

Elektronik-Wetterstation WS 1000

Teil 5

In diesem fünften und gleichzeitig letzten Teil stellen wir Ihnen die komplette Beschreibung der Kalibrierung vor. Damit steht dem Einsatz dieser kompakt aufgebauten, leistungsfähigen Wetterstation nichts mehr im Wege.

Zur Kalibrierung

Bei der Elektronik-Wetterstation WS 1000 handelt es sich um ein komfortables und aufwendiges Wetterdatenmeßsystem, das aufgrund seiner technischen Konzeption in der Lage ist, eine hohe Präzision der ermittelten und angezeigten Meßwerte sicherzustellen. Damit die volle Leistungsfähigkeit des Gerätes aber auch tatsächlich erreicht werden kann, ist eine sorgfältige Einstellung, d. h. Kalibrierung der einzelnen Meßwertaufnehmer von ganz wesentlicher Bedeutung. Diesen Punkten wurde daher bei der Entwicklung bereits Rechnung getragen. Das ELV Ingenieurteam hat daher eine Kalibrieranleitung ausgearbeitet, die mit einfachen Mitteln für sämtliche Meßvorgänge einen zuverlässigen Abgleich erlaubt. Nachfolgend sind die einzelnen Abgleichvorgänge der Reihe nach ausführlich beschrieben.

Abgleich der Temperaturmeßstellen

Als erstes wird für beide Temperaturmeßstellen der Nullpunkt eingestellt. Hierzu wird eine Thermoskanne aus einem Gemisch von kleingestoßenen Eiswürfeln und Wasser mindestens bis zur Hälfte gefüllt. Der Wasseranteil darf hierbei maximal $\frac{1}{3}$ betragen, d. h. der Anteil der kleingestoßenen Eiswürfel muß unbedingt überwiegen. Wird dieses Eis-Wasser-Gemisch kontinuierlich, d. h. nicht zu schnell gerührt, kann man davon ausgehen, daß sich eine Temperatur von genau $0,00^{\circ}\text{C}$ einstellt. Voraussetzung ist allerdings, daß sowohl für die Eiswürfel als auch für das hinzugefügte Wasser ausschließlich destilliertes Wasser verwendet wird. Zu schnelles Rühren ist zu vermeiden, da dies wiederum Reibung und Wärmeerzeugung bedeutet.

In diesem kontinuierlich gerührten Eis-Wasser-Gemisch werden nun die Temperatursensoren mindestens 5 cm tief eingetaucht, wobei man sorgfältig darauf achtet, daß sie keinen direkten Kontakt zum Rand der Thermoskanne bekommen.

Nachdem die Sensoren mindestens 20 Minuten eingetaucht waren, kann mit dem Spindeltrimmer R 25 der Nullpunkt für die erste Temperaturmeßstelle und mit R 33 der Nullpunkt für die zweite Temperaturmeßstelle exakt eingestellt werden.

Das Verdrehen dieser beiden Spindeltrimmer sowie auch aller übrigen im weiteren Verlauf dieser Kalibrieranleitung beschriebenen Einstellungen muß in kleinen Schritten mit Pausen von mindestens 34 Sekunden erfolgen, da ein kompletter Meßzyklus eben diese Zeitspanne in Anspruch nimmt.

Der zweite Meßpunkt wird zur Einstellung des Skalenfaktors benötigt und wird zweckmäßigerweise mit Hilfe eines Fieberthermometers durchgeführt, das im allgemeinen eine Genauigkeit von $\pm 0,1\text{ K}$ besitzt. Hierzu geht man wie folgt vor: Nachdem sowohl das Fieberthermometer als auch die Temperatursensoren desinfiziert und gereinigt wurden, mißt man zunächst seine eigene Körpertemperatur, am besten im Mund, mit dem Fieberthermometer.

Nehmen wir einmal an, daß sich eine Anzeige von $36,9^{\circ}\text{C}$ einstellt. Die Temperatursensoren werden dann in den Mund genommen. Nach ca. 3 Minuten kann die Anzeige für die Temperaturmeßstelle 1 mit dem Spindeltrimmer R 29 und die Anzeige für die Temperaturmeßstelle 2 mit dem Spindeltrimmer R 37 auf diesen Wert eingestellt werden. Auch hier muß man sich langsam an die Anzeige „herantasten“, da eine veränderte Einstellung der Spindeltrimmer aufgrund der 34sekündigen Meßzyklusdauer erst verzögert angezeigt wird.

