



# Komfort-Wetterstation WS 9000 Teil 3

Die umfangreiche und besonders interessante Sensorik der WS 9000 sowie die Stromversorgung beschreiben wir ausführlich im vorliegenden Artikel, womit die Darstellung der Schaltungstechnik komplett ist.

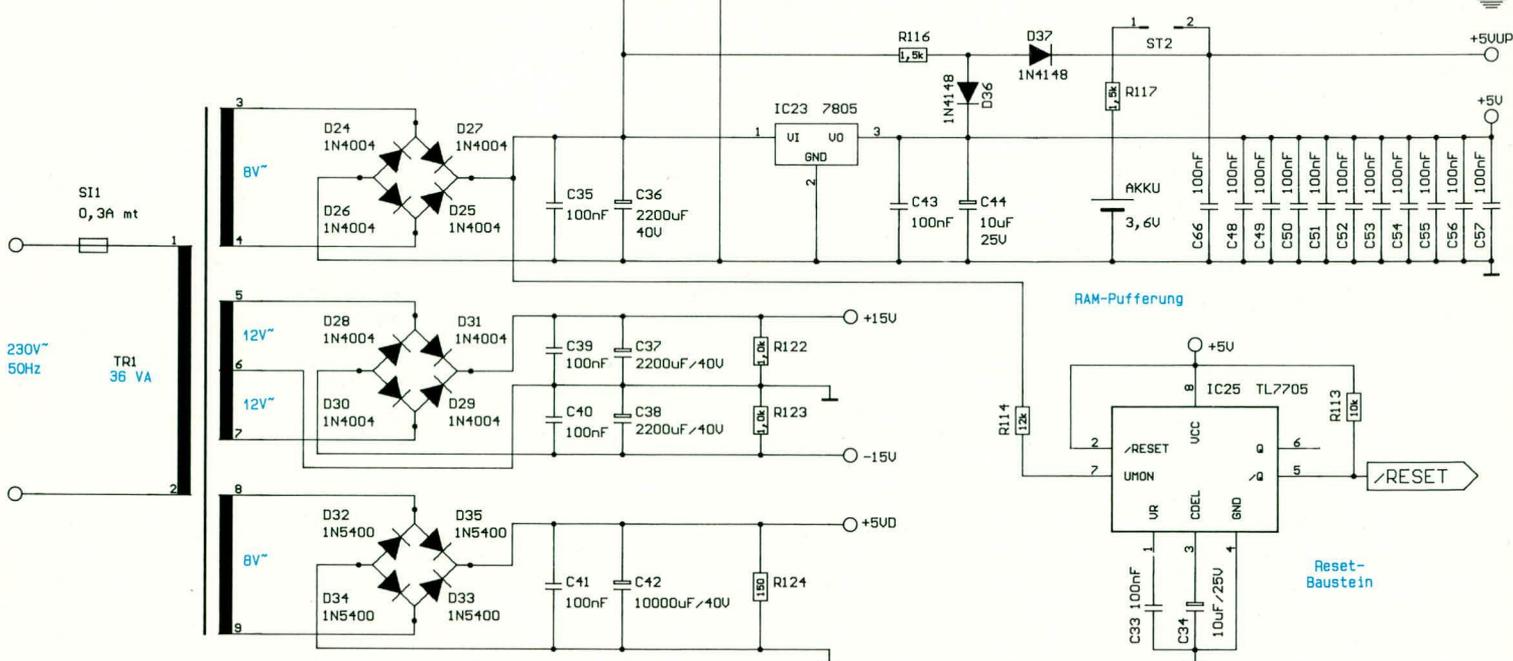
## Netzteil (Bild 5)

Das in Abbildung 5 dargestellte Netzteil stellt die unterschiedlichen, für den Betrieb der WS 9000 notwendigen Betriebsspannungen zur Verfügung. Gewonnen werden die Spannungen aus einem Netztransformator mit 3 Sekundärwicklungen.

Die an der unteren Wicklung Pin 8 und Pin 9 anstehende Wechselspannung von ca. 8 V wird mit Hilfe des Brückengleichrichters D32 bis D35 gleichgerichtet und ungestabilisiert zur Versorgung der Displayanzeigen herangezogen. Lediglich ein ausreichend großer Ladeelko (C42) sorgt hier für eine Glättung der Spannung.

Die an der Doppelwicklung Pin 5 bis

Bild 5: Netzteilschaltbild der Komfort-Wetterstation WS 9000



puffert und jeweils Pin 1 der beiden Festspannungsregler IC 23 und IC 24 zugeführt.

Gleichzeitig fließt über R116, D37, ST2 ständig ein geringer Strom zum RAM. Die an R116 anliegende Spannung wird mit D36 auf die 5 V-Versorgungsspannung geklemmt, so daß der Akku geladen wird und das RAM grundsätzlich eine innerhalb der Versorgungsspannungsgrenzen liegende Betriebsspannung erhält.

