

# ELV-Serie 7000 Prozessor-Netzteil PNT 7000 0-40 V, 0-3 A

## Mikroprozessorgesteuertes Profi-Netzgerät mit Computeranschlußmöglichkeit über V 24-Schnittstelle

*Mit diesem mikroprozessorgesteuerten Profi-Netzgerät aus der ELV-Serie 7000 stellen wir unseren Lesern ein ausgereiftes, erprobtes und nachbausicheres Universal-Netzgerät mit Computeranschlußmöglichkeit vor, das selbst den verwöhntesten Ansprüchen gerecht wird.*

*Sowohl die Abgabeleistung von 0 bis 40 V/3 A bei getrennter Einstellung von Spannung, Strom und Leistung als auch die komfortable Anzeige dieser Werte über drei 4stellige LED-Displays reihen dieses Gerät in die Spitzenklasse der Stromversorgungsgeräte ein. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Präzisions-Widerstandsmessungen im Bereich von 1 m $\Omega$  bis 10 k $\Omega$  vorzunehmen.*

*Die anwenderfreundliche, vollkommen digitale Bedienung des PNT 7000 kann wahlweise direkt über 26 auf der Frontplatte angeordnete Taster erfolgen oder über einen extern angeschlossenen Computer (V 24-Schnittstelle). Auf diese Weise ist auch eine vollautomatische Programmsteuerung des PNT 7000 über einen Computer möglich, und der Einsatzbereich wird zum Leistungs-Funktionsgenerator für niedrige Frequenzen erweitert.*

*Trotz der hervorragenden Daten und der aufwendigen Schaltung konnte eine hohe Nachbausicherheit in Verbindung mit einem ausgereiften Layout erreicht werden, da fast sämtliche Bauelemente auf den Platinen bei minimalem Verdrahtungsaufwand untergebracht sind.*

### Allgemeines

Vor genau acht Jahren im „ELV journal“ Nr. 12/1980 stellten wir Ihnen ein besonders komfortables elektronisches Netzgerät, das NT 7000, in der ELV-Serie 7000 vor. Der noch weiter verbesserte Nachfolgetyp, das ELV Super-Netzteil SNT 7000 aus dem „ELV journal“ Nr. 21 zählt bis heute zu den Spitzengeräten seiner Klasse. Aufgrund der ausgereiften und richtungsweisenden Technik wird das SNT 7000 sicherlich auch in den kommenden Jahren seinen Anwenderkreis erweitern.

Im Computerzeitalter soll die ELV Netzgeräteserie nun ergänzt werden durch ein vollkommen digital mit hoher Präzision einstellbares elektronisches Netzgerät, dessen Bedienung sowohl am Gerät selbst als auch über einen extern anzuschließenden Computer mit V 24-Schnittstelle erfolgen kann.

Über die Leistungsmerkmale des SNT 7000 hinaus bietet das neue, mikroprozessorgesteuerte PNT 7000 eine vollkommen digitale Einstellmöglichkeit der Spannung mit einer

Auflösung von 10 mV, des Stromes mit einer Auflösung von 1 mA sowie als Besonderheit der Leistung mit einer Auflösung von 0,1 W. Mit der Mikroprozessorstuerung kann erreicht werden, daß nicht allein Spannung und Strom vorwählbar sind, sondern auch die Leistung angezeigt und konstant gehalten bzw. begrenzt wird. Ferner bietet das PNT 7000 die Möglichkeit, anstatt der Leistung den angeschlossenen Widerstand mit einer Auflösung von 1 m $\Omega$  anzuzeigen, wodurch das PNT 7000 zusätzlich als Präzisions-Milliohmometer einsetzbar ist bis zu Widerständen von 10 k $\Omega$ . Durch den Einsatz eines hochauflösenden A/D-Wandlers (16 Bit!) ergibt sich in Verbindung mit zwei ebenfalls recht hochauflösenden D/A-Wandlern (12 Bit) eine extrem hohe Langzeitstabilität bei hoher Einstellgeschwindigkeit. Dies wird u. a. durch eine Kombination von superschneller Analog-Regelelektronik, schnellen D/A-Wandlern zur Strom/Spannungs-Sollwertvorgabe sowie hochauflösender A/D-Wandlung als Rückführung zu Kontrollzwecken erreicht. Dies alles hard-