Zur Überprüfung kann man anschließend die beiden Sensoren nochmals in das Eis-Wasser-Gemisch einbringen und kontrollieren, ob sich der Nullpunkt wieder „sauber“ einstellt. Gegebenenfalls sind die Einstellungen von Nullpunkt und Skalenfaktor nochmals zu wiederholen.

Damit ist der Abgleich der Temperaturmeßstellen bereits beendet. Aufgrund der hohen Linearität und Meßwertproduzierbarkeit ist jetzt der gesamte Meßbereich von -40°C bis $+100^{\circ}\text{C}$ kalibriert.

Abgleich der Feuchtemeßstellen

Mit der Elektronik-Wetterstation WS 1000 ist die kontinuierliche Messung der relativen Luftfeuchte über zwei vollkommen getrennt arbeitende und angezeigte Meßstellen mit hoher Genauigkeit möglich. Für die erreichte typische Genauigkeit von 1 % sind normalerweise sehr aufwendige und extrem teure Meßverfahren notwendig, die zudem in ihrer Bedienung meist kompliziert und langwierig sind.

In den ausgedehnten und sorgfältig von der Universität Oldenburg (Arbeitsgruppe Ökochenie und Umweltanalytik) durchgeführten Untersuchungen der hier eingesetzten Feuchtesensoren haben gezeigt, daß sie eine hohe Meßwertproduzierbarkeit erreichen lassen, wobei allerdings die Kalibrierkurve, d. h. der Zusammenhang zwischen relativer Luftfeuchte und elektrischem Meßsignal nicht linear ist. Im weiteren Verlauf der Meßreihen wurde eine sog.

Nenn-Kalibrierkurve entwickelt, die dem zentralen Mikroprozessor der WS 1000 bereits implementiert ist. Durch Parallelverschiebung und Drehung der Kurve der Ausgangsfunktion der tatsächlich angeschlossenen Feuchtesensorschaltungen können diese mit hoher Genauigkeit und Reproduzierbarkeit auf die Nenn-Kalibrierkurve zurückgeführt werden.

Auch wenn vorstehende Beschreibung etwas aufwendig erscheint, so bleibt als Endergebnis die Tatsache, daß mit nur 2 einfach durchzuführenden Abgleichpunkten eine hohe Genauigkeit des angezeigten Meßergebnisses über den gesamten Meßbereich von 0 % bis nahezu 100 % relativer Luftfeuchte erreicht werden kann.

Da für die angestrebte Genauigkeit der Temperaturgang der Feuchtesensoren nicht ausreichend ist, muß eine separate Temperaturkompensation vorgenommen werden. Auch dies ist bereits per Software berücksichtigt, d. h. daß die Temperaturkompensation automatisch vom zentralen Mikroprozessor vorgenommen wird. Voraussetzung hierfür ist lediglich, daß der Temperatursensor 1 in räumlicher Nähe zum Feuchtesensor 1 anzuordnen ist, d. h. beide Sensoren (Feuchte 1 und Temperatur 1 sowie Feuchte 2 und Temperatur 2) müssen ungefähr die gleiche Temperatur besitzen.

Über die Temperaturmessung wird dann der vom Feuchtesensor kommende Meßwert automatisch im zentralen Mikroprozessorsystem umgerechnet, so daß der korrekte Meßwert der relativen Luftfeuchte auf der Anzeige erscheint. Die erste Kalibrierung für beide Feuchtesensoren erfolgt bei einer relativen Luftfeuchte von 75,5 %.

Diese Luftfeuchte kann leicht in jedem Haushalt selbst hergestellt werden. Hierzu muß man lediglich wissen, daß sich über einer gesättigten Kochsalzlösung (NaCl) eine recht genaue und konstante relative Luftfeuchte von 75,5 % einstellt.

Diese gesättigte Kochsalzlösung erreicht man, indem in ein Wasserglas 100 g Kochsalz sowie 100 ml destilliertes Wasser eingefüllt und gut umgerührt wird. Die genaue Dosierung ist von untergeordneter Bedeutung. Es muß sich lediglich um eine gesättigte Kochsalzlösung handeln. Dies erkennt man daran, daß sich nach einer gewissen Zeit am Boden des Wasserglases eine mehr oder weniger hohe Kochsalzschicht absetzt (bei ungesättigter Kochsalzlösung ist die gesamte Salzmenge gelöst und es wird kein Bodensatz sichtbar).

