

Tastatur trägt neben dem stabilen Gehäuse ganz wesentlich zur Robustheit des Gerätes bei.

Zur angenehmen Bedienung ist die Folientastatur mit Prägetasten ausgestattet, die über eine taktile Rückmeldung verfügen.

Mit der Taste „ON“ wird das HT 100 eingeschaltet. Die jeweils eingestellte Funktion bzw. der gewählte Meßbereich bleibt auch bei ausgeschaltetem Gerät gespeichert, so daß nach dem Einschalten immer der zuletzt eingestellte Betriebsmodus angewählt wird.

Durch Betätigen der Taste „Range“ erfolgt die Umschaltung von Temperatur- auf Feuchtemessung bzw. umgekehrt.

Mit der „Hold“-Taste kann zu jeder Zeit der aktuelle Meßwert gespeichert, d. h. auf der Anzeige „eingefroren“ werden. Dies gilt gleichermaßen für Temperatur- und Luftfeuchtemessungen.

Sowohl die Taste „Range“ als auch die Taste „Hold“ besitzen eine sogenannte Toggle-Funktion, d. h. eine zweite Betätigung derselben Taste schaltet wieder in den vorherigen Zustand zurück. Mit der Taste „Off“ wird das Gerät ausgeschaltet.

Zur Spannungsversorgung dient eine 9 V-Blockbatterie. Durch das von außen zugängliche integrierte Batteriefach ist ein Batteriewechsel jederzeit ohne weitere Hilfsmittel möglich. Aufgrund der sehr geringen Stromaufnahme von nur ca. 2 mA ergibt sich eine Betriebszeit von rund 250 Stunden mit einer Alkali-Mangan-Batterie.

Zur Kennzeichnung eines erforderlichen Wechsels der Batterie erscheint auf dem Display die Anzeige „BAT“, wobei in der Regel mit der verbrauchten Batterie noch einige Betriebsstunden möglich sind.

Meßverfahren

Bevor wir mit der Beschreibung der eigentlichen Schaltung des HT 100 beginnen, soll an dieser Stelle zunächst auf die angewandten Meßverfahren eingegangen werden.

Die Temperaturmessung beruht ähnlich wie beim T 500 (ELVjournal 3/92) auf einer Messung des elektrischen Widerstandes. Aufgrund des eher kleinen Temperaturmeßbereiches von -40°C bis +100°C (mehr läßt der im selben Fühlergriffel integrierte Feuchtesensor nicht zu) wird hierbei jedoch mit dem recht preiswerten Halbleitersensor des Typs SAS 1000 gearbeitet.

Die Messung der relativen Luftfeuchte erfolgt über eine Kapazitätsmessung des Feuchtesensors. Dieser stellt im wesentlichen einen Kondensator dar, dessen Dielektrikum sich unter dem Einfluß der Luftfeuchte ändert. Durch die im Fühler-

gehäuse untergebrachte Schaltung wird die daraus resultierende Kapazitätsänderung in eine dazu proportionale Meßspannung umgewandelt und dem AD-Wandler zugeführt.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang die Präzision des eingesetzten Feuchtefühlers, bei dem es sich um einen in Frankreich entwickelten Industriosensor handelt, mit außerordentlich geringer Hysterese bei guter Meßwertreproduzierbarkeit und Langzeitstabilität. Dieser Sensor findet unter anderem auch in der professionellen von ELV für die Industrie produzierten Umweltmeßstation Einsatz, die für lange Standzeiten und besondere Zuverlässigkeit konzipiert sind.

Schaltung

Die Schaltung des ELV-Hygrothermometers HT 100 ist in zwei Einzelschaltbilder aufgeteilt. Abbildung 1 zeigt das Hauptschaltbild mit dem CMOS-AD-Wandler IC 2 des Typs MAX 136, während Abbildung 2 die im Fühlergehäuse untergebrachte Wandlerelektronik für den Feuchtesensor zeigt.

Die in Abbildung 1 aufgezeigten Schaltungskomponenten befinden sich auf einer doppelseitig durchkontaktierten Leiterplatte, die in einem Handgehäuse untergebracht ist. Kernstück dieser Schaltung ist der mit IC 2 bezeichnete AD-Wandler. Neben der eigentlichen Analog-Digital-Umsetzung verfügt dieser Schaltkreis über einen BCD-7-Segment-Treiber, für das mit LCD 1 bezeichnete Display. Ebenfalls sind die Referenzspannungserzeugung sowie ein Taktgenerator mit integriert.