waremäßig und v. a. programmtechnisch, d. h. softwaremäßig, zu verarbeiten, stellt an die Entwickler des ELV-Ingenieurteams extrem hohe Anforderungen. Darüber hinaus stand das gesamte Projekt unter der Prämisse von hoher Nachbausicherheit und Preiswürdigkeit. Wir beginnen mit der eigentlichen Beschreibung der Bedienung und Funktion, da die Fülle der Leistungsmerkmale des PNT 7000 so am besten darstellbar sind.

### Bedienung und Funktion

Mit dem links auf der Frontplatte angeordneten Netzschalter wird das Prozessor-Netzteil PNT 7000 eingeschaltet.

Auf den drei jeweils 4stelligen Anzeigendisplays können die Werte für Spannung, Strom und Leistung abgelesen werden. Durch die eingebauten Stützakkus werden sämtliche Einstellwerte des PNT 7000 abgespeichert, so daß sie auch nach dem Ausschalten oder nach einem Stromausfall bei erneuter Inbetriebnahme immer sofort zur

Teil 1



Ansicht des Prozessor-Netzteils PNT 7000

Verfügung stehen. Die Stützakkus werden automatisch beim Betrieb des Gerätes geladen und besitzen eine Kapazität, die für ca. ein Jahr ununterbrochenen Stützbetrieb ausreicht. Bei abgeklemmten Akkus bzw. nach längeren Einschaltpausen werden alle Werte gelöscht und auf „0000“ gesetzt.

### Spannungseinstellung

Unterhalb einer jeden 4stelligen Digitalanzeige sind acht Taster angeordnet. Für jedes Digit sind zwei Taster zuständig, der eine für Aufwärts- und der andere für Abwärtszählen. Bei dem 4stelligen Spannungsdisplay besitzt die rechte Stelle eine Wertigkeit von 10 mV, so daß durch Betätigen des oberen zu diesem Digit gehörenden Tasters die Anzeige um einen Punkt heraufgezählt wird. Äquivalent dazu reduziert sich die Anzeige um einen Punkt bei jeder Betätigung des darunterliegenden Tasters. Die beiden links daneben angeordneten Taster ändern die Spannung bei jeder Betätigung um 100 mV. In gleicher Weise arbeiten zwei Taster zur Verstellung in 1 V-Schritten und zwei weitere Taster in 10 V-Schritten. Wird ein Taster länger als eine halbe Sekunde festgehalten, beginnt die Anzeige mit 5 Schritten pro Sekunde zu laufen. Ein besonderes Komfortmerkmal stellt hierbei der automatische Übertrag dar, durch den die Spannung kontinuierlich in vier Geschwindigkeitsstufen hoch- und runtergefahren werden kann.

Wird z. B. die 10 mV-Aufwärtszähltaste betätigt und festgehalten, erhöht sich die Spannung in 10 mV-Schritten um 50 mV pro Sekunde. Nach Erreichen von 90 mV erfolgt automatisch der Übertrag auf die nächsthöherwertige Stelle, d. h. nach zwei Sekunden hat sich die Spannung um 100 mV erhöht, nach vier Sekunden um 200 mV usw. (genaugenommen ist natürlich noch die Startzeit mit 0,5 Sekunden hinzuzuzählen, die abgewartet werden muß, bis das Hochlaufen beginnt). In gleicher Weise kann die Spannung kontinuierlich heruntergefahren werden.

Wird anstelle der 10 mV-Taste die 100 mV-Taste betätigt und festgehalten, so läuft die Spannung mit 500 mV pro Sekunde hoch

(bzw. runter). Gleiche Funktionen besitzen die 1 V- und 10 V-Tasten, wobei am Meßbereichsendwert (0 V bzw. 40 V) automatisch gestoppt wird.