Nachdem die gesättigte Kochsalzlösung angerührt wurde, deckt man das Wasserglas z. B. mit einer Alufolie möglichst luftdicht ab, wobei zuvor ungefähr in der Mitte der erste Luftfeuchtesensor hindurchgesteckt wurde. Da sich die in Haushaltsfachgeschäften erhältliche Alufolie gut allen möglichen Konturen anpaßt, kann der Feuchtesensor nahezu vollkommen luftdicht gegenüber der Außenwelt abgeschirmt werden. Sowohl die Kochsalzlösung als auch die Umgebungstemperatur sollten zwischen 20°C und 25°C liegen, wobei sich der Temperatursensor in unmittelbarer räumlicher Nähe befindet (z. B. mit einem Gummiring am Glas befestigen).

Nach ca. 2stündiger Wartezeit wird sich der angezeigte Meßwert nicht mehr verändern ($\pm 0,5\%$ sind zulässig).

Jetzt wird mit dem Spindeltrimmer R 9 die Anzeige der relativen Luftfeuchte 1 auf 75,5 % eingestellt.

In gleicher Weise verfährt man anschließend mit dem Feuchtesensor 2 (Trimmer R 17), wobei dann selbstverständlich der Temperatursensor 2 am Wasserglas anzuordnen ist.

Sind diese beiden Einstellungen, die zur Parallelverschiebung der Feuchtesensorkurven dienen, durchgeführt, kann als nächstes die Einstellung des Skalenfaktors, d. h. die Drehung der Kurven bei 0 % relativer Luftfeuchte vorgenommen werden.

Hierzu bedient man sich einer körnigen, bläulichen Substanz, dem Silicagel, die Wasserdampf aus der Luft sehr effektiv bindet. In einem geschlossenen Gefäß (z. B. Wasserglas mit Alufolie abgedeckt) wird dadurch eine nahezu absolut trockene Luft mit einer relativen Luftfeuchte kleiner 0,1 % erzeugt. Auch hierbei sollte die Umgebungstemperatur im Bereich zwischen 20°C und 25°C liegen und der zu dem betreffenden Feuchtesensor gehörende Temperatursensor in räumlicher Nähe angeordnet sein.

Ca. 2 Stunden, nachdem der erste Feuchtesensor zur Messung der relativen Luftfeuchte 1 in dem Luftraum oberhalb des Silicagels eingebracht wurde, kann mit dem Spindeltrimmer R 13 die Anzeige auf einen Wert zwischen 0,1 % und 0,2 % eingestellt werden. Auf 0 % sollte die Anzeige nicht gestellt werden, da dies leicht zu einem Kalibrierfehler führen könnte, weil keine negativen Werte vom System angezeigt werden (eine Fehlkalibrierung von z. B. -5 % würde trotzdem auf der Anzeige „00.0 %“ ergeben).

Die Kalibrierung bei 0 % relativer Luftfeuchte der Feuchtemeßstelle 2 erfolgt mit dem Spindeltrimmer R 21.

Sollte der Einstellbereich von R 13 bzw. R 21 nicht ausreichen, so können die Widerstände R 16 bzw. R 24 auf 22 k Ω oder noch weiter verkleinert werden.

Als Besonderheit wollen wir an dieser Stelle noch darauf hinweisen, daß anders als bei der Einstellung der Temperaturmeßstellen bei den Feuchtemeßstellen zuerst die Kalibrierung bei 75,5 % relativer Luftfeuchte und im Anschluß daran als zweiter Kalibrierpunkt die 0 % Einstellung vorgenommen wird.

Das jedem Feuchtesensorbausatz beigefügte Silicagel ist weitgehend harmlos, sollte allerdings vor Kindern sicher aufbewahrt werden.

Achtung: Das Silicagel ist nur funktionsfähig, wenn es intensiv blau gefärbt ist. Tritt ein Farbton in der Richtung blaß-violett bzw. rosa auf, so muß das Silicagel vor der Messung regeneriert werden. Hierzu wird es im Backofen auf einem Stück Alufolie solange bei ca. 200°C erhitzt, bis die intensive blaue Färbung wieder vorliegt. Im Umluft-Backofen muß das Silicagel allerdings vor Wegfliegen gesichert werden. Nach der Regeneration kann das Silicagel wieder eingesetzt werden, bis erneut die Verfärbung nach violett die Notwendigkeit der Regeneration anzeigt.