Während der auf einen Kühlkörper montierte 5 V-Festspannungsregler IC 23 zur Versorgung des Digitalteils dient, wird der analoge Schaltungsteil über den einstellbaren Spannungsregler LM317 (IC 24) versorgt. Um stets konstante und korrekte Meßergebnisse zu erhalten, muß dessen Spannung bei der Inbetriebnahme mit R 21 genau auf 5,0 V eingestellt werden.

C 44 und C 47 dienen zur allgemeinen Stabilisierung und zur Schwingneigungsunterdrückung, während Spikes mit hochwertigen keramischen Kondensatoren, die im gesamten Schaltungslayout direkt an den integrierten Schaltkreisen angeordnet sind, beseitigt werden.

Um den Mikrocontroller stets in einen ordnungsgemäßen Resetzustand zu führen, wurde der spezielle Resetbaustein TL7705 (IC 25) eingesetzt. Die Kontrollspannung wird an C36 vor dem eigentlichen Spannungsregler abgegriffen und über R114 dem TL7705 an Pin 7 zugeführt. Durch die Dimensionierung von R114 wird

Pin 7 anstehende Spannung von 2 x 15 V wird ebenfalls gleichgerichtet (D28 bis D31), mit C27 und C28 gepuffert und direkt an die auf der Geräterückseite angeordnete Buchse BU4 zur Versorgung des Windaufnehmers geführt.

Die komplette Elektronik der WS 9000 wird über die an Pin 3 und 4 zugängliche Sekundärwicklung versorgt. Die hier anstehende Spannung von ca. 8 V wird mit D24 bis D27 gleichgerichtet, mit C36 ge-

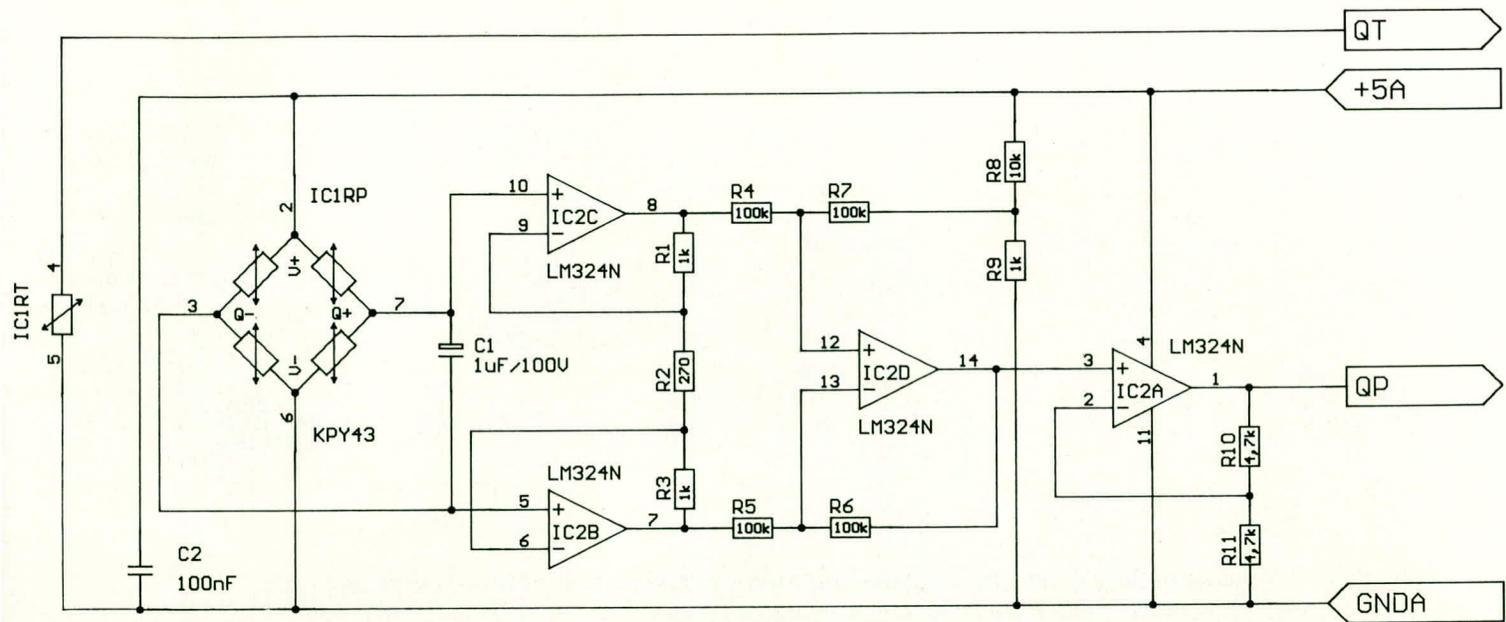


Bild 6 zeigt die Schaltung zur Messung des barometrischen Luftdrucks.

der Resetauslösepunkt auf etwa 8 V eingestellt, so daß bei abfallender Betriebsspannung bereits zu einem Zeitpunkt ein Reset ausgelöst wird, wenn noch alle anderen Funktionen stabil beendet werden können.

