

ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000



Nun ist es soweit: die Entwicklung der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 ist abgeschlossen. In der hier vorliegenden sowie in der kommenden Ausgabe des „ELV journals“ stellen wir Ihnen ein System zur Wetterbeobachtung vor, das hinsichtlich Komfort, Meßartenvielfalt, Meßbereichsumfang und -auflösung professionellen Ansprüchen gerecht wird. Die Schaltung ist so ausgelegt, daß sie individuellen Wünschen hinsichtlich der zu messenden Größen leicht angepaßt werden kann.

Allgemeines

Die ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 ist das Produkt einer aufwendigen und umfangreichen Entwicklung, an der mehrere namhafte deutsche Industriefirmen und zahlreiche Experten unter großem Einsatz mitgewirkt haben. Angefangen bei der Universität Oldenburg (Arbeitsgruppe Ökochemie und Umweltanalytik) über Entwicklungs- und Konstruktionsbüros für Hardware sowie Werkzeugbau bis hin zu einem leistungsfähigen Ingenieurbüro für Software-Entwicklung reicht die Palette; nicht zu vergessen das ELV-Ingenieurteam, das für die Gesamtkoordination sowie die Elektronikentwicklung und Ausführung verantwortlich zeichnet.

Bei der Konzipierung dieser weltweit wohl einzigartigen Komfort-Wetterstation haben wir uns nicht allein auf bestehende Erkenntnisse gestützt, sondern vielschichtige Untersuchungen und Entwicklungen vorgenommen.

So wurden zum Beispiel die Feuchtesensoren in aufwendigen Meßreihen analysiert, damit der zentrale Mikroprozessor der Schaltung der WS 7000 aus den gelieferten Meßdaten genaue Anzeigewerte liefert. Auch wurde ein komplett neu konzipiertes System zur Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitserkennung entwickelt und konstruiert, das auf optoelektronischem Wege die Meßdaten erfaßt und zur Weiterverarbeitung an den zentralen Mikroprozessor leitet. Speziell diesem Bereich der Wetterstation haben wir große Aufmerksamkeit gewidmet, da wir aus zahlreichen Leserzuschriften wissen, welch großes Interesse an der Erfassung der Meßdaten für Windrichtung und Windgeschwindigkeit besteht. Dabei haben wir auf einfachsten Nachbau und größtmögliche Wartungsfreundlichkeit (man könnte fast sagen Wartungsfreiheit) geachtet.

Aus Vorgesagtem ist leicht zu erkennen, daß weder Kosten noch Mühen gescheut wurden, ein System zur Wetterbeobachtung zu schaffen, das weltweit seinesgleichen sucht.

Doch kommen wir nun zur näheren Beschreibung des Gerätes.

Meßmöglichkeiten und Bedienung

Auf 24 7-Segmentanzeigen sowie nochmals 22 Einzel-Leuchtdioden werden 10 (!) Meßwerte permanent im direkten Zugriff gleichzeitig angezeigt. Im einzelnen sind dies:

1. Außentemperatur in °C mit einer Auflösung von 0,1 K und einer Genauigkeit von typ 0,2 K.
2. Innentemperatur in °C mit einer Auflösung von 0,1 K und einer Genauigkeit von typ 0,2 K.
3. Relative Luftfeuchte „außen“ mit einer Auflösung von 0,1 % und einer Genauigkeit von typ 1 % im mittleren Bereich.
4. Relative Luftfeuchte „innen“ mit einer Auflösung von 0,1 % und einer Genauigkeit von typ 1 % im mittleren Bereich.
5. Luftdruck in mbar mit einer Auflösung von 1 mbar und einer Genauigkeit von typ 1 mbar (!).
6. Luftdrucktendenzanzeige mit 4 Leuchtdioden zur Anzeige und Unterscheidung von „langsam“ so wie „schnell“, „steigend“ bzw. „fallend“. Bei konstantem Luftdruck ist die Tendenzanzeige erloschen.
7. Sonnenscheindauer in Stunden mit einer Auflösung von 0,1 h bis 9,9 h und einer Auflösung von 1 h ab 10 h.
8. Windgeschwindigkeit in km/h mit einer Auflösung von 0,1 km/h bis 99,9 km/h und einer Auflösung von 1 km/h ab 100 km/h.
9. Windrichtung von 0 bis 360° mit einer Auflösung von 10°.
10. Windrichtung über eine optisch gut ausgebildete und angenehm ablesbare Windrose mit 16 Leuchtdioden, entsprechend einer Auflösung von 22,5°.

Darüber hinaus können für die Meßwerte 1, 2, 3, 4, 5, 8 durch einmalige Betätigung

des auf der Frontplatte angeordneten Drucktasters die Minimalwerte und durch zweimalige Betätigung des Tasters die Maximalwerte des vorangegangenen Tages angezeigt werden.

Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang der komfortable Funktionsablauf des zentralen Mikroprozessors. Selbsttätig wird eine Unterscheidung der abgespeicherten Meßwerte hinsichtlich der Art des Meßwertes vorgenommen und zwar wie folgt:

Bei den Temperaturmeßstellen wird die tiefste Temperatur der vorangegangenen Nacht und die höchste Temperatur des vorangegangenen Tages abgespeichert. Die Unterscheidung zwischen Tag und Nacht erfolgt hierbei über den Lichtsensor, der für die Registrierung der Sonnenscheindauer ohnehin erforderlich ist, so daß lediglich eine zusätzliche Schaltschwelle hinzugefügt werden brauchte (abgestuft nach dunkel, hell, Sonnenschein). Ist es Tag, so steht als Speicherwert die tiefste Temperatur der vorangegangenen Nacht und die höchste Temperatur des vorangegangenen Tages zur Verfügung. Bricht die folgende Nacht an, so wird das höchste Temperaturmeßergebnis des soeben beendeten Tages abgespeichert und das Ergebnis des davorliegenden Tages automatisch gelöscht.

Das Meßergebnis der Sonnenscheindauer wird an jedem Abend abgespeichert und am nächsten Morgen gelöscht, so daß die Zählung bei Null beginnend, den ganzen Tag über den aktuellen Stand anzeigt. Durch einmaliges Betätigen des Tasters erscheint das Ergebnis des Vortages.

Bei den Meßstellen 3, 4, 5 und 8 werden die Minimal- und Maximalwerte einer kompletten, zusammenhängenden Tag/Nacht-Periode gespeichert. Die Abspeicherung selbst folgt ca. 1 Stunde nach jedem Sonnenaufgang (Dunkel/Hell-Wechsel), so daß ab diesem Zeitpunkt sowohl Minimal- als auch Maximalwerte der vorangegangenen Nacht einschließlich des davorliegenden Tages zur Verfügung stehen. Erhalten bleiben diese Werte bis zum nächsten Sonnenaufgang (+ ca. 1 Stunde). Für die aktu-

Teil 1

elle, gerade laufende Tag/Nacht-Periode werden die Momentanwerte permanent angezeigt, während die Minimalwerte bei einmaliger und die Maximalwerte bei zweimaliger Tastenbetätigung bereitstehen. Als zusätzliche Erkennungsunterstützung bei der Anzeige der Minimalwerte leuchtet bei der Tendenzanzeige der untere Pfeil, während die Anzeige der Maximalwerte durch Aufleuchten des oberen Pfeiles der Tendenzanzeige signalisiert wird. Gleichzeitig verlischt die Anzeige der Windrichtung einschließlich der Windrose.

10 Sekunden nach der letzten Tasterbetätigung geht die ELV Komfort-Wetterstation WS 7000 automatisch in den Anzeigemodus der aktuellen Werte über.