### Betrieb als Spannungskonstanter

Vorausgesetzt, es wurde ein genügend hoher Grenzstrom bzw. Grenzleistungswert vorgewählt, arbeitet das PNT 7000 als Spannungskonstanter. Dies wird durch die links neben dem Spannungs-Display angeordnete Kontroll-LED „U“ signalisiert. Auf dem Strom- und Leistungs-Display kann der augenblicklich fließende Strom sowie die vom angeschlossenen Verbraucher aufgenommene Leistung abgelesen werden.

### Grenzstromwert

Durch kurze Betätigung (kleiner 0,5 Sekunden) einer beliebigen der acht Stromeinstell-tasten erscheint auf dem 4stelligen Strom-Display der vorgewählte Grenzstrom für ca. zwei Sekunden. Danach wird automatisch wieder auf den aktuellen Stromwert zurückgeschaltet.

### Betrieb als Stromkonstanter

Wird die Ausgangsbelastung des PNT 7000 so weit erhöht, daß der eingestellte Grenzstromwert zum Tragen kommt, schaltet die Elektronik des PNT 7000 automatisch auf den Betrieb als Stromkonstanter mit genau diesem eingestellten Grenzstromwert um, d. h. der Ausgangsstrom wird auf diesem Wert konstant gehalten. Die Anzeige dieses Betriebszustandes erfolgt durch Aufleuchten der LED „I“ links neben dem 4stelligen Strom-Display, wobei gleichzeitig die Kontroll-LED „U“ erlischt. Auf dem Spannungs-Display erscheint nun die zu dem eingestellten Konstantstrom gehörende aktuelle Spannung, die kleiner ist, als der ursprünglich vorgewählte Spannungswert.

### Grenzspannungswert

Sofern sich das PNT 7000 wie gerade beschrieben nicht im Betrieb als Spannungskonstanter befindet (Kontroll-LED „U“ erloschen), kann auf dem Spannungs-Display anstelle des aktuellen Ausgangs-Spannungswertes auch die mit den acht Tasten vorge-

wählte Grenzspannung abgerufen werden. Hierzu wird in gleicher Weise wie beim weiter vorstehend beschriebenen Strom-Display eine beliebige der acht Spannungseinstell-tasten kurz betätigt (kleiner als 0,5 Sekunden). Unmittelbar darauf erscheint auf dem Spannungs-Display für zwei Sekunden der betreffende Wert. Soll der Grenzspannungswert verändert werden, kann dies ab dem zweiten Tastendruck mit jeder beliebigen der acht zugehörigen Tasten erfolgen oder aber gleich beim ersten Tastendruck, sofern die betreffende Taste länger als 0,5 Sekunden gedrückt bleibt.

### Grenzleistungswert

In gleicher Weise erfolgt das Abrufen des Grenzleistungswertes sowie die Programmierung. Als Besonderheit ist hier anzumerken, daß die Vorwahl des Grenzleistungswertes mit einer Auflösung von 0,1 W erfolgt. Das Festkomma der Digitalanzeige befindet sich hierbei immer links neben dem niederwertigsten Digit („120.0“). Dadurch ist eine feste Zuordnung der Programmier-tasten zur Wertigkeit der einzelnen Displays gegeben. Die Anzeige der aktuellen Leistungsabgabe hingegen besitzt eine vom Mikroprozessor gesteuerte Fließkommaanzeige mit einer maximal möglichen Auflösung von 1 mW (z. B. „0.001“ bis „9.999“). Bei größeren Ausgangsleistungen reduziert sich die Auflösung bis auf 0,1 W entsprechend einem 4stelligen Display (z. B. „120.0“). Nachfolgend noch eine kurze Zusammenfassung:

Im Normalbetrieb stehen auf den drei jeweils 4stelligen Displays für Spannung, Strom und Leistung die aktuellen Werte zur Verfügung, die von einem extern angeschlossenen Verbraucher dem PNT 7000 entnommen werden. Derjenige Regler, der für die Steuerung, d. h. Begrenzung eines der drei Werte im Augenblick verantwortlich ist, wird durch Aufleuchten der betreffenden LED „U, I, P“ kenntlich gemacht. Im Leerlauf ist dies üblicherweise die Spannung. Anhand eines praktischen Beispiels soll die Funktionsweise noch etwas ausführlicher verdeutlicht werden:

## Betriebsbeispiel

Nehmen wir an, die Spannung wurde auf 40 V, der Strom auf 3 A und die Leistung auf 120 VA eingestellt. Ohne angeschlossenen Verbraucher erscheint auf dem Display die eingestellte Spannung von 40,00 V, und die zugehörige Kontroll-LED „U“ leuchtet auf, da der Spannungsregler in Betrieb ist. Das Stromdisplay zeigt „0.000“ und das Leistungsdisplay ebenfalls. Wird jetzt als Verbraucher ein Widerstand mit einem Wert von 1 k $\Omega$  an die Ausgangsklemmen geschaltet, zeigt das Strom-Display „0,040“ und das Leistungs-Display „1.600“. Es fließen somit 40 mA, und im Widerstand werden 1,6 W elektrischer Energie in Wärme umgesetzt.

Durch kurze Betätigung einer beliebigen Taste unterhalb der Strom-Displays erscheint dort der eingestellte Grenzstromwert von „3.000“. Wir wollen jetzt durch weitere Tastenbetätigungen den Grenzstromwert auf „0.030“ reduzieren. Da dieser Wert unter dem gerade fließenden Stromwert liegt, schaltet das PNT 7000 automatisch auf den Betrieb als Stromkonstanter um und begrenzt jetzt den Ausgangsstrom auf 30 mA. Zusätzlich leuchtet bei dieser Betriebsart die entsprechende Kontroll-LED „I“ auf, und die LED „U“ verlischt. Auf dem Spannungs-Display kann jetzt die aktuelle Spannung von „30.00“ entsprechend 30 V abgelesen werden, da an einem 1 k $\Omega$ -Widerstand bei einem Strom von 30 mA der Spannungsabfall 30 V beträgt. Das Leistungs-Display zeigt „0.900“ korrekt an.

In einem weiteren Schritt wollen wir jetzt eine beliebige der acht Tasten unter diesem Display betätigen, und es erscheint die ursprünglich vorgewählte Grenzleistung von „120.0“. Durch geeignete Betätigung der entsprechenden Leistungs-Einstelltasten wollen wir jetzt eine Grenzleistung von 0,4 W (Anzeige „0.4“) vorwählen. Sobald der aktuelle Wert von 0,9 W unterschritten wird, erlischt auch die Kontroll-LED „I“, und „P“ leuchtet auf, da jetzt das PNT 7000 in der Betriebsart Leistungsregelung arbeitet. Ist der Leistungswert von „0.4“ erreicht, zeigt das Spannungsdisplay „20.00“ und das Strom-Display „0.020“, denn diese Werte ergeben nach der Formel  $P = U \times I$  eine Leistung von 0,4 W.

Durch Betätigen der rechts neben dem Leistungsdisplay angeordneten Taste „W/ $\Omega$ “ kann von der Anzeigebetriebsart „Leistung“ in den Anzeigemodus „Widerstand“ umgeschaltet werden. Gleichzeitig erlischt die darüber angeordnete Kontroll-LED „W“, und anstelle dessen signalisiert die LED „ $\Omega$ “ dem Anwender, daß jetzt der am Ausgang liegende Widerstand angezeigt wird. In unserem Fall zeigt das Display „1.000“. Wesentlich ist hierbei, daß zwar die Anzeige jetzt einen Widerstandswert ausweist, die Betriebsart als Leistungs-Konstanter dabei jedoch keineswegs berührt wird. Durch erneute Betätigung des Tasters „W/ $\Omega$ “ erscheint auf dem betreffenden Display wieder die aktuelle Leistung. Wird während einer Widerstandsmessung eine der acht unter dem Leistungs-Display angeordneten Taster kurz gedrückt, kann für zwei Sekunden der Grenzleistungswert abgelesen werden. Ei-

ne dauerhafte Umschaltung zwischen Leistungs- und Widerstandsanzeige ist nur mit dem Taster „W/ $\Omega$ “ möglich.

Befindet sich am Ausgang des PNT 7000 kein Widerstand, sondern ein beliebiger anderer Verbraucher, so wird im Widerstands-Modus dessen fiktiver Widerstand angezeigt, der sich nach dem ohmschen Gesetz errechnet anhand der Formel:  $R = U/I$ .