Über die externen Bauelemente R 19 und C 5 für den Oszillator sowie C 7, C 8 und R 20 für die Integrationsstufe werden das Timing bzw. die Taktfrequenz dieser Stufen vorgegeben.

Der als Differenzeingang ausgeführte Meßeingang des IC 2 setzt eine Eingangsspannung (V_{in}) nach der Formel:

$$V_{in} = \text{Anzeige} \cdot \frac{V_{ref}}{1000}$$

in den auf dem LC-Display ausgegebenen Anzeigewert um.

Aufgrund der unterschiedlichen Meßverfahren für Luftfeuchte und Temperatur sowie der daraus resultierenden unterschiedlichen Meß- und Offsetspannungen müssen die Korrekturwerte sowohl für die Offset- als auch für die Referenzspannung bezüglich jedes Meßbereichs unabhängig voneinander vorgegeben werden. Außerdem muß natürlich eine Umschaltung der eigentlichen Meßspannung für beide Bereiche vorgenommen werden.

Die Umschaltung dieser insgesamt 3 Spannungen erfolgt mit den 3 elektroni-

schen Umschaltern, die im IC 3 des Typs 4053 integriert sind. Die im Schaltbild eingezeichnete Schalterstellung entspricht dem Luftfeuchtemeßbereich. Durch IC 3 A wird die Umschaltung der Meßspannung vorgenommen, während IC 3 B die Korrekturspannung für den Offset umschaltet. Für den Temperaturmeßbereich wird die Offsetspannung mit Hilfe des Trimmers R 4 in Verbindung mit den Festwiderständen R 8, R 14, R 15 erzeugt. Die Vorgabe der Korrekturspannung für den Luftfeuchtemeßbereich erfolgt mit den Widerständen R 9, R 16, R 17, wobei aufgrund des erforderlichen großen Einstellbereiches speziell an dieser Stelle ein Spindeltrimmer zur Einstellung dient.

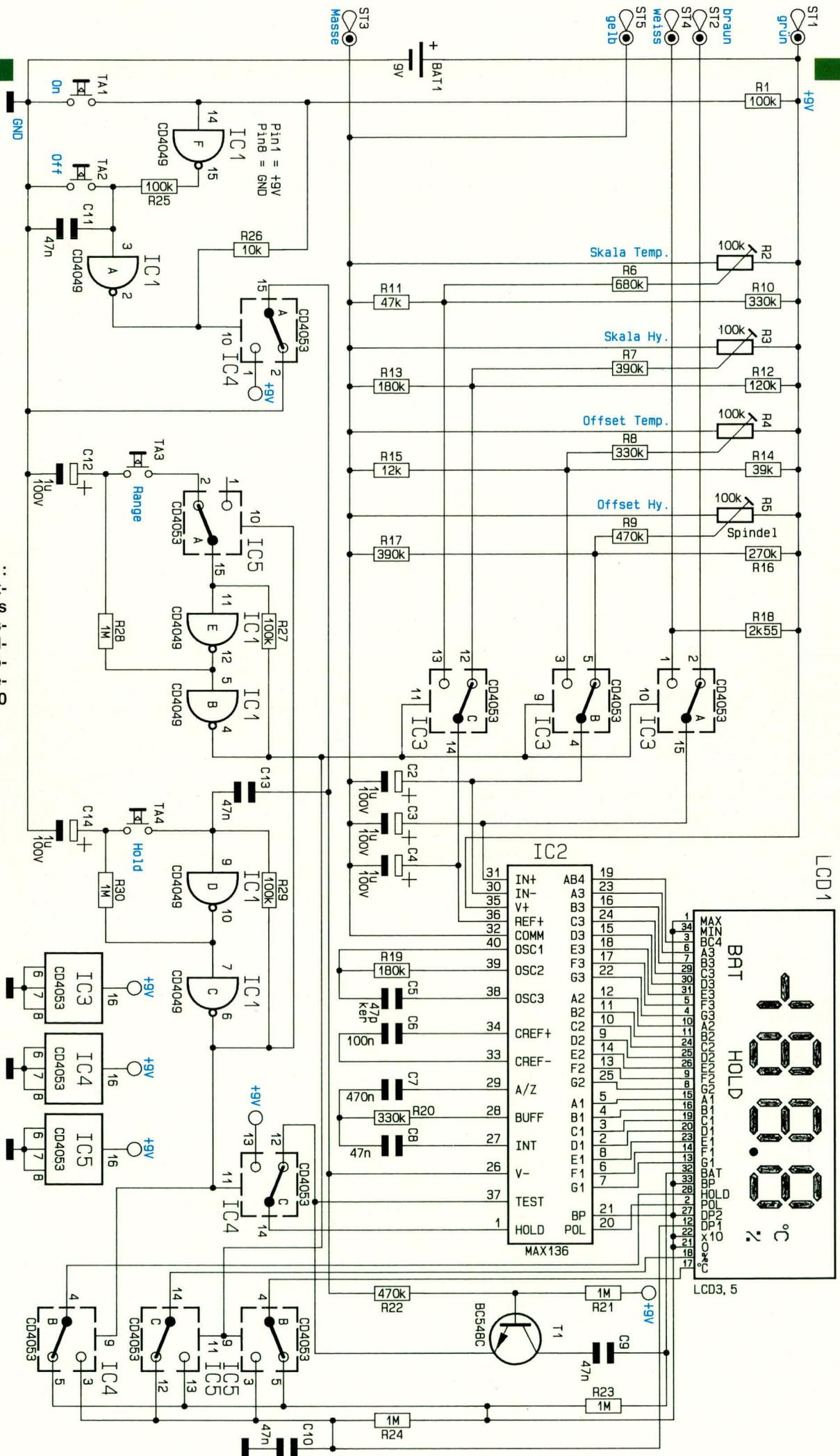
Mit dem CMOS-Schalter IC 3 C erfolgt die Umschaltung der Referenzspannung. Diese wird für den Temperaturmeßbereich mit dem Trimmer R 2 und Zusatzbeschaltung erzeugt bzw. mit R 3 und den Festwiderständen R 7, R 12, R 13 für den Luftfeuchtemeßbereich.