Abschließend sei noch auf die Möglichkeit hingewiesen, auch Minimal- und Maximalwerte über längere Zeitspannen hinweg zu ermitteln. In diesem Fall wird die automatische Tag/Nacht-Erkennung außer Betrieb genommen. Mit Hilfe eines von der Rückseite des Gerätes zu bedienenden Tasters kann dann der Speicherzeitraum individuell festgelegt werden. Durch Betätigen des Tasters erfolgt die Abspeicherung der bis zu diesem Zeitpunkt ermittelten Minimal- und Maximalwerte (für Temperaturen nur Minimalwerte), wobei gleichzeitig eine neue Meßperiode gestartet wird. Beim nächsten Tastendruck erfolgt dann die Abspeicherung der für diese Meßperiode ermittelten Werte. Die Meßzeiträume, d. h. die Zeitspanne zwischen zwei Tasterbetätigungen ist nahezu beliebig. Voraussetzung ist lediglich, daß während des Speicherzeitraumes kein Stromausfall eintreten darf, da die Station keine Notstromversorgung besitzt.

Zur Umschaltung auf manuelle Speicheraktivierung wird zunächst die Taste „min/max“ zweimal betätigt, um die Station in den Betriebsmodus zur Anzeige der Maximalwerte zu bringen. Innerhalb der 10 Sekunden dieser Anzeigeperiode ist anschließend der Taster „Speicher“ auf der Gehäuserückseite zu betätigen und mindestens 2 Sekunden festzuhalten.

Nachdem die Anzeige der WS 7000 wieder auf „aktuell“ geschaltet hat, ist die automatische, sich täglich wiederholende min/max-Speicherung außer Betrieb und mit der Taste „Speicher“ können die Speicherzeiträume manuell festgelegt werden. Jedoch ist auch hier zu beachten, daß die Taste bei einer Betätigung mindestens 2 Sekunden lang festgehalten wird, bevor dies von der Station registriert wird. Auf diese Weise können Fehlspeicherungen weitgehend vermieden werden.

Um in den automatischen Speichermodus zu gelangen, wird die Station mit der „min/max“-Taste durch einmaliges Betätigen in den Betriebszustand zur Anzeige der Minimalwerte gebracht. In den 10 Sekunden dieses Betriebszustandes muß jetzt die rückwärtige Speichertaste ebenfalls mindestens 2 Sekunden lang betätigt werden. Geht die ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 anschließend wieder zur Anzeige der aktuellen Meßergebnisse über, so werden die Minimal- und Maximalwerte automatisch täglich abgespeichert und die Funk-

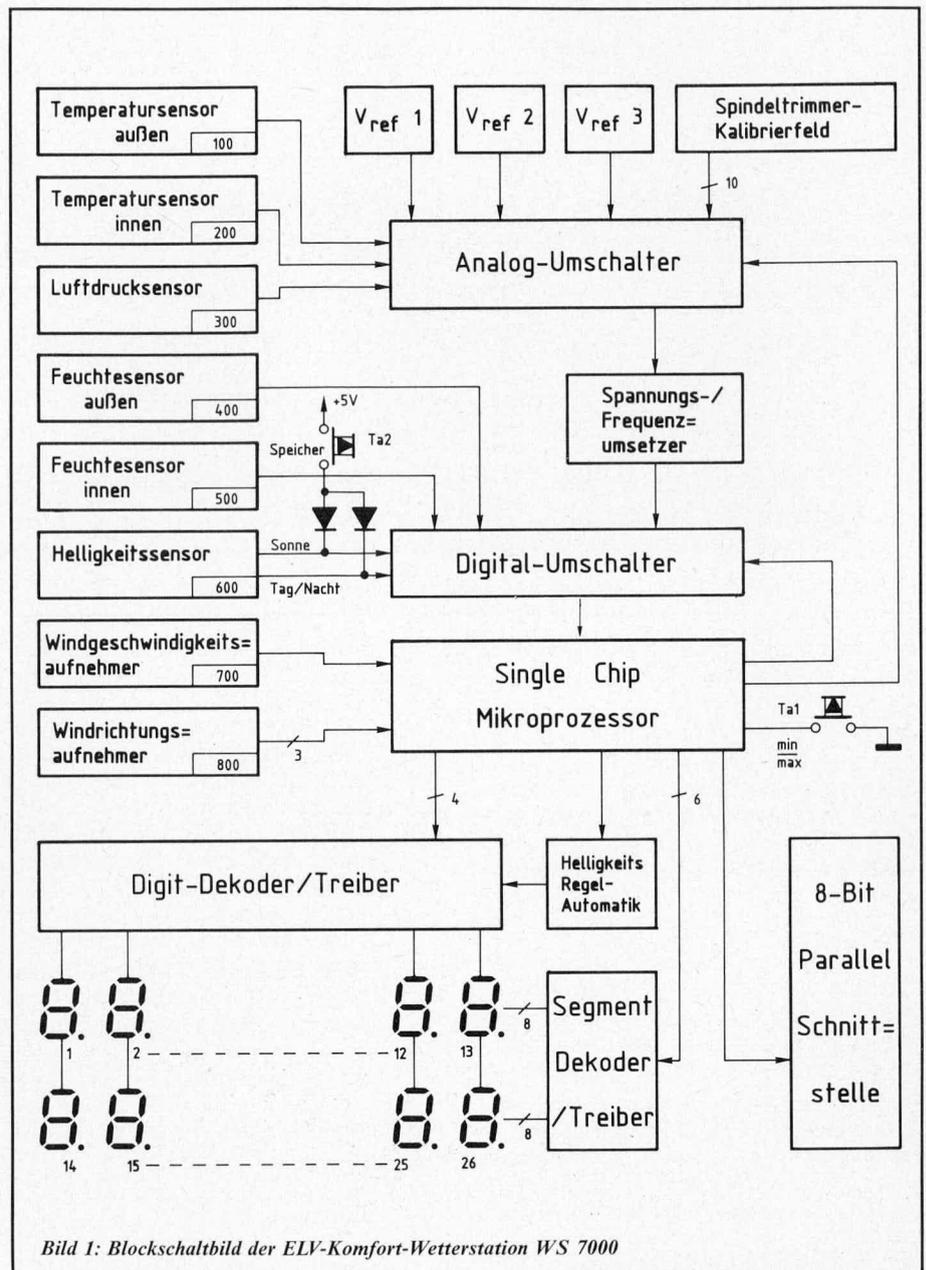


Bild 1: Blockschaltbild der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000

tion der rückwärtig angeordneten Speichertaste ist wirkungslos.

Als weiteres Feature besteht die Möglichkeit, die aktuellen Meßdaten der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 über eine 8-Bit Parallel-Schnittstelle in einen externen Rechner zu übernehmen.

Aus vorstehender Funktionsbeschreibung ist leicht ersichtlich, daß es sich bei der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 um eine außergewöhnliche Entwicklung mit umfangreichen und vor allem präzisen Meßmöglichkeiten handelt, die zudem außerordentlich komfortabel und anwenderfreundlich in der Bedienung ist.

Funktionsbeschreibung

Die ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 besitzt 8 Meßstellen, aus denen insgesamt 10 aktuelle Anzeigergebnisse sowie nochmals 13 gespeicherte Werte für Minimum- und Maximumanzeige hergeleitet werden.

Da es sich bei der WS 7000 um ein außerordentlich komplexes und umfangreiches Schaltungssystem aus einer Vielzahl von Teilschaltungen handelt, wollen wir zum

besseren Verständnis die grundsätzliche Funktionsweise zunächst anhand eines Blockschaltbildes beschreiben, das in Bild 1 dargestellt ist.

Die 8 Meßwertaufnehmer teilen sich auf in 3 analog (100, 200, 300) und 5 digital (400 bis 800) arbeitende Sensorschaltungen.