#### Luftdruckmessung (Bild 6)

Der Luftdrucksensor ist in Abbildung 6 dargestellt und samt Zusatzbeschaltung auf einem kleinen Steckmodul untergebracht. Hierdurch ist es möglich, auch diesen Sensor mit Kalibrierdaten zu liefern und auch zu einem späteren Zeitpunkt, falls erforderlich, auszutauschen.

Das Herzstück dieser kleinen Schaltung ist der Drucksensor KPY43A der Firma Siemens. Hierbei handelt es sich um ein elektronisches Bauelement, in dessen Gehäuse sich eine Miniaturmeßbrücke befindet, die mit im Chip implementierten Piezowiderständen aufgebaut ist. Die Außenluft kann über ein kleines Röhrchen eintreten.

Die an den Anschlußpins 3 und 7 anstehende Brückenspannung ist dem Luftdruck direkt proportional und wird mit Hilfe des Differenzverstärkers (IC 2 B, C) sowie der OPs IC 2 D und IC 2 A verstärkt.

Eine luftdruckproportionale Ausgangsspannung an Pin 1 des IC 2A wird anschließend dem AD-Wandler zur weiteren Verarbeitung zugeführt.

Bedingt durch die Temperaturabhängigkeit des Drucksensors ist unbedingt eine entsprechende Temperaturkompensation erforderlich. Um diese optimal vornehmen zu können, besitzt der neue hier eingesetzte Drucksensor des Typs KPY43A einen auf dem Chip integrierten Halbleiter-Temperatursensor. Auf diese Weise wird die tatsächliche Temperatur exakt gemessen und über den AD-Wandler dem Mikrocontroller mitgeteilt. Dieser nimmt dann soft-

waremäßig die exakte Temperaturkompensation vor.

#### Luftfeuchtemessung (Bild 7)

Teilschaltbild 7 zeigt die Schaltung zur Messung der relativen Luftfeuchte, wobei als Meßwertempfänger hochgenaue, lineare Industrie-feuchtesensoren eingesetzt werden. Die Kapazität dieser Sensoren ändert sich mit hoher Linearität proportional zur relativen Luftfeuchte.

Darüber hinaus sind diese Industriesensoren weitestgehend temperaturunabhängig und können bei einer Betriebstemperatur zwischen -30 und +140°C im Dauerbetrieb eingesetzt werden. Selbst eine Lagertemperatur von -40°C führt nicht zur Zerstörung des Sensors.

Der Sensor hat eine kurze Ansprechzeit und eine durchschnittliche Empfindlichkeit von 0,8 pF/%rF. Der Betriebsdruck des Sensors darf zwischen 0,04 und 30 Bar liegen.

Doch nun zur Funktionsweise der Schaltung selbst:

Mit den Gattern IC 401A bis IC 401C ist ein RC-Oszillator aufgebaut, der mit einer Frequenz von ca. 90 kHz schwingt. Während die genaue Frequenz von der Kapazität des Feuchtesensors abhängig ist, dient der Kondensator C 2 zur gleichspannungsmäßigen Entkopplung des Sensors.

Die Gatter IC 401 F und IC 401 E nehmen eine Impulsformung und Pufferung vor, so daß am Ausgang eine Frequenz zur Verfügung steht, die der relativen Luftfeuchte direkt proportional ist.

Aufgrund der ausgezeichneten Sensoreigenschaften ist keine Temperaturkompensation erforderlich. Auch ohne Linearisierung bietet der Sensor schon eine gute Genauigkeit, die durch den Einsatz des hier vorliegenden Mikroprozessorsystems

optimiert werden konnte, so daß im gesamten Bereich von 0 % bis 100 % rF die typische Anzeigegenauigkeit bei 1 % rF (!) liegt.

#### Helligkeitsmessung (Bild 8)

Zur Registrierung der Umgebungshelligkeit (Sonneneinstrahlung) wird die Fotodiode BPW21 mit eingebautem Tageslichtfilter herangezogen. Hierbei handelt es sich um eine Silizium-Fotodiode in Planartechnik, die in unserer Schaltung als Element eingesetzt wird. Im Elementbetrieb wirkt die Diode als Stromgenerator, der die Strahlungsenergie in eine elektrische Energie umwandelt.

Die größte relative spektrale Empfindlichkeit liegt bei dieser Diode zwischen 400 und 800 nm und ist somit optimal an die Helligkeitsempfindlichkeit des menschlichen Auges angepaßt.