Der AD-Wandler IC 2 ist so beschaltet, daß die interne Referenzspannung genutzt wird. Hierdurch steht zwischen den IC-Anschlüssen Pin 35 (V+) und Pin 32 (COMM) eine stabilisierte Spannung an von typ. 2,8 V (2,6 V bis 3,2 V). Damit wird der gesamte Analogzweig des HT 100 gespeist. Über die im linken Schaltbildbereich eingezeichneten Lötstützpunkte ST 1 bis ST 5 ist der Meßaufnehmer angeschlossen, auf dessen detaillierte Beschreibung wir im weiteren Verlauf noch näher eingehen.

Als nächstes wenden wir uns der Bedienlogik des HT 100 zu. Über die Kippstufe, aufgebaut mit den CMOS-Invertern IC 1 A, F in Verbindung mit dem elektronischen Schalter IC 4 A, wird das Gerät ein- bzw. ausgeschaltet. In der eingezeichneten Stellung, welche dem eingeschalteten Zustand entspricht, führt der Ausgang des IC 1 A (Pin 2) Low-Pegel. Durch die Rückführung über den Widerstand R 26 zum Eingang der Kippstufe wird der jeweilige Schaltzustand gehalten. Ein Druck auf die Taste „Off“ gibt dem IC 1 A einen Low-Pegel am Eingang vor, worauf alle Pegelzustände dieser Kippstufe wechseln. Das Gerät ist ausgeschaltet.

Zur Meßbereichsumschaltung dient die Taste T 3 (Range). Die zugehörige Kippstufe, aufgebaut mit IC 1 B, E sowie der Zusatzbeschaltung, bestehend aus R 27, R 28 und C 12, steuert das IC 3 an, mit den darin integrierten CMOS-Umschaltern IC 3 A, B, C. Damit ist die gleichzeitige Umschaltung der Meßspannung, der Offsetspannung und der Referenzspannung realisiert. Über den im Taster-Kreis liegenden elektronischen Schalter IC 5 A wird die Umschaltfunktion gesperrt, sofern die Funktion „Hold“ aktiv ist.

Bild 1:
Hauptschalt-
bild des
Präzisions-
Digital-
Hygro-
Thermome-
ters HT 100



Die Ausführung der Hold-Funktion, d. h. das „Einfrieren“ der Anzeige wird vom IC 2 durchgeführt, wobei die Aktivierung dieses Betriebszustandes durch den CMOS-Schalter IC 4 C erfolgt, indem dieser die IC-Pins 1 (Hold) und 38 (Test) miteinander verbindet.