Damit ist die Einstellung der Luftfeuchtemeßstelle bereits abgeschlossen.

Nach den von der Universität Oldenburg durchgeführten ca. einjährigen Untersuchungen weisen die hier eingesetzten Luftfeuchtesensoren eine hohe Meßwertreproduzierbarkeit auf, wobei allerdings in den ersten 6 Monaten Alterungserscheinungen auftreten, die im Bereich von einigen Prozenten die Meßwerte verfälschen können. Es empfiehlt sich daher, nach ca. 6 bis 9 Monaten eine Neukalibrierung durchzuführen. Zu diesem Zeitpunkt ist der Alterungsprozeß nahezu vollständig abgeschlossen, so daß nach erfolgter Neukalibrierung die Luftfeuchtesensoren langfristig ihren Dienst tun, ohne daß eine weitere Kalibrierung erforderlich wird. Beim Einsatz in „rauh“ Umgebungsluft sollte aber trotzdem in regelmäßigen Abständen (ca. alle 2 Jahre) zumindest eine Überprüfung vorgenommen werden.

Kalibrierung der Luftdruckmessung

Als erstes wird die Temperaturkompensation des Luftdrucksensors DS 301 des Typs KPY 10 durch Einstellung des Spindeltrimmers R 303 vorgenommen. Hierzu sind mehrere Temperaturzyklen (Kühlschrank – Raumtemperatur) vorzunehmen, wobei R 303 so einzustellen ist, daß sich der Anzeigenwert möglichst wenig (einige wenige Digit) ändert, wenn die Temperatur schwankt.

Bei allen, im Zusammenhang mit der Luftdruckmessung stehenden, Einstellarbeiten dürfen die Trimmer nur in kleinen Stufen verdreht werden, wobei jeweils eine Zeitspanne von mindestens 170 Sekunden aufgrund der Meßwertmittlungsautomatik verstreichen muß.

Im einzelnen geht man wie folgt vor:

Zunächst wird der Drucksensor mit einer kleinen Haube (z. B. Fingerhut, Papphütchen o. ä.) abgedeckt, damit keine direkte Lichteinstrahlung durch den Luftschacht auf das Silizium-Meßplättchen fallen kann. Dies ist für eine genaue Kalibrierung wichtig, da der Sensor in geringem Maße auch lichtempfindlich ist. Wesentlich ist hierbei, daß die Abdeckung keineswegs luftdicht sein darf, da hierdurch durch das verhältnismäßig kleine Sensorvolumen wiederum andere Verfälschungen auftreten können. – Lediglich eine locker aufgestülpte Licht-

schutzabdeckung ist erforderlich. Diese kann später wieder entfernt werden, da nach dem Einbau im Gehäuse ein vollkommen ausreichender Lichtschutz besteht.

Nachdem das Gerät einige Stunden bei Raumtemperatur in Betrieb war, werden folgende Grundeinstellungen für die Luftdruckanzeige vorgenommen:

1. R 303 auf Maximum bringen, d. h. der Mittelschleifer liegt ebenfalls an Pin 7 des OP 301 und der Einfluß des Temperatursensors TS 301 ist damit ausgeschaltet. Dies wird erreicht, indem R 303 im Uhrzeigersinn gedreht wird, bis die Rutschkupplung im Spindeltrimmer anspricht.
2. R 309 auf 0 Ω bringen. Hierzu wird ebenfalls der Spindeltrimmer im Uhrzeigersinn gedreht, bis die Rutschkupplung anspricht.
3. R 310 so einstellen, daß zwischen Schaltungsmasse und Pin 14 des OP 304 eine Spannung von 1,40 V gemessen wird.
4. R 1 so einstellen, daß an Pin 2 des IC 1 eine Spannung von 1,40 V bezogen auf die Schaltungsmasse gemessen wird.
5. R 5 so einstellen, daß an Pin 3 des IC 1 1,00 V bezogen auf die Schaltungsmasse gemessen wird.
Bei korrekter Einstellung und Funktion des Gerätes wird auf der Anzeige jetzt ein Wert von 1012 hPa $\pm$ 10 hPa erscheinen (hPa entspricht mbar).
6. Mit R 310 wird die Anzeige jetzt genau auf 1012 hPa eingestellt.