Durch seine hohe Fotoempfindlichkeit ist diese Diode auch zur Registrierung niedriger Beleuchtungsstärken geeignet und gibt bei Elementbetrieb eine recht hohe Leerlaufspannung ab. Weitere Leistungsmerkmale sind die hohe Zuverlässigkeit, geringes Rauschen, ein streng linearer Zusammenhang zwischen  $I_k$  und Beleuchtungsstärken von  $10^{-2}$  bis  $10^5$  Lx sowie keine meßbare Alterung.

Die Schaltung des Helligkeitsmessers (Abbildung 8) wurde mit Hilfe eines Operationsverstärkers vom Typ TLC271 realisiert. Die als Element geschaltete Fotodiode D 301 arbeitet hier als Stromgenerator, wobei die im Rückkopplungsweig des OPs liegenden Widerstände R 301 und R 302 die Stromquelle belasten. Gleichzeitig dient der Trimmer R 302 zur Einstellung des Skalenfaktors, so daß bei einer Helligkeit von 100 klx eine Ausgangsspannung von 1 V eingestellt werden kann.



kann. Bei Hagel oder Schnee hingegen erfolgt keine Messung mehr.

Doch nun zum detaillierten Meßprinzip: Das bei Niederschlag aus der 2,5 mm Rohröffnung austretende Wasser fällt solange auf eine Hälfte der Wippe, bis sich hier der Schwerpunkt verlagert und die Wippe schlagartig umschlägt. Während

jetzt das Wasser dieser Wippenhälfte abläuft, kann sich die andere Hälfte solange füllen, bis sich auch hier der Schwerpunkt verlagert und der zuvor beschriebene Vorgang sich wiederholt.

Mit Hilfe eines völlig verschleißfreien, seitlich der Wippe angeordneten induktiven Näherungsschalters wird jede Bewe-

gung sowohl nach oben als auch nach unten detektiert und der Auswerteelektronik mitgeteilt.

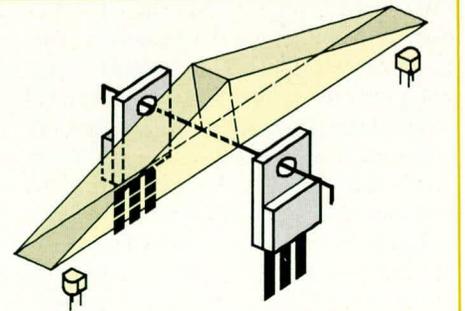
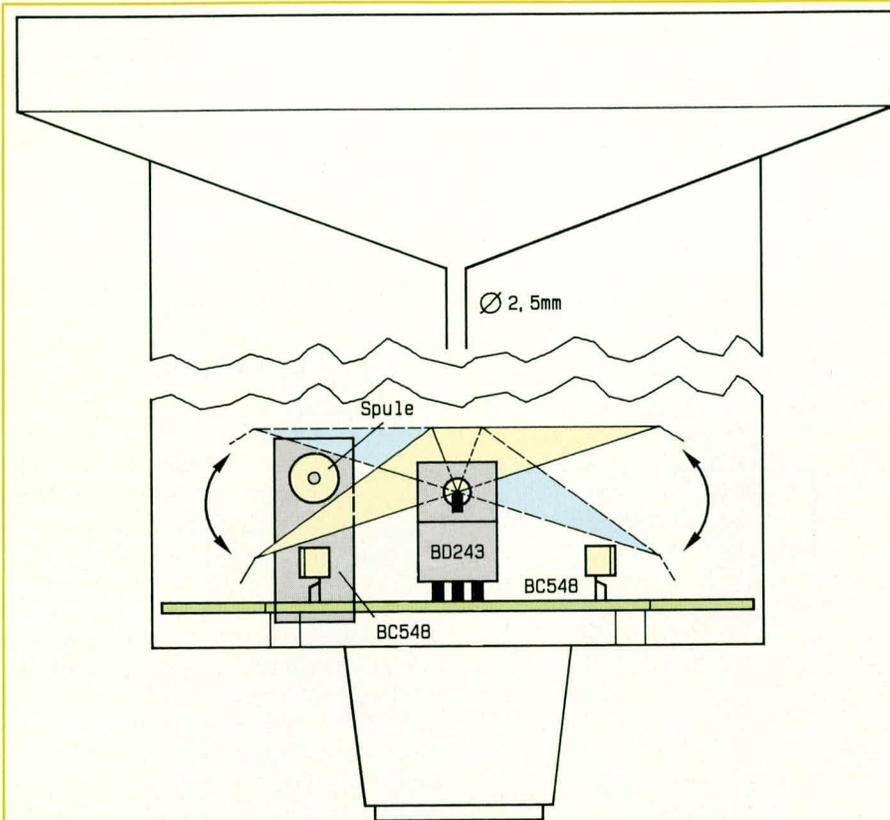
Zum Schutz gegen störende Witterungseinflüsse wird die gesamte Elektronik einschließlich der Fühlerspule vergossen.