Die Ansteuerung nimmt auch hier eine Kippstufe vor, aufgebaut mit IC 1 C, D und Zusatzbeschaltung. Über den Kondensator C 13 wird ein definierter Zustand nach dem Einschalten erreicht (Hold-Funktion nicht aktiv).

Neben der Darstellung des eigentlichen Zahlenwertes verfügt das LC-Display über weitere Anzeigemöglichkeiten. Hierzu gehören die Anzeigen „Hold, BAT, %, °C“. Die Ansteuerung des eigentlichen Zahlenwertes wird vom IC 2 direkt übernommen, während die übrigen Symbole einschließlich des Dezimalpunktes durch eine zusätzliche Hardware separat anzu-steuern sind.

Damit das betreffende Segment bzw. Symbol auf dem LC-Display erscheint, muß die Ansteuerung mit einem zum Backplane-Signal phasenverschobenen Signal erfolgen. Hierzu wird das Backplane-Signal auf einen Tiefpaß, aufgebaut mit R 24 und C 10, gegeben, wodurch eine Phasenverschiebung entsteht.

Der Dezimalpunkt DP 1 (Pin 27 des LCD 1), der ständig im Display erscheint, ist direkt mit diesem Signal verbunden.

Die Hold-Anzeige wird über den CMOS-Schalter IC 5 B geschaltet, während IC 5 C das Prozent-Symbol („%“) für die relative Luftfeuchte aktiviert. Im ausgeschalteten Zustand liegen die betreffenden LCD-Steuereingänge direkt am Backplane-Signal und werden bei Aktivierung auf das Steuersignal geschaltet, welches am Kondensator C 10 anliegt.

In ähnlicher Weise wird das Grad-Celsius-Symbol (°C) über den CMOS-Schalter IC 4 B aktiviert.

Die Ansteuerung der CMOS-Schalter erfolgt direkt durch die entsprechenden Kippstufen, über die auch die Funktion selbst eingeschaltet wird.

Die Batterie-Unterspannungsanzeige „BAT“ ist mit dem Transistor T 1 in Verbindung mit den Widerständen R 21 bis R 23 sowie dem Kondensator C 9 realisiert. Die Basis von T 1 ist über den Spannungsteiler R 21, R 22 mit der Batteriespannung verbunden, während der Emitter auf der internen digitalen Referenzspannung „TEST“ liegt. Sobald keine ausreichende Batteriespannung mehr zur Verfügung steht, schaltet T 1 durch, und es entsteht in Verbindung mit dem Tiefpaß R 23, C 9 eine Phasenverschiebung des Steuersignals für die BAT-Anzeige zum Backplane-Signal - die Unterspannungsanzeige erscheint im Display.