Voraussetzung für die im folgenden beschriebene Temperaturkompensationseinstellung ist eine stabile Wetterlage in bezug auf den Luftdruck. Dies ist erforderlich, da sich die Einstellarbeiten über viele Stunden hinziehen und nur durchführbar sind, wenn keine wesentlichen, nicht eingeplante Druckschwankungen auftreten. Anhand der Wettervorhersage mit der Bekanntgabe von Hoch- und Tiefdruckgebieten läßt sich gut erkennen, ob stabile Luftdruckverhältnisse vorherrschen. Dies ist immer dann der Fall, wenn sich die Lage von Hoch- oder Tiefdruckgebieten wenig ändert, bzw. wenn der Standort der Wetterstation inmitten eines solchen Gebietes liegt. Doch kommen wir jetzt zur Temperaturkompensation.

7. Nachdem die Anzeige mit R 310 auf 1012 hPa eingestellt wurde, wird die Wetterstation im Kühlschrank, der normalerweise eine Temperatur im Bereich von + 5 Grad aufweist, deponiert. Das Gerät muß auf einer isolierten Unterlage stehen, damit keine Kurzschlüsse auftreten.
8. Nach ca. 2 Stunden wird die Anzeige notiert und das Gerät dem Kühlschrank entnommen, damit es sich wieder auf Raumtemperatur erwärmen kann. Der notierte Wert wird in aller Regel größer sein als 1012 hPa, da der Drucksensor DS 301 einen mehr oder weniger negativen Temperaturkoeffizienten besitzt. Ist der im kalten Zustand angezeigte Wert gleich oder geringfügig kleiner,

ist der Abgleich der Temperaturkompensation an dieser Stelle bereits beendet.

9. Nachdem sich das Gerät ca. 2 Stunden auf Raumtemperatur befunden hat, sollte die Anzeige wieder auf dem unter Punkt 6 eingestellten Wert von 1012 hPa gehen. Aufgrund leicht geänderter Luftdruckverhältnisse kann eine Abweichung von wenigen Digit auftreten. Differenzen von 4 und mehr Digit weisen auf zu große Luftdruckschwankungen hin, oder aber auf unregelmäßige Temperaturschwankungen im Einstellzeitraum. Ab Punkt 6 sind die Vorgänge dann zu wiederholen.
10. Als nächstes wird der Trimmer R 303 entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht, bis die Rutschkupplung anspricht, d. h. der Mittelabgriff von R 303 liegt jetzt an der zu Pin 6 von OP 301 hinweisenden Seite. Dies ist die Stellung der größtmöglichen Temperaturkompensation durch TS 301.
11. Mit R 310 wird die Anzeige wieder auf 1012 hPa eingestellt.
12. Nun ist das Gerät wieder im Kühlschrank zu deponieren.
13. Nach 2 Stunden wird die Anzeige notiert und das Gerät dem Kühlschrank wieder entnommen. Der notierte Wert sollte kleiner als 1012 hPa sein. Ist er gleich oder geringfügig größer, ist die Temperaturkompensation an dieser Stelle beendet.
14. 2 Stunden nachdem sich das Gerät wieder auf Raumtemperatur befunden hat, sollte die Anzeige wie unter Punkt 9 den Wert von 1012 hPa annehmen. Auch hier kann durch geänderte Luftdruckverhältnisse eine Abweichung von wenigen Digit auftreten, die bei einer Differenz von 4 oder mehr Digit auf unzulässig hohe Luftdruck- oder Temperaturschwankungen im Kalibrierzeitraum hinweisen. Ab Punkt 10 sind die Vorgänge dann zu wiederholen.
15. Aus den Differenzwerten zwischen Punkt 6 und 8 (geringstmögliche Temperaturkompensation) sowie zwischen Punkt 11 und 13 (größtmögliche Temperaturkompensation) läßt sich jetzt ein Eindruck gewinnen, welche Stellung der zur Temperaturkompensation dienende Trimmer R 303 einnehmen muß. Sind die beiden Differenzen 6/8 zu 11/13 ungefähr gleich groß, so wird der Trimmer R 303 ungefähr in Mittelstellung gebracht. Ist die Differenz 6/8 größer als die Differenz 11/13, ist R 303 von der Mittelstellung aus gesehen einige Umdrehungen weiter entgegen dem Uhrzeigersinn zu positionieren. Andererseits muß, ebenfalls von der Mittelstellung aus gesehen, der Trimmer R 303 einige Umdrehungen im Uhrzeigersinn bewegt werden, sofern die Differenz 6/8 kleiner ist als die Differenz 11/13. Die Stellung des roten Schleifers des Spindeltrimmers R 303 läßt sich durch das matte Trimmergehäuse gut erkennen. Die so gewonnene Grobeinstellung von R 303 kann, wie im folgenden beschrieben, weiter optimiert werden.