Die Schaltung des Regenmessers ist in Abbildung 9 zu sehen. Während der obere Schaltungsteil den, auch unter rauhesten Umweltbedingungen einzusetzenden, berührungslos schaltenden induktiven Näherungsschalter zeigt, ist im unteren Teil des Schaltbildes die Heizung der Transistoren zu sehen.

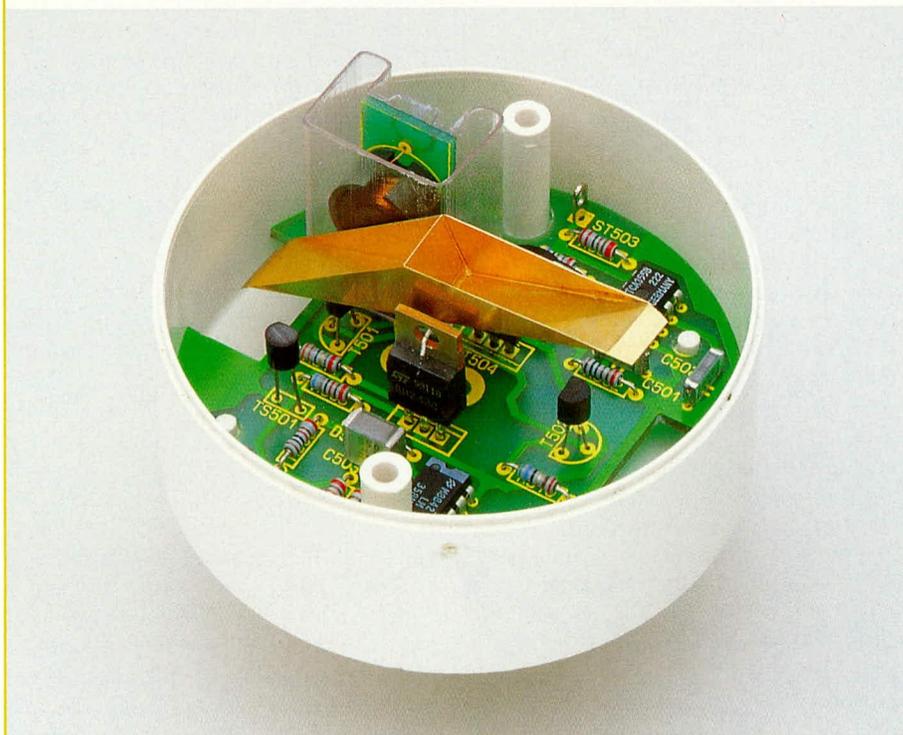
Wir wollen uns jedoch zuerst mit dem Funktionsprinzip des Näherungsschalters befassen. Die Fühlerspule L 501 bildet mit dem Schwingkreis Kondensator C 502 einen Parallel-Schwingkreis hoher Güte, so daß schon kleinste Generatorströme ausreichen, um den Schwingkreis anzuregen. Die Fühlerspule L 501 befindet sich auf dem Spulenkörper eines Halbschalenferritkerns, um durch ein gerichtetes Streufeld große Schaltabstände zu erzielen.

Bewegt sich ein Metallteil im Streufeld der Spule, so werden Wirbelströme induziert, die wiederum bei konstanter Anregung des Schwingkreises die Amplitude der Schwingkreisspannung verringern.

Die Schwingkreisspannung wird in IC 501 gleichgerichtet, und ein integrierter hysteresebefahreter Schwellwertschalter löst den Schaltvorgang in Abhängigkeit