Bei den analog arbeitenden Meßwertaufnehmern handelt es sich um die beiden Temperatursensoren sowie den Luftdrucksensor. Die Ausgänge dieser drei Teilschaltungen werden auf einen 16-Kanal-Analog-Umschalter gegeben, der von dem zentralen Single-Chip-Mikroprozessor gesteuert wird, d. h. der Prozessor bestimmt, welcher der 16 Eingänge auf den Ausgang durchgeschaltet wird.

Weitere 3 der insgesamt 16 Eingänge werden durch verschiedene Referenzspannungen (V_{ref1} bis V_{ref3}) belegt, die zu Korrektur- und Prüfzwecken benötigt werden. Die restlichen 10 Eingänge werden von dem Spindeltrimmer-Kalibrierfeld beschaltet. Mit insgesamt 10 Spindeltrimmern werden die Meßwertaufnehmerschaltungen 100 bis 500 kalibriert, d. h. jeweils 2 Spindeltrim-

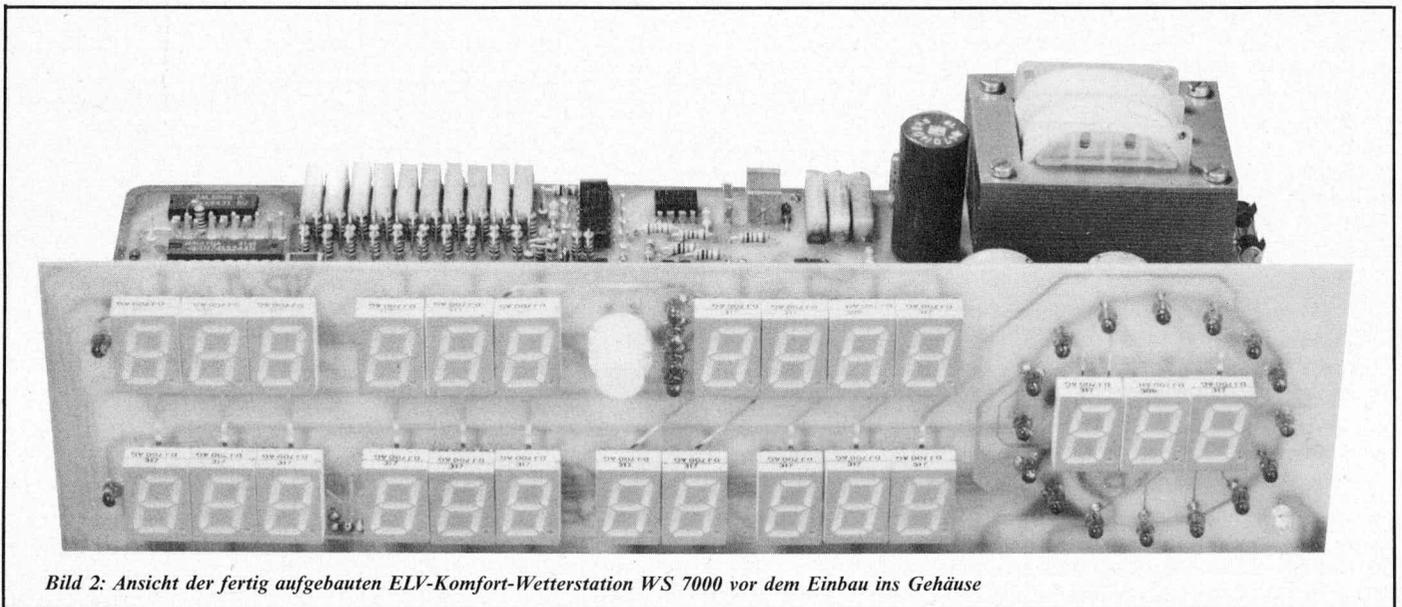


Bild 2: Ansicht der fertig aufgebauten ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 vor dem Einbau ins Gehäuse

mer legen Parallelverschiebung und Steigung der Kennlinie eines Sensors fest.

Der Ausgang des 16-Kanal-Analog-Umschalters wird auf einen Spannungs-/Frequenzumsetzer gegeben, der die Analogspannung in eine digital weiter zu verarbeitende Frequenz umsetzt. Dies ist erforderlich, da der zentrale Mikroprozessor ausschließlich digitale Signale verarbeiten kann.

Ein 5-Kanal-Digital-Umschalter, der ebenfalls vom zentralen Mikroprozessor kontrolliert wird, erhält an seinen 5 Eingängen die Informationen der Sensoren 400 bis 600 sowie die Ausgangsfrequenz des Spannungs-frequenzumsetzers.

Am Ausgang dieses Umschalters, der auf einen Eingang des Signal-Chip-Mikroprozessors geschaltet ist, stehen nun nacheinander die 16 digitalisierten Eingangsinformationen des Analog-Umschalters zuzüglich der von vornherein digital arbeitenden Sensorschaltungen (400 bis 600) zur Verfügung. Je nachdem, welchen der insgesamt 20 Meßwerte der Mikroprozessor benötigt, gibt er seine entsprechenden Steuerbefehle an den Analog- sowie den Digital-Umschalter.

Über eine weitere Eingangsleitung erhält der Mikroprozessor vom Windgeschwindigkeitsaufnehmer eine Frequenz zugeführt, die der Windgeschwindigkeit proportional ist.

Vom Windrichtungsaufnehmer kommen 3 weitere Signalleitungen, die ebenfalls direkt auf die Eingänge des zentralen Mikroprozessors zur Positionserkennung gegeben werden.

Um eine Auflösung von 10° zu erreichen, sind normalerweise 5 Bit entsprechend 5 Signalleitungen (zuzüglich Masse und Versorgungsspannung — also zusammen 7 Leitungen) erforderlich. Solche Konstruktionen sind teilweise recht aufwendig und groß sowie störanfällig. Im ELV-Labor wurde daher nach einem Weg gesucht, eine langfristig zuverlässig und störsticher arbeitende Aufnehmerschaltung zur elektronischen Positionserkennung zu entwickeln. Als Basis haben wir dafür eine elektroni-

sche Drehrichtungserkennung mit Impuls-zählung gewählt, mit der ausgehend von einer Nullposition jederzeit über nur 2 Signalleitungen die genaue Position der Windrichtung bestimmt werden kann. Eine dritte Signalleitung dient zur langfristigen Sicherstellung der Nullposition. Im Falle eines Störsignals wird bei Durchlaufen der Nullposition diese dem Rechner automatisch mitgeteilt. Eine detaillierte Beschreibung folgt im weiteren Verlauf dieses Artikels.

Im zentralen Single-Chip-Mikroprozessor werden vorstehend aufgeführte Meßergebnisse ausgewertet und so verarbeitet, daß über entsprechende Dekoder/Treiberstufen die 7-Segment-Anzeigen direkt angesteuert werden können. Eine Helligkeits-Regelautomatik sorgt für ein gutes Kontrastverhältnis der Digitalanzeige.

Hervorzuheben ist noch, daß sowohl bei den Feuchtesensoren als auch bei dem Windgeschwindigkeitsaufnehmer im Rechner eine Software-Linearisierung vorgenommen wird, die zur Erhöhung der Präzision der Meßergebnisse entscheidend beiträgt. Darüber hinaus erfolgt eine Temperaturkompensation der Feuchtesensoren-schaltungen über die entsprechenden Temperatursensoren, um so auch bei größeren Temperaturschwankungen zuverlässige Meßergebnisse der relativen Luftfeuchte zu erhalten. Der Temperatursensor „außen“ und der Feuchtesensor „außen“ sollten daher räumlich dicht beieinander angeordnet werden. Gleiches gilt für die Sensoren für „innen“.

Da sowohl die Sensoren für „außen“ als auch für „innen“ gleiche Meßbereiche aufweisen, kann die Entscheidung, an welchem Ort welcher Sensor anzuordnen ist, selbstverständlich individuellen Erfordernissen angepaßt werden, d. h. es können zum Beispiel auch beide Temperatur- und beide Feuchtesensoren zur Innen-Messung in unterschiedlichen Räumen herangezogen werden.