16. Mit R 310 wird die Anzeige jetzt wieder auf 1012 hPa eingestellt.
17. Das Gerät wird erneut im Kühlschrank deponiert.
18. Nach 2 Stunden ist die Anzeige zu notieren und das Gerät dem Kühlschrank zu entnehmen. Trat keine oder nur eine geringe Anzeigenveränderung auf (± 2 Digit), ist die Temperaturkompensation damit beendet. Bei größeren Abweichungen ist eine Fortführung der Kalibrierung notwendig.
19. Nachdem das Gerät nach rund 2 Stunden Raumtemperatur angenommen hat, müßte sich die Anzeige wieder auf 1012 hPa einstellen. Aufgrund schwankender Temperatur- bzw. Luftdruckverhältnisse können Abweichungen auftreten, die in diesem Stadium bei mehr als ± 2 Digit die Einstellarbeiten ab Punkt 16 erneut erforderlich machen.
20. War der unter Punkt 18 notierte Wert größer als 1012 hPa, so ist R 303 um ca. eine Umdrehung entgegen dem Uhrzeigersinn zu drehen. Bei kleinerem Wert von Punkt 18 (zu 1012 hPa bei Punkt 16) ist R 303 ca. eine Umdrehung im Uhrzeigersinn zu bewegen.
21. Die unter Punkt 16 bis 20 beschriebenen Vorgänge sind so oft zu wiederholen, bis die Abweichungen zwischen Punkt 16 und 18 maximal 2 Digit bei konstanten Luftdruck- und homogenen Temperaturverhältnissen betragen. Gegebenenfalls kann R 303 auch in etwas größeren und zum Schluß in etwas kleineren Stufen (z. B. eine Viertelumdrehung) bewegt werden. Zwar ist die Temperaturkompensation etwas zeitaufwendig, jedoch trägt sie wesentlich zur späteren hochpräzisen Luftdruckmessung bei.
22. Zum Abschluß der Einstellarbeiten der Temperaturkompensation wird mit dem Spindeltrimmer R 310 an Pin 14 des OP 304 (bezogen auf die Schaltungsmasse) eine Spannung von 1,400 V eingestellt. Hierzu sollte sich die Wetterstation auf einem Luftdruckniveau befinden, das ungefähr in der Mitte des späteren Betriebsluftdruckes liegt. Sofern man sich gerade in einem Sturmtief oder einer extremen Hochdruckwetterlage befindet, müßte die Einstellung ggf. verschoben werden und auf eine einigermaßen ausgeglichene Luftdrucklage gewartet werden. Dieser Punkt ist jedoch von untergeordneter Bedeutung, lediglich extreme Luftdruckverhältnisse sollten bei dieser Einstellung nicht herrschen.

Auf den Abgleich der Temperaturkompensation kann ggf. verzichtet werden, wenn das Gerät kontinuierlich bei wenig schwankender Raumtemperatur betrieben wird. R 303 ist dann ungefähr in Mittelstellung zu bringen.

Nach erfolgter Temperaturkompensation mit Hilfe des Spindeltrimmers R 303 kommen wir nun zur Kalibrierung des Skalenfaktors.

Hierzu ist es erforderlich, den genauen Wert des gerade herrschenden Luftdrucks

zu kennen, den man z. B. regelmäßig aus dem Radio erfährt. Außerdem ist die Kenntnis der Höhe, in der sich das Gerät befindet, erforderlich. Ist dieser Wert nicht bekannt, so kann er sicherlich bei den örtlichen Behörden erfragt werden.

Nachdem der Spindeltrimmer R 310, wie unter Punkt 22 beschrieben, eingestellt wurde und R 309 (Höhenkorrektur) immer noch die Stellung unter Punkt 2 einnimmt, ist die weitere Vorgehensweise wie folgt:

Zunächst wird die Offset-Einstellung des Luftdruckmessers mit dem Spindeltrimmer R 1 vorgenommen.

