

**Bild 1: Das Blockschaltbild des TFM 100**

- Die **Bargraph-Anzeige** dient zur Restspeicher-Information, um bei Datenlogger-Betrieb einen Überblick über den noch verfügbaren Speicherplatz zu erhalten.

### Temperatur-Feuchte-Sensor

Der Temperatur-Feuchte-Sensor besteht aus einem Chip, der gleichzeitig einen Temperatur- und einen Feuchte-Sensor beinhaltet. Der Sensor beherbergt auch einen kleinen Mikrocontroller, der werkseitig alle Abgleichwerte der beiden Sensoren enthält. Somit besticht dieser digitale Feuchte- und Temperatur-Sensor dank vollständiger interner Kalibration und digitalem Output durch exzellente Langzeitstabilität und Anwenderfreundlichkeit. Ein komplizierter Abgleich des Sensors vor der ersten Inbetriebnahme und auch später als Servicemaßnahme ist nicht notwendig. Weiterhin bietet der Sensor eine schnelle Ansprechzeit bei der Messung, so dass sich Temperatur- und Feuchteschwankungen schnell im Messergebnis widerspiegeln. Dieser Sensor ist praxisfreundlich über ein abgeschirmtes Anschlusskabel im externen „Griffelgehäuse“ untergebracht.

tuelle Temperatur oder Feuchte im heimischen Gewächshaus oder in der Sauna messen. Mit der implementierten Datenlogger-Funktion lassen sich einfach, zeitlich ausgelöst durch die vorher eingestellte Intervallzeit, die Temperatur- und Feuchte-Werte aufzeichnen und später auf einem PC auswerten. Hiermit kann man beispielsweise unnötige, tageszeitbedingte Heizspitzen aufspüren, an denen die Wärme in der Wohnung nicht gebraucht wird. Oder es ist möglich, Lüftungs- und Klimatisierungsvorgänge zu optimieren, Wärmelecks aufzuspüren, und, und ...

Taste	Funktion
On	Einschalten
Off	Ausschalten
Hold	„Einfrieren“ der aktuellen Anzeige im Display
Range	Umschaltung Temperatur/Feuchte
Max/(+)	Anzeige des gespeicherten Max.-Wertes / Menü +
Min/(-)	Anzeige des gespeicherten Min.-Wertes / Menü -
Reset	Zurücksetzen
Mode	Einstellungen für die Datenlogger-Funktion

### Selbst abgleichender Mikroprozessor-Sensor

Das sicher interessanteste Bauteil der Schaltung ist der kombinierte Temperatur-Feuchte-Sensor. Denn die sonst üblichen Temperatur- und Feuchte-Sensoren sucht man hier vergeblich. Dieser Sensor hat den großen Vorteil, dass er vor der Erst-inbetriebnahme nicht abgeglichen werden muss. Er verfügt intern über einen Mikrocontroller, der die bereits herstellereitig implementierten Abgleichdaten in den Messwert einbezieht, so dass über die 2-Draht-Schnittstelle stets und ohne mühsamen Erst- oder Service-Abgleich der reale Messwert ausgelesen wird – ein ziemlich perfekter Sensor! Dieser Wert wird mit der Auflösung von 0,1 k (Temperatur) bzw. 0,5 % (Luftfeuchte) auf dem LC-Display dargestellt.

### Funktion/Blockschaltbild

Ein vereinfachtes Blockschaltbild (Abbildung 1) veranschaulicht das Zusammenwirken der einzelnen Baugruppen des TFM 100, die wir im Folgenden einzeln betrachten wollen.

Zentrales Bauelement, bei dem alle Informationen zusammenlaufen, ist der Single-Chip-Mikrocontroller des Typs ELV 03329.

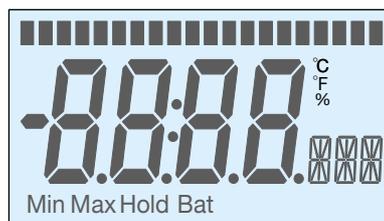
### Bedientasten

Das TFM 100 befindet sich in einem Handgehäuse, in das eine passende Folientastatur mit 8 Tasten integriert ist:

### LC-Display

Das LC-Display ist ein Universal-Display, mechanisch passend für das Handgehäuse, es weist somit eine Vielzahl verschiedener Symbole und Anzeigemöglichkeiten auf. Das TFM 100 nutzt die folgenden Symbole (siehe auch Abbildung 2):

- Die Symbol-Anzeigen „°C/°F“ und „%“ dienen jeweils als Einheiten-Anzeige für die einzelnen Mess- bzw. Anzeigarten.
- Die Schriftzüge „Min“ und „Max“ kennzeichnen die Anzeige der gespeicherten Min./Max.-Werte.
- Die Anzeige „Hold“ signalisiert ein „Einfrieren“ der Anzeige, das heißt, dass der beim Betätigen der Taste „Hold“ ermittelte aktuelle Messwert permanent angezeigt wird. Erst wenn die Taste „Hold“ erneut betätigt wird, erfolgt wieder die Anzeige der laufenden Messwerte.
- Die Anzeige „Bat“ signalisiert eine erschöpfte Batterie (Batterieüberwachung).