Als zusätzliches Feature besitzt die WS 7000 eine 8-Bit Parallel-Schnittstelle, über die die aktuellen Daten in einen externen Rechner transportiert werden können.

Für C 64-Benutzer veröffentlichen wir im weiteren Verlauf dieses Artikels einen Programmier-vorschlag, mit dessen Hilfe die Werte der WS 7000 in den C 64 übernommen werden können.

Anhand des Datentelegrammes und des Takt-diagrammes können auch andere Rechner individuell angepaßt werden. An dieser Stelle möchten wir unsere Leser um Verständnis bitten, daß wir aus Kapazitätsgründen nicht für weitere Rechnertypen komplette Programmier-vorschläge erarbeiten können.

Die Sensorschaltungen

In Bild 3 sind die Sensorschaltungen der Temperaturmeßstellen für „außen“ und „innen“ (Bezeichnungen in Klammern) dargestellt.

Die Versorgung erfolgt über den Linearisierungs-Vorwiderstand R 101 bzw. R 201, der zur Begradigung des Kennlinienverlaufes beiträgt. Durch die exakte Dimensionierung ist eine anschließende Korrektur des Kurvenverlaufes nicht mehr erforderlich, so daß lediglich Nullpunkt und Ska-

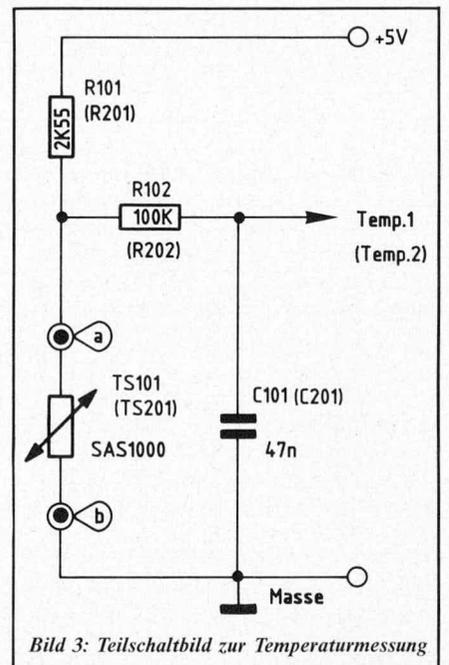


Bild 3: Teilschaltbild zur Temperaturmessung

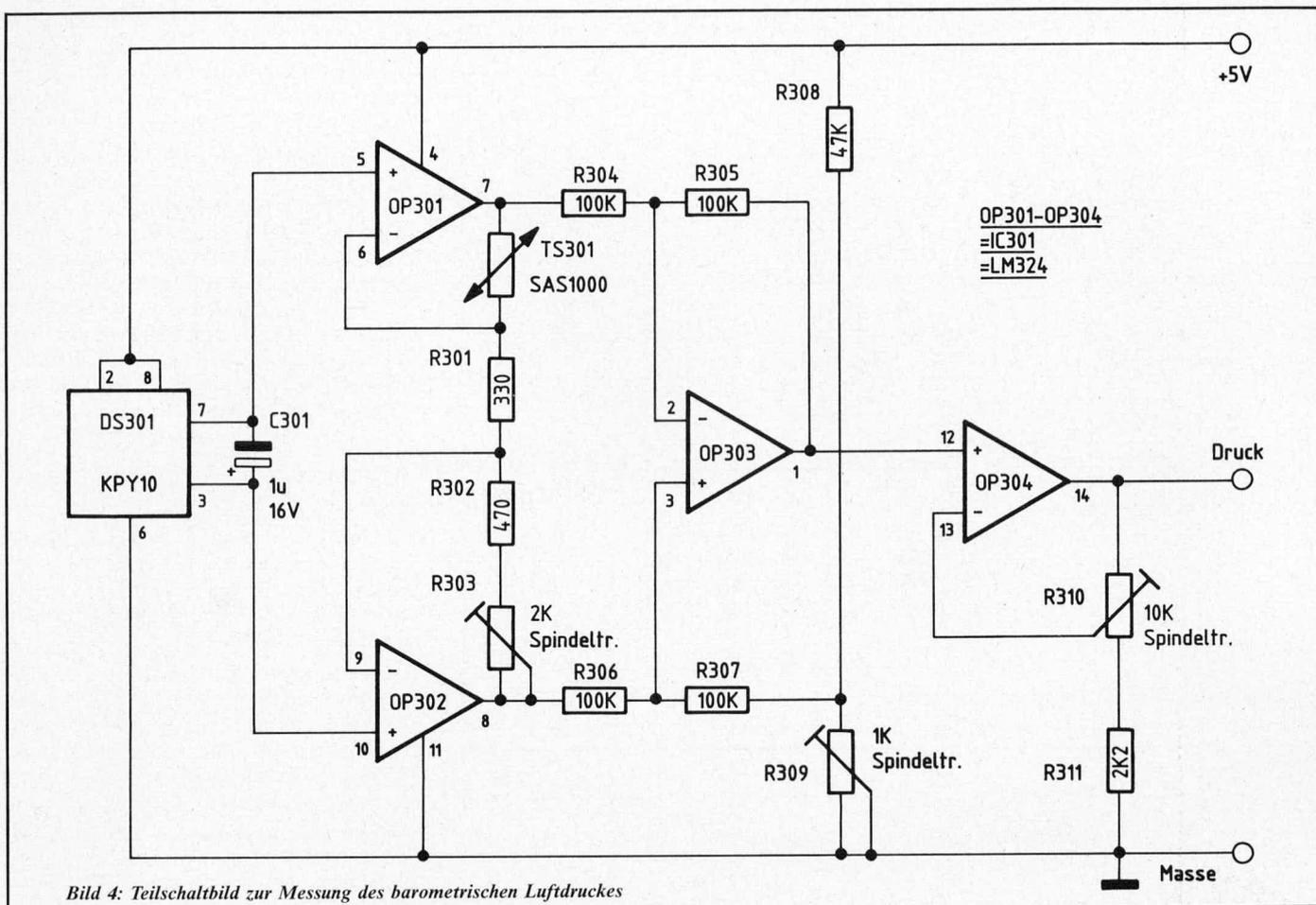


Bild 4: Teilschaltbild zur Messung des barometrischen Luftdruckes

lenfaktor einer jeden Temperaturmeßstelle bei der Kalibrierung eingestellt werden müssen. Der Meßbereich erstreckt sich von ca. -55°C bis ca. $+100^{\circ}\text{C}$ mit einer Auflösung von $0,1^{\circ}\text{C}$. Die Abweichung von typ $0,2\text{ K}$ ist im Bereich zwischen -30°C und $+100^{\circ}\text{C}$ gegeben.

Bild 5a zeigt eine Abbildung des Sensorkopfes, der mit einem ca. 2,5 m langen abgeschirmten Kabel wasserdicht verbunden ist. Die Verlängerung der Zuleitung kann ohne nennenswerte Genauigkeitseinbuße auf 10 Meter und mehr vorgenommen werden. Beachten sollte man lediglich, daß man die Zuleitung nicht in der Nähe von Netzleitungen oder sonstigen Störeinstrahlungsquellen verlegt.

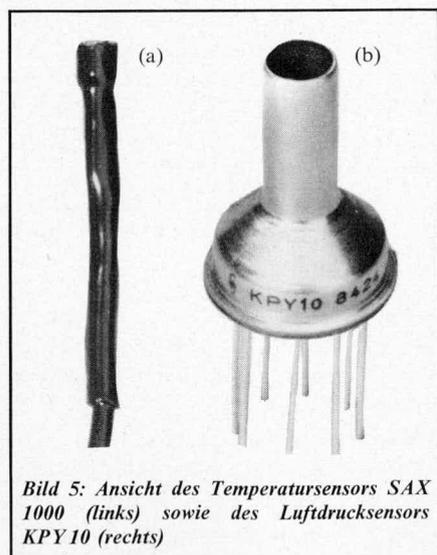


Bild 5: Ansicht des Temperatursensors SAX 1000 (links) sowie des Luftdrucksensors KPY 10 (rechts)

Kommen wir als nächstes zur Beschreibung der Schaltung zur Messung des barometrischen Luftdruckes, die in Bild 4 dargestellt ist.