Die Anzeige auf dem Leistungs-Display erfolgt grundsätzlich in Watt (von „0.000“ bis „120.0“) bzw. in Ohm („0.001“ bis „9999“). Die Verschiebung des Dezimalpunktes erfolgt über den zentralen Mikroprozessor automatisch.

Wird jetzt, auf unser Beispiel bezogen, der 1 k $\Omega$ -Widerstand vom Ausgang abgeklemmt, läuft die Spannung automatisch auf den in unserem Fall ursprünglich vorgewählten Spannungswert von 40 V hoch. Da jetzt wieder der Spannungs-Konstanter in Betrieb ist, erlischt auch die Kontroll-LED „P“ und „U“ leuchtet auf. Strom- und Leistungs-Display zeigen „0.000“. Durch die schnelle elektronische Regelung ermöglicht das PNT 7000 für das „Hochlaufen“ eine nahezu vernachlässigbare Zeit, die sich im Mikrosekundenbereich (!) bewegt.

### Stromkonstanter/elektronische Sicherung

Im rechten Frontplattendrittel befinden sich zwei weitere Leuchtdioden „Si“ und „I<sub>const</sub>“ mit einem zugehörigen Taster („Reset“). Mit diesem kann zwischen den Stromregler-Funktionen „Si“ (elektronische Sicherung) und „I<sub>const</sub>“ (Strom-Konstanter) gewählt werden. Leuchtet „I<sub>const</sub>“ auf, wird beim Erreichen des auf dem Strom-Display vorgewählten Grenzstromwertes dieser konstant gehalten. Durch Betätigen des Tasters unterhalb der Kontroll-LED verlischt diese und anstelle dessen leuchtet „Si“ auf. Wird jetzt der vorgewählte Grenzstromwert erreicht, arbeitet der betreffende Regler nun als elektronische Sicherung und schaltet den Ausgang ganz ab. Zur Kennzeichnung des Ansprechens der elektronischen Sicherung blinkt die Kontroll-LED „Si“ so lange, bis die Reset-Taste ein weiteres Mal gedrückt wurde. Der Ausgang des PNT 7000 ist wieder aktiviert unter Beibehaltung des Funktionsmodus „Si“. Zum Wechsel in den Stromkonstantermodus muß die Reset-Taste erneut gedrückt werden.

### Betriebsarten-Kontroll-LEDs

Ganz rechts auf der Frontplatte sind vier weitere Signal-LEDs angeordnet. Die obere mit „1,5 A“ bezeichnete LED zeigt ab einer Ausgangsspannung von 20 V die interne Spannungsverdopplung an, so daß jetzt im Dauerbetrieb maximal 1,5 A Ausgangsstrom zur Verfügung steht (von 20 V bis 40 V). Kurzzeitig ist auch bei einer Ausgangsspannung bis zu 40 V ein Strom von 3 A entnehmbar, der jedoch auf einige Minuten begrenzt ist.

Sobald der Transformator durch Überlastung zu heiß ist, erfolgt die vorübergehende Abschaltung des Aufgangs, und die LED „Trafo“ leuchtet auf. Nach einiger Zeit, wenn der Trafo hinreichend abgekühlt ist, erfolgt automatisch die Wiedereinschaltung (abhängig vom Grad der vorherigen Belastung).

Gleiches gilt für die Endstufen, deren Temperatur ebenfalls überwacht wird. Erfolgt hier eine Überlastung, leuchtet die LED „Endstufe“ auf, und der Ausgang ist deaktiviert. Durch die großzügige Auslegung der Endstufen ist eine Überlastung jedoch nur in Extremfällen wie z. B. bei der Einstellung „0 V/3 A“ und ungünstiger Belüftung zu erwarten.

In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, daß beim Betrieb des PNT 7000 stets auf gute Belüftung und damit Wärmeabfuhr zu achten ist (Gehäuse sollte frei stehen, damit im Bereich der Kühlkörper eine gute Konvektion sichergestellt ist).

Die vierte, mit „Remote“ bezeichnete LED signalisiert die externe Ansteuerung des PNT 7000 durch einen Rechner (über die V24-Schnittstelle). Hierauf gehen wir im weiteren Verlauf dieser Beschreibung noch näher ein.