**Bild 2: Alle für das TFM 100 verwendeten LCD-Segmente auf einen Blick – sie erscheinen beim Einschalten als Displaytest.**

### FRAM

Das implementierte FRAM (IC3) vom Typ „FM24C64“ bietet einen Speicherplatz von 8192 Byte. Es dient zum Abspeichern der Temperatur- und Feuchte-Messwerte bei Betrieb als Datenlogger. Die Beschaltung des FRAMs ist die gleiche wie die Beschaltung eines üblichen EEPROMs. Der große Vorteil eines FRAMs gegenüber dem EEPROM ist der, dass es unbegrenzt oft gelesen und beschrieben werden kann.

### USB-Schnittstelle

Die USB-Schnittstelle bildet die Verbindung zwischen der TFM-100-Hardware und einem USB-fähigem PC. Über diese Schnittstelle können die beim Datenlogger-Betrieb aufgezeichneten Temperatur- und Feuchte-Daten zu einem PC übertragen werden. Die dem Bausatz beiliegende TFM-100-Windows-Software speichert die Daten in einem Format ab, das die Weiterverarbeitung der Daten in einem Tabellenkalkulationsprogramm erlaubt.

### Bedienung

Das Temperatur-Feuchte-Messgerät (TFM 100) wird mit den Tasten „On“ bzw. „Off“ der Folientastatur ein- bzw. ausgeschaltet. Nach dem Einschalten startet das Gerät nach einem kurzen Displaytest mit den Messungen und zeigt den aktuellen Temperatur-Wert auf dem Display an (Abbildung 3).



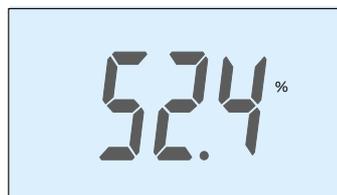
**Bild 3: Die Temperaturanzeige des TFM 100**

Mit der Taste „Hold“ wird der aktuelle Messwert eingefroren, um beispielsweise die Messung zu unterbrechen und den Messwert in Ruhe notieren zu können, etwa wenn man sich auf die Anzeige nicht konzentrieren konnte, weil man an einem schwer zugänglichen Ort gemessen hat.

Mit der Taste „Range“ schaltet man die Anzeige zwischen Temperatur-Messwert und Feuchte-Messwert um. Der Feuchte-Messwert wird wie in Abbildung 4 angezeigt.

Mit den Tasten „Max“ und „Min“ werden die seit dem letzten Start gemessenen Min.- und Max.-Werte angezeigt. Mit der Taste „Reset“ lässt sich der angezeigte „Min.“ oder „Max.-Wert“ zurücksetzen.

Weiterhin lässt sich im „Hold-Mode“ durch Betätigung der Taste „Reset“ die Auto-Power-off-Funktion ausschalten. Eine kurze Display-Meldung bestätigt diesen Vorgang.



**Bild 4: Die Luftfeuchteanzeige des TFM 100**

### Temperatur-Feuchte-Logger

Mit der Taste „Mode“ startet man das Einstellungs Menü des Temperatur-Feuchte-Loggers.

Nach dem Starten des Loggers ist die Intervallzeit einzustellen. Diese lässt sich mit den Tasten „+“ (Taste „Max“) und „-“ (Taste „Min“) im Bereich von einer Sekunde bis zu einer Stunde einstellen. In der Abbildung 5 ist die Intervallzeit beispielhaft auf 1 Minute eingestellt, d. h.



**Bild 5: Hier ist das Aufzeichnungsintervall des Datenloggers auf eine Minute eingestellt.**



**Bild 6: Die Anzeige während des Datenlogger-Betriebs. Die Bargraph-Anzeige signalisiert den bereits belegten Speicherraum, in der Digitalanzeige erscheint der aktuelle Temperaturmesswert.**

dass der Logger nach dem Starten jede Minute einen neuen Messwert-Satz, bestehend aus Temperatur- und Luftfeuchtewert, aufnimmt.

Durch nochmaliges Betätigen der Taste „Mode“ gelangt man in einen weiteren Menüpunkt (M1). Hier lässt sich die Aufzeichnung mit der Taste „Max“ starten oder man kann mit der Taste „Mode“ den Log-Mode verlassen.