Das Herzstück dieses Schaltungsteiles besteht aus dem Drucksensor des Typs KPY 10 (Bild 5b) der Firma Siemens. Es handelt sich hierbei um ein elektronisches Bauelement, in dessen Gehäuse sich eine Miniaturmeßbrücke befindet, die mit Dehnungsmeßstreifen aufgebaut ist. Über ein Röhrchen kann die Außenluft eintreten.

Die an den Anschlußbeinchen 3 und 7 des KPY 10 anstehende, dem Luftdruck direkt proportionale Brückenspannung, wird mit den OP 301 bis 304 verstärkt. Da der Drucksensor verhältnismäßig temperaturabhängig ist, ist es unbedingt erforderlich, eine exakt dimensionierte Temperaturkompensation einzubauen, damit nicht bei Temperaturänderungen die Anzeige schwankt und so eine Druckänderung vortäuscht, die in Wirklichkeit gar nicht existiert. Eine Kompensation des Temperaturganges des Drucksensors wird mit dem Temperatursensor TS 301 vorgenommen.

Die genaue individuelle Anpassung wird durch die Einstellung des Spindeltrimmers R 303 erreicht. Auf die Einstellung gehen wir im weiteren Verlauf dieses Artikels noch näher ein. Zu beachten ist allerdings bereits beim Aufbau, daß der Sensor TS 301 in direktem thermischen Kontakt mit dem Drucksensor DS 301 steht. Durch Hinzufügen von etwas Wärmeleitpaste kann dieser wichtige thermische Kontakt noch verbessert werden.

Der Spindeltrimmer R 309 dient zur Einstellung einer eventuellen Höhenkorrektur und sollte zunächst auf „Null Ohm“ gedreht werden.

Da mit dem Spindeltrimmer R 303 während der Temperaturkompensationseinstellung auch die Verstärkung des gesamten Systems verändert wird, ist am Ausgang der Spindeltrimmer R 310 eingefügt mit dem nach erfolgter Einstellung von R 303 die Ausgangsspannung auf die Höhe der günstigsten Arbeitsspannung eingestellt wird.

Obwohl sich vorstehende Beschreibung zunächst vielleicht etwas kompliziert anhört, ist sie jedoch mit einfachen Mitteln durchzuführen, wie man auch im weiteren Verlauf dieses Artikels sehen wird.

In Bild 6 wird das Teilschaltbild der Feuchtemeßschaltung gezeigt. Als Meßwertempfänger dient ein Feuchtesensor der Firma VALVO. Dieser besteht aus einem perforierten Kunststoffgehäuse, in das eine beidseitig mit einem Goldfilm bedampfte Spezialfolie eingespannt ist. Die Folie stellt das Dielektrikum eines Plattenkondensators dar, während die beiden Goldfilme die Elektroden bilden. Unter dem Einfluß der Luftfeuchte ändert sich die Dielektrizitätskonstante der Folie und damit die Kapazität des Kondensators. Ein besonderer Vorteil dieses Feuchtesensors ist die verhältnismäßig große Kapazitätsveränderung in Bezug auf die relative Luftfeuchte, während ein Nachteil in dem nicht linearen Kurvenverlauf und einer gewissen Temperaturabhängigkeit liegt. Für Präzisionsmessungen ist daher zur Meßwertanzeige

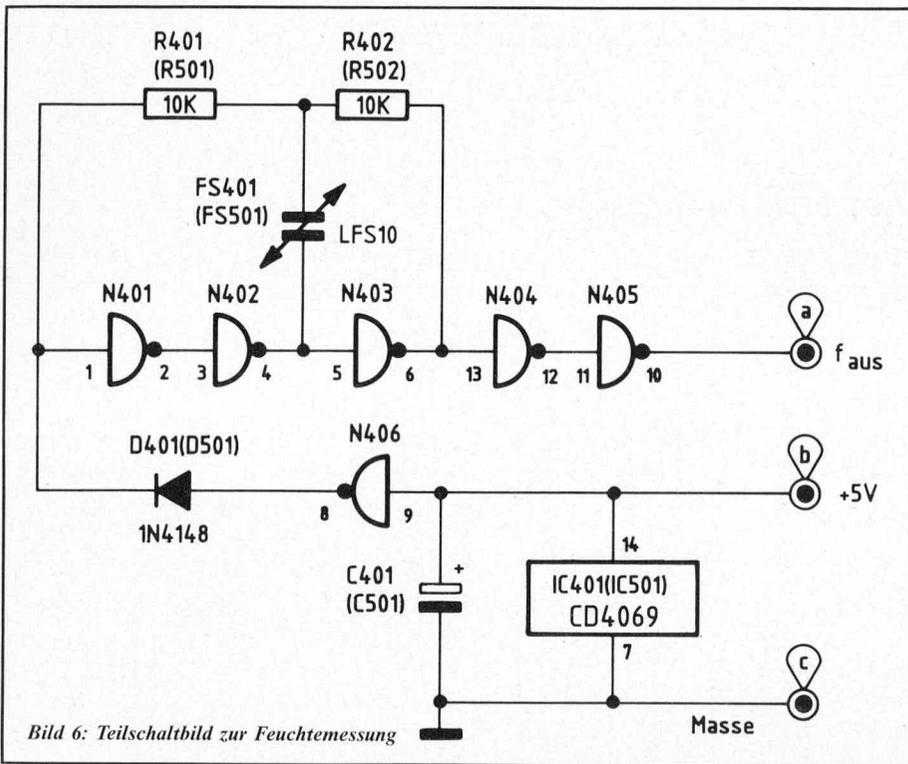


Bild 6: Teilschaltbild zur Feuchtemessung

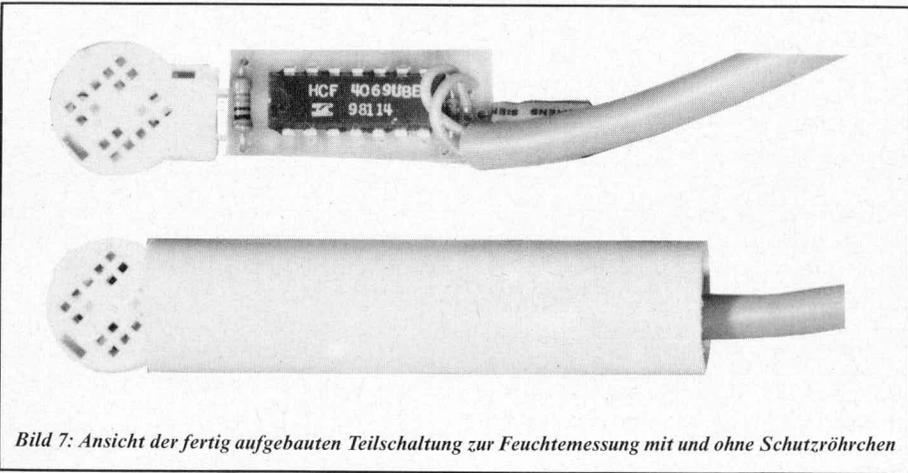


Bild 7: Ansicht der fertig aufgebauten Teilschaltung zur Feuchtemessung mit und ohne Schutzröhrchen