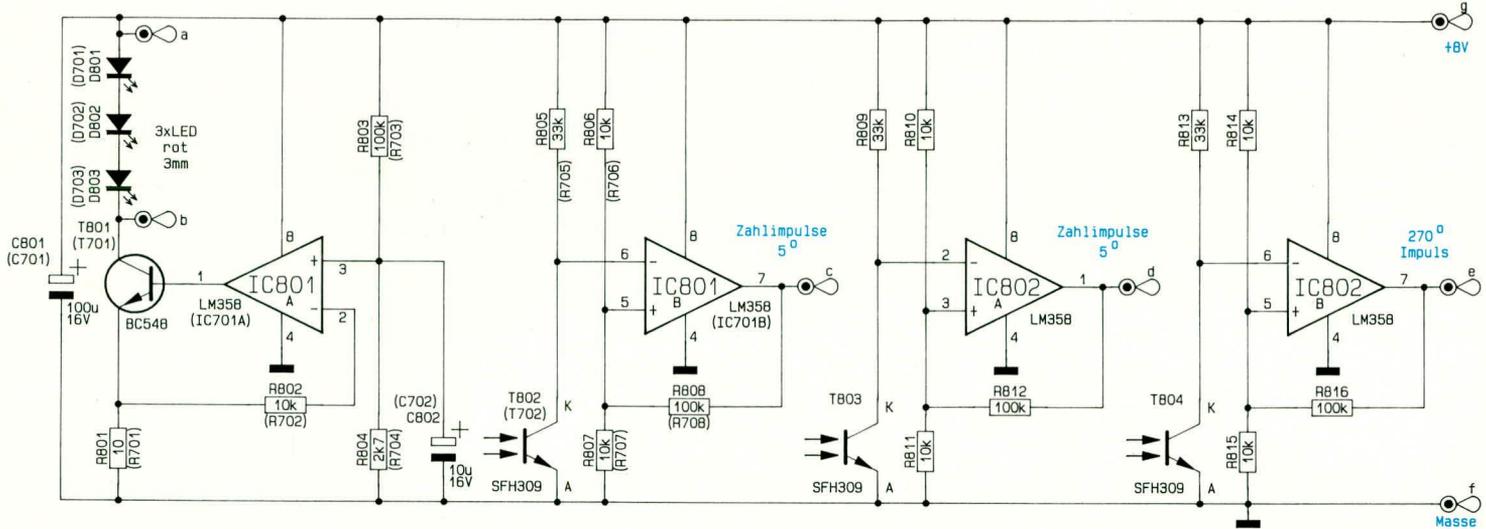


**Bild 10 (links):**  
Schnittzeichnung sowie Ansicht der Niederschlagsmeßeinheit vor dem Vergießen  
**Oben:** Detailzeichnung der mit Hilfe von Transistoren gelagerten „Wippe“



von der Amplitude der gleichgerichteten Schwingkreisspannung aus. Ausgangsseitig verfügt der Chip über zwei antivalenten Open-Kollektorausgänge an den Pins 4 und 5, wobei am Q-Ausgang über den mit R 503 und R 504 aufgebauten Spannungsteiler eine Spannung von ca. 5 V angelegt wird.

Während der Widerstand R 502 die Schalthysterese festlegt, kann mit R 501 die Empfindlichkeit des Schwellwertschal-



**Bild 11 (oben):**  
Teilschaltbild zur  
Windrichtungs- und Wind-  
geschwindigkeitsmessung

ters bestimmt werden. Je größer der Wert des Widerstandes R 501, desto kleiner ist die Stromzufuhr vom Oszillator in den Schwingkreis und entsprechend größer der Schaltabstand.

Der untere Teil des Schaltbildes zeigt die Transistorheizungsregelung, die mit Hilfe eines recht einfachen Zweipunktreglers realisiert wurde.

Die Widerstände R 505 bis R 508 sowie der Temperatursensor TS 501 bilden eine Brückenschaltung, deren Brückenspannung auf die Eingänge des als Komparator geschalteten Operationsverstärkers IC 502 A gegeben wird. Die Brücke wurde so dimensioniert, daß bei ca. 5°C der Komparator schaltet und die Transistoren T 501 bis T 504 durchsteuern.

Da die Leistung in den Transistoren und nicht in den Emitterwiderständen in Wärme umgesetzt werden soll, ist es erforderlich, die Transistoren mit einer möglichst geringen Basisspannung (linearer Betrieb) anzusteuern. Zu diesem Zweck wird der OP-Ausgang über die Diode D 501 auf den nicht invertierenden Eingang (Pin 2) zurückgeführt, so daß am Ausgang (Pin 1) maximal eine um 0,7 V höhere Spannung als am invertierenden Eingang (Pin 2) anstehen kann. Der Kondensator C 503 dient in diesem Zusammenhang zur sicheren Schwingneigungsunterdrückung.

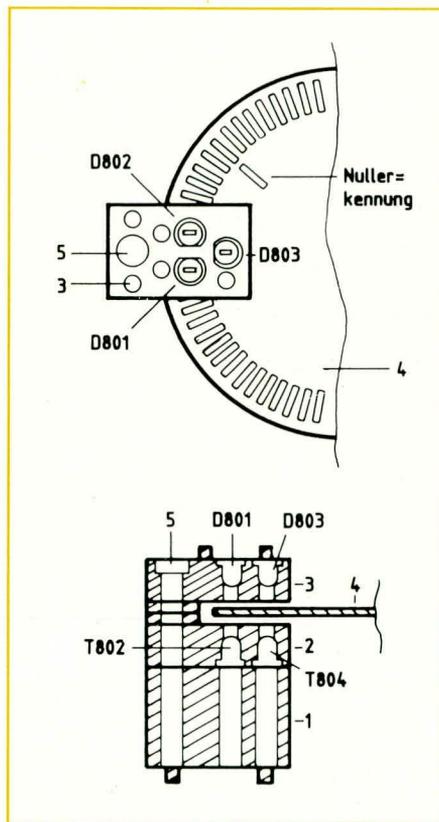
**Windmessung (Bild 11)**

Als nächstes wollen wir uns detailliert mit der Windrichtungsdetektierung sowie der Windgeschwindigkeitsmessung befassen.

In Abbildung 11 ist das Teilschaltbild zur Windrichtungserkennung zu sehen.