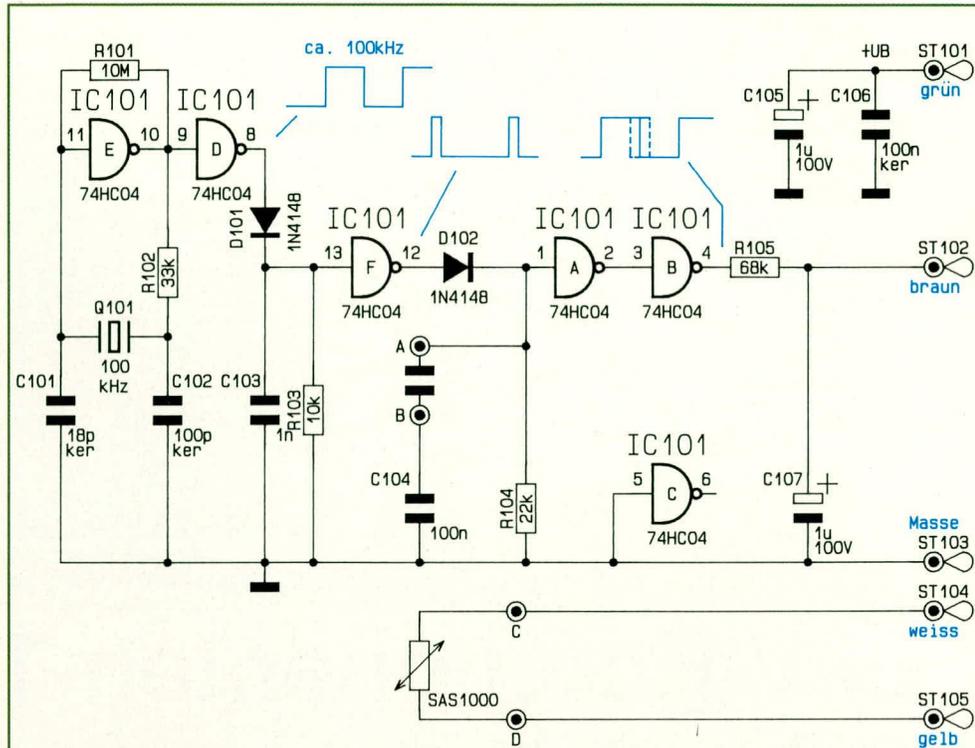


Bild 2: Schaltung der im Fühlergriff untergebrachten Wandlerelektronik

Kommen wir nun zur Beschreibung der in Abbildung 2 dargestellten Wandler-Schaltung zum Betrieb des Präzisions-Feuchtesensors.

Mit den Gattern IC 101 E und D sowie den externen Komponenten ist ein Quarzoszillator aufgebaut, der auf einer Frequenz von exakt 100 kHz schwingt. Der Einsatz eines Quarzes zur Erzielung einer hohen Frequenzkonstanz ist erforderlich, da Schwankungen dieses Oszillators ansonsten als Fehler unmittelbar in das Meßergebnis eingehen würden.

Aus diesem Rechtecksignal mit einem Puls-Pausen-Verhältnis von 1 : 1 wird in Verbindung mit C 103, R 103, D 101 sowie dem nachgeschalteten Inverter IC 101 F, ein positiv gerichteter schmaler Impuls erzeugt. Der positive Impuls beginnt jeweils auf der ansteigenden Flanke des 100 kHz-Signals, wobei die Grundfrequenz quarzgenau erhalten bleibt.

Der Kondensator C 104, mit dem in Reihe geschalteten kapazitiven Feuchtefühler (hier ebenfalls als Kondensator gezeichnet), bilden die Kapazität für eine monostabile Kippstufe, die in Verbindung mit R 104, D 102 sowie dem Inverter IC 101 A aufgebaut ist. Die eigentlichen zeitbestimmenden Komponenten werden vom Festwiderstand R 104 sowie der Kapazität des Feuchtefühlers dargestellt. Steigt die relative Luftfeuchte an, erhöht sich die Sensorkapazität und damit die Monozeit. Der nachgeschaltete Inverter IC 101 B nimmt eine Invertierung und Pufferung vor. Die Impulsbreite am Ausgangssignals (Pin 4, IC 101 B) ändert sich nun direkt

proportional zur relativen Luftfeuchte.

Vom Ausgang dieses Puffers gelangt das Meßsignal auf das Integrierglied, bestehend aus R 105/C 107. Hier wird durch Mittelwertbildung eine analoge Signalspannung gewonnen, welche aufgrund der Schaltungsauslegung in einem linearen Zusammenhang mit der Kapazitätsänderung des Feuchtefühlers steht. Der Ausgang dieser Schaltung (Lötstützpunkt ST 102) ist über die Verbindungsleitung vom Sensorgriffel zum Handmeßgerät mit dem Platinenanschlußpunkt ST 2 des Hauptschaltbildes (siehe Abbildung 1) verbunden. Über den CMOS-Schalter IC 3 A gelangt die analoge Meßspannung auf den Eingang des im IC 2 integrierten AD-Wandlers. Die Kondensatoren C 105 und C 106 dienen der Pufferung und Störunterdrückung für die Versorgungsspannung, die über ST 101 zur Wandlerschaltung gelangt.

Der im unteren Schaltbildbereich eingezeichnete Temperatursensor des Typs SAS 1000 ist über die Lötstützpunkte ST 104/ST 105 sowie die Verbindungsleitung mit den Stützpunkten ST 4 und ST 5 des Hauptschaltbildes verbunden.

Der erforderliche Linearisierungswiderstand R 18 mit einem Wert von 2,55 kΩ ist ebenfalls im Hauptschaltbild des HT 100 eingezeichnet.

Damit ist die Schaltungsbeschreibung des ELV-Präzisions-Digital-Hygrometers abgeschlossen, und wir wenden uns im zweiten, abschließenden Teil des Artikels dem Nachbau dieses kompakten und leistungsfähigen Handmeßgerätes zu. **ELV**