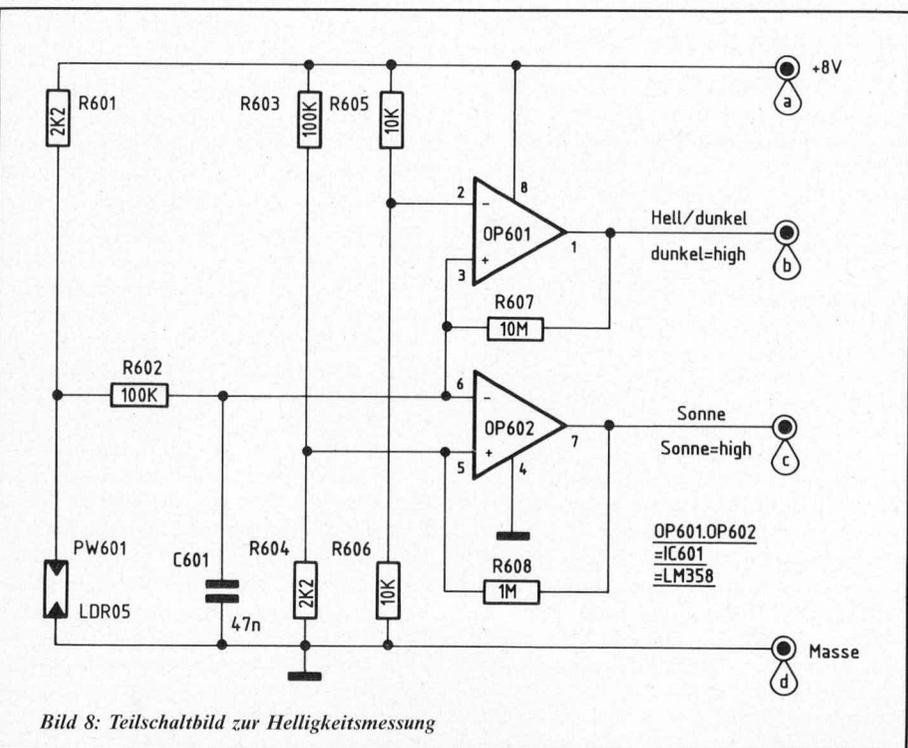


Bild 8: Teilschaltbild zur Helligkeitsmessung

eine vorübergehende Temperaturbereinigung sowie anschließende Linearisierung der Kennlinie erforderlich. Die komplette Verarbeitung erfolgt bei der WS 7000 in dem zentralen Mikroprozessor.

Um ein Höchstmaß an Präzision der Anzeigergebnisse zu erreichen, wurden für die WS 7000 umfangreiche Untersuchungen in aufwendigen Meßreihen vorgenommen, um Berechnungsformeln zu entwickeln, mit deren Hilfe der Rechner der WS 7000 die erforderlichen Operationen vornehmen kann. Der Benutzer der WS 7000 kann der Überzeugung sein, daß die angezeigten Meßergebnisse mit einem Minimum an Fehlern behaftet sind, und dies in einem weiten Temperaturbereich.

Die Funktionsweise der Schaltung selbst ist wie folgt:

Mit den Gattern N 401 bis N 403 ist ein RC-Oszillator aufgebaut, der mit einer Frequenz von ca. 250 kHz schwingt. Die genaue Frequenz ist von der Kapazität des Feuchtesensors abhängig.

Die Gatter N 404 und N 405 nehmen eine Impulsformung und Pufferung vor, so daß am Ausgang eine Frequenz zur Verfügung steht, die der relativen Luftfeuchte proportional ist (allerdings nicht linear).

Um eine gewisse Vorkompensation und Einflußminderung des verwendeten IC's zu erreichen, arbeitet der Ausgang des Gatters N 406, dessen Verhalten ähnlich ist wie das der übrigen Gatter (da auf demselben Chip), über die Diodenkapazität von D 401 auf den Eingang des Gatters N 401. Da der Ausgang des Gatters N 406 permanent auf „low“-Potential liegt, ist lediglich die geringe Kapazität der praktisch gesperrten Diode D 401 wirksam, gesteuert über die geringen Ausgangsspannungsänderungen des auf „low“ geschalteten Gatters N 406. Auf diese Weise können typische Toleranzen des verwendeten IC's des Typs CD 4069 noch weiter ausgeglichen werden, wobei sie ohnehin schon sehr gering sind. Die anschließende softwaremäßige Linearisierung und Temperaturbereinigung beschränkt sich im wesentlichen auf den reinen Feuchtesensor FS 401.

Die in Klammern in dem Schaltbild angegebenen Bezeichnungen stehen für die zweite Feuchte-Meßschaltung.

In Bild 7 ist der praktische Aufbau dieser Teilschaltung mit und ohne Schutzröhrchen abgebildet.

Nun wollen wir die Schaltung des Helligkeitssensors beschreiben (Bild 8):

Zur Registrierung der Umgebungshelligkeit wird der Photowiderstand des Typs LDR 05 herangezogen.

Im Lastkreis des Photowiderstandes PW 601 liegt der Arbeitswiderstand R 601. Je nach einfallender Lichtstärke bewegt sich der Spannungsabfall am LDR 05 im Bereich von 0 bis 5 V.