IC 801A 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 ent-



**Bild 12 (links):**  
Schematische Darstellung  
der Gabellichtschranken-Einheit

weils durchgeschaltet und die Ausgänge der entsprechenden OPs (IC 801 B, IC 802 A, B) liegen auf „high“-Potential (ca. 7,5 V). Sobald ein Hindernis (z.B. Rasterscheibe) den Strahlengang einer oder mehrerer Sendedioden unterbricht, sperrt der entsprechende Fototransistor, und der Ausgang des zugehörigen OPs nimmt „low“-Potential (ca. 0 V) an.

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

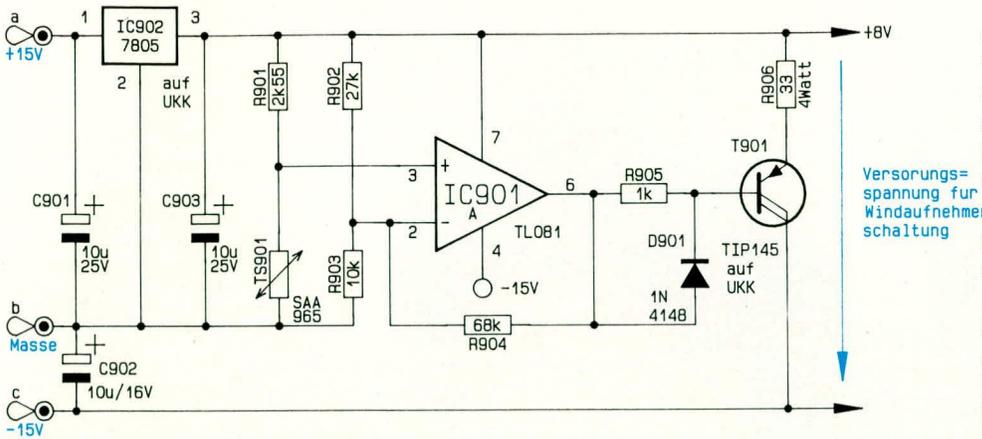
Durch eine Präzisions-Rasterscheibe, die über eine Achse von der Windrichtungsfahne angetrieben wird, erfolgt anschließend die Umsetzung des genauen Drehwinkels in ein entsprechendes elektrisches Signal. Hierbei liegt die Rasterscheibe genau im Strahlengang der Dreifach-Gabellichtschranke.

Die Kunststoff-Rasterscheibe weist auf ihrem Umfang 72 gleichmäßig verteilte Schlitze auf, die jeweils einem Drehwinkel von exakt 2,5° entsprechen, d.h. ein Schlitz und ein Steg zusammen entsprechen 5 Winkelgraden. Auf einem etwas weiter zur Mitte liegenden Kreis ist ein einzelner weiterer Schlitz aufgebracht, der dem Drehwinkel „270°“ („Westen“) entspricht.

Die vorstehend beschriebene, werkzeugaufwendig geseher sehr aufwendige Konstruktion der Rasterscheibe besitzt gegenüber bedruckten Klarsichtscheiben den Vorteil extrem geringer Toleranzen und hoher Kontrastschärfe bei nahezu vollkommener

wickelten Gabellichtschranken-Einheit vorgenommen, deren schematische Darstellung in Abbildung 12 wiedergegeben ist. Durch Präzisionsschlitze, die mit einer Genauigkeit von 1/100mm gearbeitet sind, fallen die Lichtstrahlen der Sendedioden hindurch, um anschließend durch noch feinere Schlitze auf die Empfänger-Fototransistoren T 802 bis T 804 aufzutreffen. Im Kollektorkreis dieser Fototransistoren liegt jeweils ein Belastungswiderstand, der so bemessen ist, daß sich ein optimales Schaltverhalten der nachfolgenden Komparatoren IC 801B sowie IC 802A und IC 802B ergibt.

Fallen die Lichtstrahlen der Sendedioden ungehindert durch die Schlitze der Dreifach-Gabellichtschranke auf die Empfänger-Fototransistoren, so sind diese je-



**Bild 13: Teilschaltbild der elektronischen Heizungsregelung für die Innenräume des Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsaufnehmers**

Verschleißfreiheit. Selbst Kratzer und leichte Verschmutzungen können der zuverlässigen Funktion dieser Aufnehmerschaltung nichts anhaben.

Die elektronische Funktionsweise wird nachfolgend beschrieben:

Die beiden nebeneinander auf dem äußeren, 72teiligen Kreis der Rasterscheibe arbeitenden Sender/Empfänger sind so positioniert, daß die entsprechenden Ausgangssignale der zugehörigen Operationsverstärker IC 801 B und IC 802 A exakt um 90° phasenverschoben sind. Hieraus kann der zentrale Mikroprozessor der WS 9000 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 „270°“-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 Westen läuft“.