Während der Aufzeichnung (siehe Abbildung 6) wird der zuletzt aufgezeichnete Messwert im Display angezeigt. Die Bargraph-Anzeige gibt an, wie weit der interne Log-Speicher gefüllt ist. Das letzte Segment der Bargraph-Anzeige blinkt bei jeder Messung kurz auf. Durch Betätigung der Taste „Min“ kann man die Aufzeichnung stoppen und durch eine weitere Betätigung der Taste „Mode“ die Betriebsart „Datenlogger“ verlassen. Beim Ausschalten des TFM 100 bleiben die im FRAM gespeicherten Daten erhalten. Diese werden erst bei erneutem Start des Datenloggers überschrieben.

Die aufgezeichneten Daten lassen sich anschließend mit der TFM-100-Windows-Software auslesen. Durch Verbinden der TFM-100-Hardware mit einem PC über ein USB-Kabel wechselt diese automatisch in den USB-Mode, wobei die Messungen unterbrochen und die USB-Schnittstelle freigeschaltet werden. Die genauere Beschreibung der TFM-100-Windows-Software erfolgt im zweiten Teil des Artikels im „ELVjournal“ 6/2003.

### Schaltung

Die gesamte Schaltung des TFM 100 ist in zwei Teilen (Sensor-/Hauptschaltung) in Abbildung 7 und 8 dargestellt.

Das zentrale Element des TFM 100 bildet der Mikrocontroller IC 5. Dieser wertet die Sensor-Daten aus und übernimmt die Ansteuerung des Displays. Weiterhin organisiert er die Auswertung der Bedientaster, die Abspeicherung der Log-Daten und die Ansteuerung des USB-Moduls.

Der interne Haupt-Oszillator wird durch den Quarz Q 3 und die Kondensatoren C 27 und C 28 auf 4,194 MHz stabilisiert.

Des Weiteren besitzt die Schaltung einen Sub-Oszillator, der durch den Quarz Q 2 und die Kondensatoren C 25 und C 26 auf 32,768 kHz stabilisiert wird. Zwischen den Messungen schaltet der Mikrocontroller softwaremäßig auf den Sub-Oszillator-Takt um, weil die Schaltung mit einem geringeren Takt weniger Strom verbraucht.

Der Kondensator C 24 sorgt für einen definierten Reset-Impuls beim Zuschalten der Betriebsspannung und damit für definierte Verhältnisse beim Einschalten oder nach einem Spannungsausfall. Der Programmierstecker PRG 1 und der Widerstand R 17 dienen zur Programmierung des Mikrocontrollers in der Serienproduktion.

Das Display verfügt über 32 Segmentleitungen (SEG 0 bis SEG 31) und vier Ebenen (COM 0 bis COM 4), die direkt mit den entsprechenden Ports des Controllers verbunden sind. Die Anpassung des Display-Kontrastes erfolgt mit Hilfe der Widerstände R 18 bis R 21.

An die Stiftleiste ST 1 wird der abgesetzte Sensor angeschlossen. Der Widerstand R 4 dient als Pull-up-Widerstand für die Datenleitung. Die Spulen L 2 und L 3 dienen zur Störungsunterdrückung auf den Datenleitungen zum Sensor.

Die I<sup>2</sup>C-Leitungen des FRAMs (IC 3) sind mit dem Port 3.0 bis 3.2 verbunden.

Die Spannungsversorgung des TFM 100 ist mit dem Spannungsregler IC 4 (HT 7150) realisiert. Dieser Spannungsregler hat einen Eingangsspannungsbereich von 5 bis 24 V/DC. Die Kondensatoren C 19 und C 20 dienen zur Stör- und Schwingneigungsunterdrückung. Nach der Pufferung der Batterie-Spannung durch den Elko C 18 gelangt die Spannung direkt auf den Emitter des Transistors T 3. Dieser Transistor kann über den Taster TA 1 „On“ oder den Transistor T 2 in den leitenden Zustand versetzt werden. Sobald die Taste betätigt wird, erhält der Spannungsregler und somit auch der Mikrocontroller seine Betriebsspannung. Dieser wiederum gibt sofort an Port 2.0 ein „High-Signal“ aus und steuert über R 12 den Transistor T 2 durch, der wiederum den „Ein-Zustand“ des Gerätes hält.

Zum Ausschalten des TFM 100 ist der Transistor T 2 und somit auch T 3 über den Prozessorport wieder in den Sperrzustand zu versetzen. Dadurch ist auf einfache Weise eine Auto-Power-off-Funktion realisiert, die das Gerät ausschaltet, wenn längere Zeit keine Tastaturbetätigung erfolgt. Solange die Datenaufzeichnung im Datenlogger-Modus läuft, ist die Auto-Power-off-Funktion deaktiviert. Darüber hinaus lässt sich die Auto-Power-off-Funktion auch komplett deaktivieren. Dazu ist wie beschrieben die „Hold-Taste“ und anschließend die „Reset-Taste“ zu betätigen.

Der Transistor T 1 und die Widerstände

