischen Draht und Bohrungswand eine intensive Durchströmung und Ausfüllung mit Lotlegierung, und der in Abbildung 3b gezeigte Zustand stellt sich ein.

Das Lot sollte nicht unnötig lange im flüssigen Zustand gehalten werden. Sobald die Heizplatte abgeschaltet ist, muß daher die Shunteinheit unter die Lot-Schmelztemperatur abgekühlt werden (etwa durch kurzes, gleichmäßiges Anblasen mit einem Föhn), wird dann mit der Zange von der heißen Platte genommen und auf die Montageplatte zurückgestellt, wo sie vollends abkühlen kann.

### Der Abgleich

Ein Widerstandswert von 1 mΩ kann nur in Ausnahmefällen, mit sehr speziellem Gerät, direkt gemessen werden. Zum Abgleich ist daher ein möglichst stromstabiles Netzgerät (z. B. SNT 7000) sowie ein

genaues Multimeter erforderlich. Der Shunt wird in Reihe mit einem möglichst genauen Strommesser an das Netzgerät angeschlossen und mit einem Strom von knapp 2 A beaufschlagt.

An den beiden Meßspannungsanschlüssen des PLS 200 wird nun der Spannungsabfall am Shunt gemessen und nach der Formel  $R = U : I$  der Ist-Widerstand bestimmt. Dieser müßte bei korrektem Einhalten des festgelegten Abstandsmaßes um

**Tabelle 1**

Korrektur (%) → Restdicke (mm)

+0,1 → 1,15	+0,9 → 0,95
+0,2 → 1,11	+1,0 → 0,93
+0,3 → 1,08	+1,1 → 0,92
+0,4 → 1,06	+1,2 → 0,90
+0,5 → 1,03	+1,3 → 0,88
+0,6 → 1,01	+1,4 → 0,86
+0,7 → 0,99	+1,5 → 0,85
+0,8 → 0,97	+1,6 → 0,83

etwa 1,1 % unter dem Sollwert liegen und muß nun im Verlauf des Abgleiches entsprechend angepaßt werden.

Der Abgleich erfolgt durch gleichmäßig tiefes, flaches (!) Anfeilen eines der 16 Shunt-Drähte über die gesamte Länge bis etwa 1 mm an die Anschlußbockel heran. Hierzu ist eine flache Schlüsselfeile zu verwenden. Aus optischen Gründen ist zum Abgleich der rechts- oder linksuntere Draht zu empfehlen.

Wie tief der Draht abgefeilt werden muß, hängt von der erforderlichen Korrekturgröße ab. Während des Feilens kann intermittierend oder auch kontinuierlich weitergemessen werden. Tabelle 1 gibt die Restdicke des Drahtes in Abhängigkeit von der Korrekturgröße an. Je mehr Material abgefeilt wird, desto mehr erhöht sich der Widerstandswert. Auf keinen Fall sollte ein Widerstandsdraht weiter als bis zur

halben Stärke angefeilt werden. Nötigenfalls ist ein weiterer Widerstandsdraht zu bearbeiten.

Sollte versehentlich zu weit abgefeilt worden sein, kann durch punktwises Anbringen von Lötzinn auch wieder in Richtung eines niedrigeren Widerstandswertes abgeglichen werden. Dies sollte jedoch wenn irgend möglich vermieden werden, da hierdurch die Belastbarkeit etwas absinkt, weil sich das Lötzinn bei 183°C wieder verflüssigt.

Wenn der PLS 200 längere Zeit in der Nähe der Vollast betrieben wurde, überzieht sich die Oberfläche der Manganindrähte mit einer dünnen Oxidschicht. Sicherheits halber sollte der Shunt danach noch einmal nachgemessen (und evtl. abgeglichen) werden.

### Die Endmontage

Von unten werden 4 Schrauben M 4 x 10 mm durch die entsprechenden Bohrungen der Montageplatte gesteckt und auf der Oberseite zur Erzielung eines Mindestabstandes mit jeweils 2 Unterlegscheiben 0,6 mm versehen. Darüber wird der Shunt gesetzt und angeschraubt. Die 4 Ecken der Montageplatte werden mit den Gummifüßen bestückt. Hierzu werden diese von unten in die vorgesehenen Bohrungen gedrückt und mit einer geeigneten Flachzange am oben hervorstehenden Nippel eingezogen (Nachfassen erforderlich!), bis der Rastkragen hindurchgezogen ist. Der hochstehende Einzugsnippel kann dann auf Wunsch oberhalb des Kragenansatzes abgekniffen werden.

Nachdem die vergoldeten Terminalschrauben M 4 mit den zugehörigen Unterleggringen sowie entsprechend die Rändelschrauben M 6 eingesetzt sind, steht dem Einsatz des PLS 200 nichts mehr im Wege. **ELV**

### Stückliste PLS 200

- 2 Anschlußbockel 30 x 30 x 25 x 5 mm, Messing, vergoldet
- 2 Rändelmuttern M 6 x 10, Messing, vergoldet
- 2 Unterlegscheiben M 6, Messing, vergoldet
- 2 Terminalschrauben M 4 x 8, Messing, vergoldet
- 2 Unterlegscheiben M 4, Messing, vergoldet
- 4 Schrauben M 4 x 10, vergoldet
- 8 Unterlegscheiben M 4 x 0,6 mm, vergoldet
- 1 Grundplatte 105 x 40 x 3,2 mm, Epoxid-Glasfaser
- 4 Gummifüße, einrastend
- 16 Manganin-Widerstandsdrähte  
 $\varnothing$  1,2 x 50 mm