Die Ankopplung des zu speisenden Verbrauchers erfolgt über zwei rechts auf der Frontplatte des PNT 7000 angeordnete Polklemmen.

Zum Abschluß dieser ausführlichen Beschreibung wollen wir noch auf einige Besonderheiten eingehen.

### Die Widerstandsmessung

Mit dem PNT 7000 sind Widerstandsmessungen in einem großen Bereich möglich, und zwar bis hinunter zu extrem niederohmigen Werten mit einer Auflösung von 1 m $\Omega$  (!). Hierzu ist es erforderlich, daß der volle Spannungs- und vor allem Strom-Bereich genutzt wird. Als besonderes Feature besteht die Möglichkeit, alle drei Werte, d. h. sowohl Spannung, Strom als auch Leistung zu begrenzen, um den auszumessenden Widerstand nicht zu überlasten. Im allgemeinen wird es günstig sein, Spannung und Strom auf Maximum einzustellen (40 V/3 A) und lediglich die Leistung auf einen Wert einzustellen, der für den betreffenden Widerstand das Maximum darstellt. Der zentrale Mikroprozessor des PNT 7000 stellt nun Spannungs- und Stromwerte beim Anlegen des auszumessenden Widerstandes vollautomatisch so ein, daß die in den Widerstand hineinfließende Leistung den vorgewählten Grenzwert nicht überschreitet bei gleichzeitig größtmöglicher Auflösung. Durch einen internen Rechenprozeß wird dann nach der Formel:  $R = U/I$  nach ca. einer Sekunde der betreffende Widerstandswert angezeigt.

Zusätzlich kann auch eine Spannungs- und Strombegrenzung vorgewählt werden. Bei niederohmigen Widerständen sehr kleiner Bauform kann es z.B. vorkommen, daß zwar bei einem Strom von 3 A die zulässige Leistung noch nicht erreicht wird, durch den verhältnismäßig hohen Strom der Widerstand aber bereits Schaden nimmt. In diesem Fällen empfiehlt sich die zusätzliche Einstellung einer entsprechenden Strombegrenzung.

Wird eine der drei Begrenzungsmöglichkeiten zu niedrig gewählt, kann es vorkommen, daß die Anzeige des Widerstandswertes nicht mit der vollen, d. h. größtmöglichen Auflösung ausgegeben wird. Falls gewünscht und möglich, kann dann der für die

Begrenzung verantwortliche Wert (Spannung, Strom oder Leistung) in bereits beschriebener Weise erhöht werden. Abschließend wollen wir auf eine weitere Besonderheit bei Widerstandsmessungen eingehen, und zwar auf den automatischen Nullpunkt-Abgleich, der auch evtl. vorhandene Innenwiderstände von verwendeten Meßleitungen kompensiert. Hierzu geht man wie folgt vor.

Im Grundzustand zeigt das rechte 4stellige Display die abgegebene Leistung an, und die Kontroll-LED „W“ leuchtet auf. Durch kurze einmalige Betätigung des Tasters „W/Ω“ erfolgt die Umschaltung zur Anzeige des Widerstandes. Die entsprechende Kontroll-LED „Ω“ leuchtet auf. Sollen nun der Geräteinnenwiderstand sowie Übergangswiderstände und Meßleitungswiderstände eliminiert werden, so sind die Ausgangsbuchsen bzw. die verwendeten Meßleitungen kurzzuschließen, und zwar noch während sich das PNT 7000 im Anzeigemodus „W“ befindet. Wird jetzt die Taste „W/Ω“ mindestens eine Sekunde lang gedrückt, erfolgt ebenfalls die Umschaltung in den Anzeigemodus „Ω“ (wie auch bei kurzer Tastenbetätigung), jedoch erfolgt jetzt die Eliminierung der betreffenden Innenwiderstände, d. h. das Display zeigt „0.000“. Bei allen weiteren Widerstandsmessungen werden jetzt automatisch die soeben ermittelten Innen- und Übergangswiderstände abgezogen, und auf dem Display erscheint auch bei sehr niederohmigen, auszumessenden Widerständen direkt der interessierende Wert des angeschlossenen Bauteils. Bedingt durch die extrem hohe Auflösung des PNT 7000 in Verbindung mit Übergangswiderständen kann die letzte Stelle im Widerstands-Meßbereich um einige Digit schwanken. Dies ist keineswegs eine Unzulänglichkeit des PNT 7000, sondern vielmehr auf die erwähnten Übergangswiderstände zurückzuführen.