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

Als Ausgangsschaltbild soll uns auch hier wieder Abbildung 11 dienen. Wichtig sind jetzt die in Klammern aufgeführten Bauelementebezeichnungen, die alle im Bereich von 700ff. liegen. Der gesamte rechte Schaltungsteil (IC 802A,B mit Zusatzbeschaltung) sowie 2 Sendedioden entfallen ersatzlos.

Die Konstantstromquelle IC 701A mit Zusatzbeschaltung speist jetzt lediglich eine Sendediode (D 701), die auf dem äußeren, 72teiligen Kreis einer mit der Windrichtungserkennung identischen Rasterscheibe arbeitet. T 702 stellt den dazugehörigen, im Strahlenbereich von D 701 liegenden Empfänger-Fototransistor 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 IC 701B. 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-Fototransistor eingebaut und abgeschlossen werden.

### Innenraumbeheizung für Windaufnehmer (Bild 13)

In Abbildung 13 ist ein weiteres Teilschaltbild zu sehen, das eine elektronische Heizungsregelung für die Innenräume des Windrichtungs- und des Windgeschwindigkeitsaufnehmers darstellt. Diese Schaltung ist somit zweimal erforderlich. Die Bauteile finden jeweils auf derselben Platine Platz, auf der auch die Bauelemente des Windrichtungs- bzw. des Windgeschwindigkeitsaufnehmers angeordnet sind.

Die Versorgung erfolgt über zwei unstabilierte Gleichspannungen von +15 und -15 Volt, wobei die Schaltungsmasse den Spannungsmittelpunkt darstellt.

Mit dem IC 901 des Typs TL 081 ist in Verbindung mit der Zusatzbeschaltung R 901 bis R 906, TS 901, D 901 sowie T 901 eine kombinierte Temperatur-Steuer- und Regelschaltung aufgebaut, die in Abhängigkeit von der Außentemperatur eine Beheizung des entsprechenden Windrichtungs- bzw. Windgeschwindigkeitsaufnehmers vornimmt.

Hierzu muß man wissen, daß die ent-

sprechenden Aufnehmer extremen Umweltbedingungen und Belastungen ausgesetzt sind. Die mechanischen Konstruktionen wurden so durchgeführt, daß sie langfristig wartungsfrei zuverlässig ihren Dienst tun.

Damit der Innenraum, in dem sich die elektronischen Schaltungen befinden, nicht antaut (Luftfeuchtigkeit kondensiert an den Bauteilen), ist eine übliche Methode, die entsprechenden Gehäuse zu belüften. Diese Methode ist jedoch weder sicher noch langfristig erfolgversprechend. Darüber hinaus können Mikroben, Pilze und allerlei Kleintiere die Schaltung beeinträchtigen und die Lebensdauer empfindlich verkürzen. Da wir uns aber nicht mit einer wartungsfreien Lebensdauer, die den Garantiezeitraum nur unwesentlich überschreitet begnügen wollen, haben wir uns für die hier vorgestellte etwas aufwendigere Lösung der elektronischen Beheizung entschieden.

Hierzu wurden die Gehäuse sowohl des Windrichtungs- als auch des Windgeschwindigkeitsaufnehmers so konstruiert, daß sie weitgehend luftdicht, d.h. hermetisch gegenüber der Außenwelt abgeschlossen sind. Lediglich an einer einzigen Stelle kann ein Druckausgleich und somit ein Luftaustausch stattfinden. Es ist dies der Spalt zwischen Stahlwelle und oberer Spezial-Gleitlagerung, der allerdings nur wenige hundertstel Millimeter beträgt. Das Eindringen von Schmutz, ja selbst feinsten Staubpartikeln sowie von Kleinstlebewesen ist dadurch wirksam unterdrückt.

Jetzt stellt sich aber das Problem der Kondensation, d.h. der Betauung um so mehr. Hier setzt nun die elektronische Übertemperaturregelung ein.

Die Kombination aus Steuerung und Regelung arbeitet so, daß die bereitgestellte Heizleistung und die damit erreichte Übertemperatur um so größer wird, je niedriger die Umgebungstemperaturen sind. Die maximale Heizleistung wird bei ca. -40°C bereitgestellt, die dafür sorgt, daß die Innentemperatur nicht unter 0°C absinkt, während die Heizleistung bei steigenden Temperaturen immer weiter abnimmt und oberhalb 50°C auf 0 zurückfährt. Im mittleren Temperaturbereich wird eine Übertemperatur im Bereich von 10 bis 20 K eingestellt. Dies reicht im allgemeinen zuverlässig aus, um bei allen zu erwartenden Umweltbedingungen, ja selbst bei extremen Temperaturschwankungen den Innenraum der Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsaufnehmer trocken zu halten. Je größer die Übertemperatur, desto geringer die relative Luftfeuchte.

Damit ist die Beschreibung der umfangreichen Sensorik der WS 9000 abgeschlossen, und wir wenden uns im nächsten Teil dieses Artikels dem Nachbau zu. **ELV**