0 V entspricht hierbei starker Sonneneinstrahlung, während 5 V Dunkelheit signalisiert.

Über R 602 gelangt die Spannung auf je einen Eingang der beiden OP's 601 und

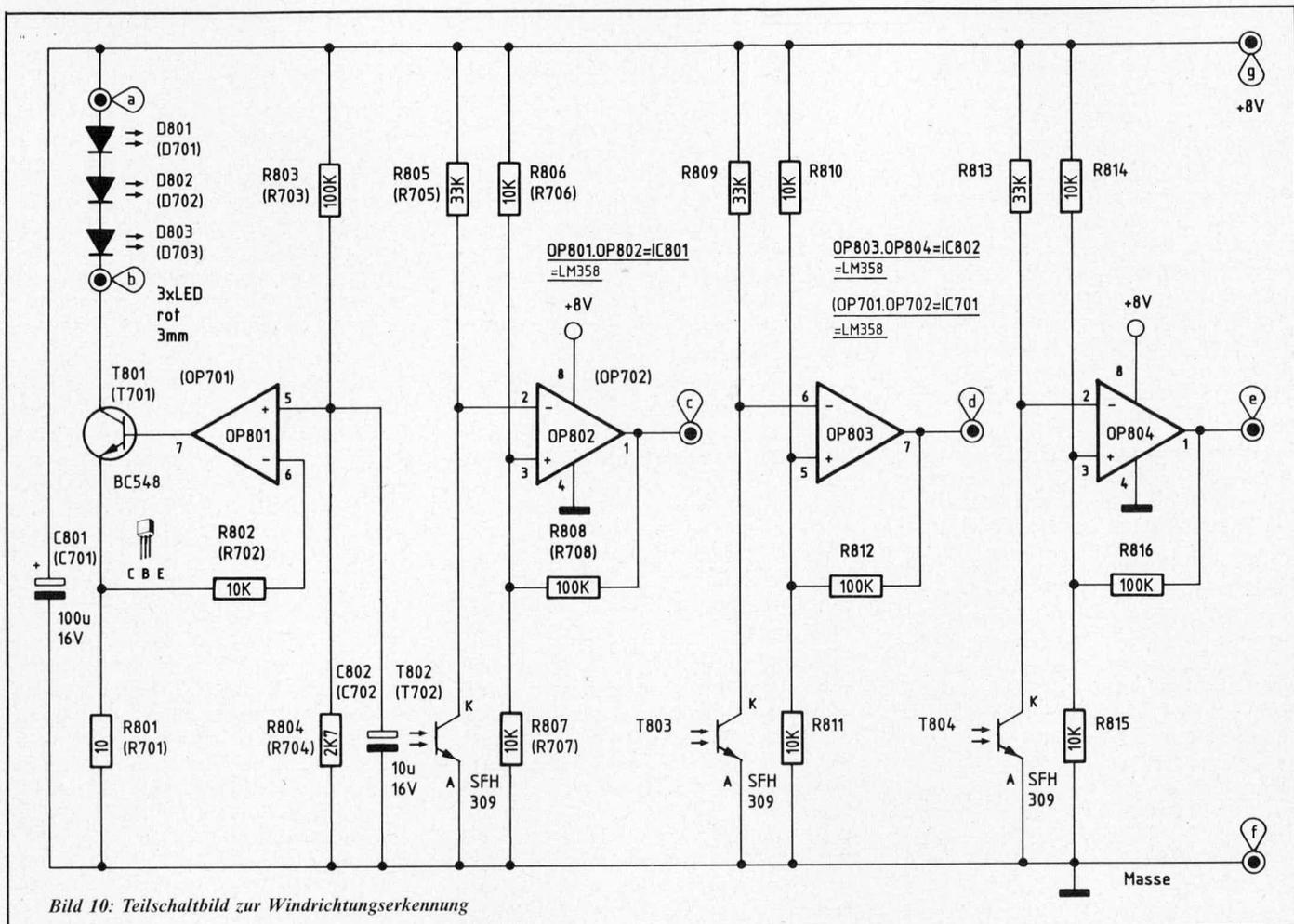


Bild 10: Teilschaltbild zur Windrichtungserkennung

602. C 601 dient lediglich der Unterdrückung kurzer Störspitzen.

Die OP's 601 und 602 sind als Komparatoren mit geringer Hysterese geschaltet. Die Schaltschwellen sind so dimensioniert, daß sie in Verbindung mit dem Arbeitswiderstand R 601 die gewünschten Ausgangssignale liefern. Im einzelnen bedeutet dies:

OP 601 schaltet, sobald eine gewisse Grundhelligkeit vorhanden ist, wobei Dunkelheit einem „high“-Signal und Helligkeit einem „low“-Signal entspricht. Bei Sonnenschein oder vergleichbarer großer Helligkeit geht der bis dahin auf „low“ liegende Ausgang des OP 602 (Pin 7) ebenfalls auf „high“. Im selben Moment beginnt die Zeitzählung zur Messung der Sonnenscheindauer.

Bild 9 zeigt die praktische Realisierung dieses Schaltungsteiles vor dem Einbau in ein Schutzröhrchen (wie bei der Feuchtemeßschaltung). Die spätere Anordnung dieses Sensors sollte so erfolgen, daß der Sonnenscheineinfall von allen Seiten gut gewährleistet, der Sensor aber trotzdem vor stärkerer Verschmutzung geschützt ist.

Die zu den interessantesten Details der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 zählende Messung der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung soll im folgenden beschrieben werden.

In Bild 10 ist das Teilschaltbild zur Windrichtungserkennung vorgestellt.

OP 801 bildet in Verbindung mit seiner Zusatzbeschaltung eine Konstantstromquelle, welche die drei in Reihe geschalteten Sendedioden mit einem Konstantstrom versorgt, der weitgehend von äußeren Einflüssen unabhängig ist.

Die Anordnung der drei Sendedioden wird in einer eigens für diesen Zweck entwickelten Gabellichtschranken-Einheit vorgenommen, deren schematische Darstellung in Bild 11 wiedergegeben ist. Durch Präzisionsschlitzte, die mit einer Genauigkeit von 1/100 mm gearbeitet sind, fallen die Lichtstrahlen der Sendedioden hindurch, um anschließend durch noch feinere Schlitzte auf die Empfänger-Phototransistoren T 802 bis T 804 aufzutreffen. Im Kollektorkreis dieser Phototransistoren liegt jeweils ein Bela-

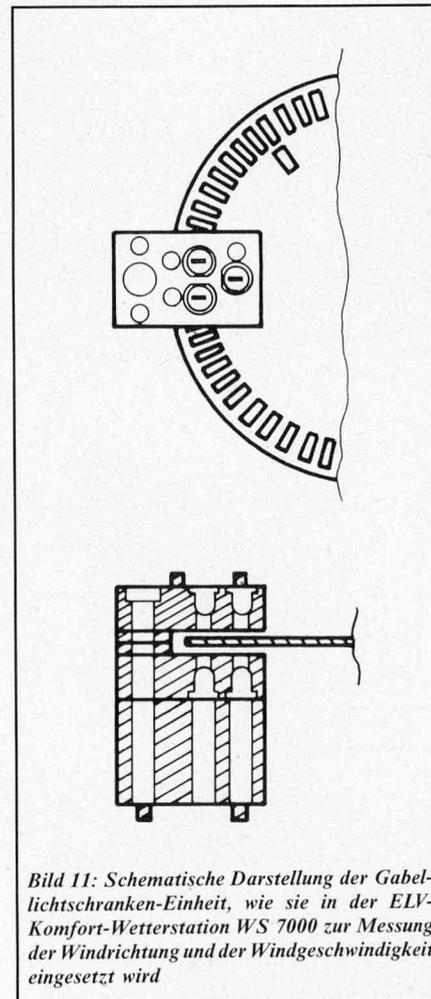


Bild 11: Schematische Darstellung der Gabellichtschranken-Einheit, wie sie in der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 zur Messung der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit eingesetzt wird

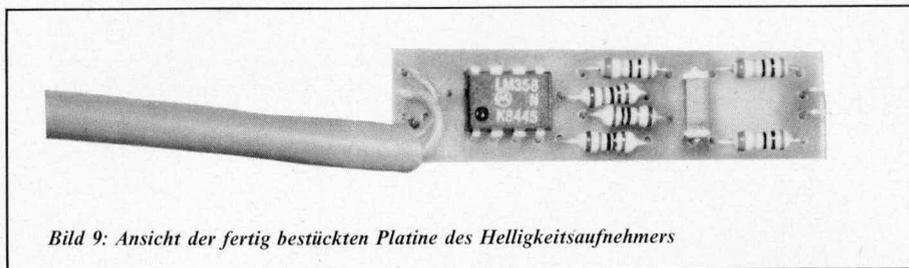


Bild 9: Ansicht der fertig bestückten Platine des Helligkeitsaufnehmers

stungswiderstand, der so bemessen ist, daß sich ein optimales Schaltverhalten der nachfolgenden Komparatoren OP 802 bis OP 804 ergibt.

Fallen die Lichtstrahlen der Sendedioden ungehindert durch die Schlitze der Dreifach-Gabellichtschranke auf die Empfänger-Phototransistoren, so sind diese jeweils durchgeschaltet und die Ausgänge der entsprechenden OP's 802 bis 804 liegen auf „high“-Potential (ca. 4,5 V). Sobald ein Hindernis (z. B. Rasterscheibe) den Strahlengang einer oder mehrerer Sendedioden unterbricht, sperrt der entsprechende Phototransistor und der Ausgang des zugehörigen OP's nimmt „low“-Potential (ca. 0 V) an.

Der Phototransistor T 802 liegt im Strahlbereich der Sendediode D 801, während T 803 im Strahlbereich von D 802 und T 804 im Strahlbereich von D 803 liegt.

Durch eine Präzisions-Rasterscheibe, die über eine Achse von der Windrichtungsfahne angetrieben wird, erfolgt anschließend die Umsetzung des genauen Drehwinkels in ein entsprechendes elektrisches Signal. Hierbei liegt die Rasterscheibe genau im Strahlengang der Dreifach-Gabellichtschranke. Die Kunststoff-Rasterscheibe weist auf ihrem Umfang 72 gleichmäßig verteilte Schlitze auf, die jeweils einem Drehwinkel von exakt 5° entsprechen, d. h. ein Schlitz und ein Steg zusammen entsprechen 10 Winkelgraden. Auf einem etwas weiter zur Mitte liegenden Kreis ist ein einzelner weiterer Schlitz aufgebracht, der dem Drehwinkel „0°“ („Norden“) entspricht.