Für die Profis unter unseren Lesern soll an dieser Stelle noch auf einen interessanten Effekt hingewiesen werden:

Würde man einen sehr niederohmigen Widerstand direkt an die Ausgangsklemmen anlöten, so erschiene der betreffende Widerstandswert auf dem Display mit langsam driftenden kleinstem Digit. Dies ist auf den sog. Peltiereffekt zurückzuführen, der je nach Materialien, Strömen und Temperaturen an den Übergangsstellen (Anschlußstellen) kleine Spannungen hervorruft, die in das Meßergebnis eingehen. Nach kurzer Zeit, wenn sich ein stabiles thermisches und elektrisches Gleichgewicht ergeben hat, steht die letzte Stelle dann ruhig. Doch fahren wir nun weiter mit der Widerstandsmessung fort.

Sind alle gewünschten Widerstandsmessungen durchgeführt, kann das PNT 7000 durch einen weiteren kurzen Druck auf die Taste „W/Ω“ zurück zur Leistungs-Anzeige gebracht werden. Hierdurch wird gleichzeitig der Nullpunktausgleich im Widerstandsbe-  
reich zurückgesetzt. Neue Widerstandsmessungen können entweder durch kurze Tastenbetätigung, ohne Kompensation oder durch längere Tastenbetätigung bei Meßleistungskurzschluß mit Kompensation erfolgen.

### Externe Steuerung

Über die auf der Rückseite des PNT 7000 zugängliche V 24-Schnittstelle kann eine externe Steuerung vorgenommen werden.

Hierzu wird ein Computer mit einer V 24-Schnittstelle (z. B. IBM PC oder Kompatible) über eine Standard-Verbindungsleitung mit dem PNT 7000 verbunden.

Speziell für IBM PCs und Kompatible steht eine Bedien-Software auf Diskette zur Verfügung, mit deren Hilfe auf komfortable

Weise die externe Steuerung des PNT 7000 über den PC möglich ist. Darüber hinaus können selbstverständlich auch komplexe Steuerungsabläufe in der Kombination PC-PNT 7000 realisiert werden, die individuell zu erstellen sind.

Wie die einfache Ansteuerung des PNT 7000 vorzunehmen ist beim Einsatz eigener Programme, wird im weiteren Verlauf dieses Artikels noch näher beschrieben. Zunächst wollen wir uns jedoch mit der grundsätzlichen Computeransteuerung befassen.

Unmittelbar nach dem Einschalten des PNT 7000 kann die Bedienung durch beliebige Tastenbetätigungen in der beschriebenen Weise erfolgen. Die Kontroll-LED „Remote“ ist ausgeschaltet.

Sowohl sämtliche Eingabetasten auf der Frontplatte als auch die V 24-Schnittstelle werden permanent vom zentralen Mikroprozessor abgefragt. Jede Steuerinformation wird unmittelbar ausgeführt.

Sobald das PNT 7000 über die V 24-Schnittstelle eine Steuerinformation zur Veränderung der eingestellten Vorgabewerte erhält, wird dieser Befehl ausgeführt. Gleichzeitig leuchtet die Kontroll-LED „Remote“ auf zur Signalisierung der externen Ansteuerung (die über die Frontplattentaster eingegebene Information wurde durch den Computer geändert).

Die Kontroll-LED „Remote“ erlischt erst dann, wenn eine neue über die Frontplattentaster eingegebene Einstellung erfolgt ist. Die Umschaltung von externen auf direkten Eingabebetrieb erfolgt automatisch.

Nachdem wir uns ausführlich mit der Bedienung und der grundsätzlichen Funktion des PNT 7000 befaßt haben, kommen wir als nächstes zur Schaltungsbeschreibung, die in der kommenden Ausgabe des „ELV journal“ vorgestellt wird.