Die vorstehend beschriebene werkzeugaufwendig gesehen, sehr aufwendige Konstruktion der Rasterscheibe besitzt gegenüber bedruckten Klarsichtscheiben den Vorteil extrem geringer Toleranzen, hoher Konturschärfe bei nahezu vollkommener Verschleißfreiheit. Selbst Kratzer und leichte Verschmutzungen können der zuverlässigen Funktion dieser Aufnehmerschaltung nichts anhaben.

Die elektronische Funktionsweise wird nachfolgend beschrieben:

Die beiden nebeneinander auf den äußeren, 72teiligen Kreis der Rasterscheibe arbeitenden Sender/Empfänger sind so positioniert, daß die entsprechenden Ausgangssignale der zugehörigen Operationsverstärker OP 802 und OP 803 exakt um 90° phasenverschoben sind. Hieraus kann der zentrale Mikroprozessor der WS 7000 sowohl die Drehrichtung der Rasterscheibe als auch durch gleichzeitiges Zählen der Impulse die genaue Position der Rasterscheibe erkennen.

Zwar ist ein Versehen der Elektronik normalerweise ausgeschlossen, jedoch wurde aus Sicherheitsgründen eine dritte Sender-/Empfänger-Kombination zur Erkennung der „0°“-Position eingefügt. Sollte durch starke Störeinflüsse (z. B. Gewitter usw.) ein Fehlimpuls bei der Vor-Rückwärtszählung der Drehrichtung auftreten, erfolgt eine automatische Neukalibrierung, wenn die Windrichtungsfahne „durch Norden läuft“.

Sowohl die 3 Sendedioden als auch die 3 Empfänger-Phototransistoren sind jeweils in einem gemeinsamen Kunststoffblock zusammengefaßt. Zusätzlich sind die beiden Kunststoffblöcke für Sender und Empfänger über Stifte in ihrer Position exakt fixiert. Hierdurch ist der Nachbau besonders leicht möglich, da Schwierigkeiten bei der Positionierung und beim Aufbau praktisch nicht auftreten können, wodurch beste Voraussetzungen für präzise Meßergebnisse geschaffen wurden.

Ein dritter Kunststoffblock befindet sich zur Erzielung eines größeren Abstandes zwischen Leiterplatte und Empfänger-einheit. Er ist ebenfalls mit Führungsstiften und Bohrungen ausgestattet, so daß sich auch hier eine exakte Positionierung der gesamten Gabellichtschranken-Einheit ergibt. Mit einer Schraube M 3 x 30 mm sowie einer Mutter M 3 wird die gesamte Einheit mit der Leiterplatte fest verschraubt.

Bild 12 zeigt den praktischen Innenaufbau

der elektronischen Windrichtungserkennung.

Die Windgeschwindigkeit wird in ähnlicher, jedoch etwas vereinfachter Weise als die Windrichtung gemessen.

Als Ausgangsschaltbild soll uns auch hier wieder Bild 10 dienen. Wichtig sind jetzt die in Klammern aufgeführten Bauelemente-Bezeichnungen, die alle im Bereich von 700 ff. liegen. Der gesamte rechte Schaltungsteil (OP 803, 804 mit Zusatzbeschaltung) sowie 2 Sendedioden entfallen ersatzlos.

Die Konstantstromquelle OP 701 mit Zusatzbeschaltung speist jetzt lediglich eine Sendediode (D 701), die auf den äußeren, 72teiligen Kreis einer mit der Windrichtungserkennung identischen Rasterscheibe arbeitet. T 702 stellt den zugehörigen, im Strahlbereich von D 701 liegenden Empfänger-Phototransistor dar.

Angetrieben wird die Rasterscheibe über ein speziell entwickeltes dreiflügeliges Windrad, dessen Drehzahl der Windgeschwindigkeit proportional ist. Eine Linearisierung der Kennlinie erfolgt, wie bereits erwähnt, im zentralen Mikroprozessor. Je höher die Windgeschwindigkeit ist, desto schneller dreht sich die über eine Achse angetriebene Rasterscheibe und desto höher ist die Ausgangsrechteckfrequenz des als Komparator arbeitenden OP 702. Pro Umdrehung entstehen hier 72 Impulse, entsprechend der Teilung des äußeren Kreises der Rasterscheibe.

Als Gabellichtschranke dient die gleiche Einheit wie auch bei der Windrichtungsmessung mit dem Unterschied, daß jetzt lediglich 1 Sendediode sowie 1 Empfänger-Phototransistor eingebaut und angeschlossen werden. In Bild 13 ist der praktische Innenaufbau des Windgeschwindigkeitsmessers abgebildet.

In der kommenden Ausgabe des „ELV journal“ (ELV 43) stellen wir dann das Hauptschaltbild und den praktischen Aufbau vor.

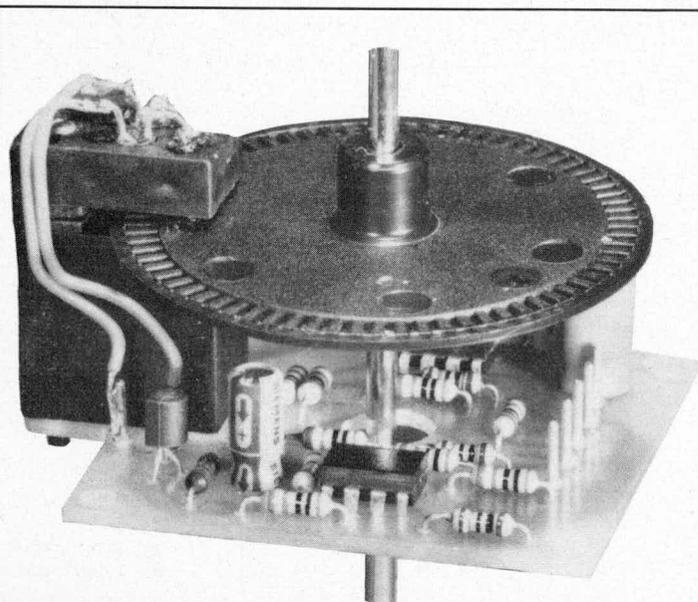


Bild 12: Ansicht des Innenaufbaus der elektronischen Windrichtungserkennung

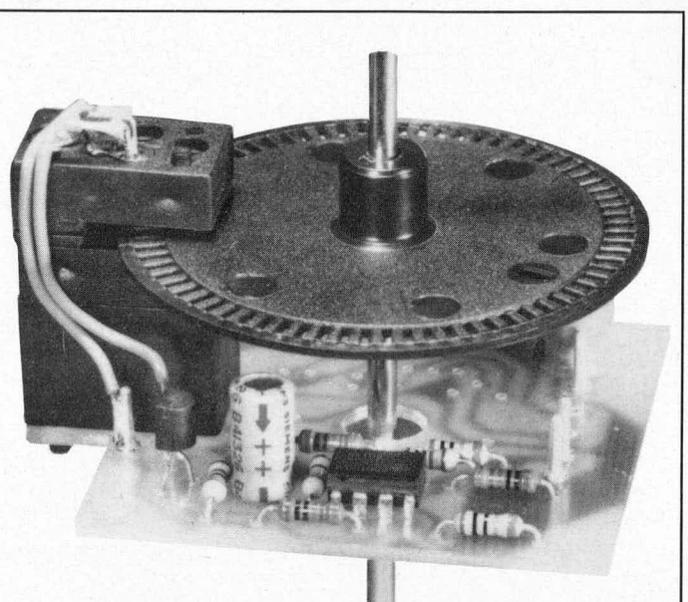


Bild 13: Ansicht des Innenaufbaus zur Windgeschwindigkeitsmessung