Hierzu wird dem Drucksensor ein Luftdruck von exakt 1050 hPa angeboten. Dieser Druck ist deshalb gewählt worden, da er über dem normalerweise tatsächlich auftretenden größtmöglichen Luftdruck liegt. Erzeugt wird dieser Luftdruck wie folgt: Entsprechend der Skizze in Bild 29 wird auf den Luftdrucksensor ein ca. 3 m langer durchsichtiger Kunststoffschlauch aufgesetzt, an dessen anderem Ende sich ein Trichter befindet. In den Trichter wird Wasser gefüllt. An der Seite, an der sich der Schlauch auf dem Drucksensor befindet, wird er mit Daumen und Zeigefinger fest zusammengedrückt, nochmals kurz vom Luftdrucksensor abgezogen und vorsichtig etwas geöffnet, bis der Schlauch auf einer Länge von ca. 2 m mit Wasser gefüllt ist. Jetzt stülpt man den Kunststoffschlauch wieder auf den Drucksensor, wobei man sorgfältig darauf achtet, daß auf gar keinen Fall das Wasser bis zum Luftdrucksensor gelangen kann. Durch Anheben bzw. Absenken des Trichters kann man nun die Wasserpegeldifferenz entsprechend Bild 29 kontinuierlich variieren. Auf diese Weise kann zum tatsächlich vorherrschenden barometrischen Luftdruck ein weiterer zusätzlicher Luftdruck addiert werden.

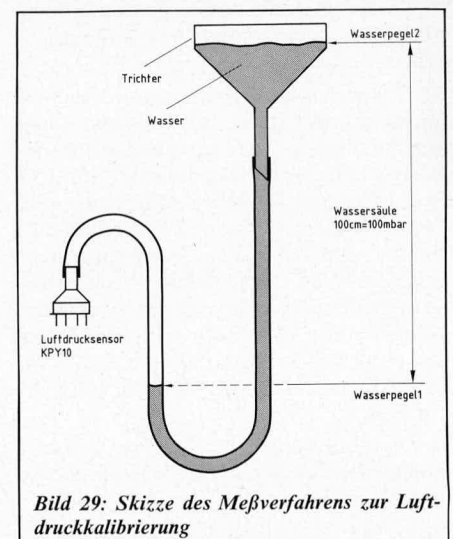


Bild 29: Skizze des Meßverfahrens zur Luftdruckkalibrierung

Hierzu muß man wissen, daß eine Wassersäule von 100 cm einem Luftdruck von 100 hPa entspricht (50 cm also 50 hPa). Maßgebend ist ausschließlich die Höhendifferenz der beiden Wasserspiegel und nicht die Gesamtlänge des Wassers im Kunststoffschlauch.

Wird zum Beispiel vom Wetteramt ein Luftdruck von 1010 hPa angegeben, müssen noch zum Erreichen von 1050 hPa (für

den ersten Kalibrierpunkt) 40 hPa Druck hinzuaddiert werden. Dies entspricht einer Wasserpegeldifferenz entsprechend Bild 29 von exakt 40 cm. Der Trichter wird also so hoch gehalten (z. B. von einer zweiten Person), daß zwischen den beiden Wasserpegeln eine Höhendifferenz von 40 cm auftritt. Der Drucksensor hat demzufolge einen Meßdruck von 1050 hPa zu verarbeiten.

Mit dem Spindeltrimmer R 1 wird nun auf der Anzeige ein Wert von 1050 hPa eingestellt.

Ist diese Einstellung erfolgt, wird der Trichter jetzt genau 1 Meter höher, d. h. für den vorliegenden Fall auf 140 cm Wasserpegeldifferenz angehoben. Dies entspricht jetzt einem Meßdruck von 1150 hPa.

Mit dem Spindeltrimmer R 5 wird die Luftdruckanzeige auf 1150 eingestellt.

Zu Kontrollzwecken kann der Trichter nochmals auf die erste Höhendifferenz (hier 40 cm) abgesenkt und die Einstellung von R 1 überprüft werden, um anschließend nochmals angehoben zu werden und die Einstellung von R 5 zu kontrollieren.

Bei vorstehend beschriebener Kalibrierung sind wir davon ausgegangen, daß der als erstes zugrunde gelegte, vom Wetteramt erfasene Luftdruckwert (hier 1010 hPa) auch tatsächlich am Ort der Kalibrierung vorherrschte. Da im allgemeinen die Angaben auf Meereshöhe bezogen sind, gilt diese Vorgehensweise also nur, wenn sich das Gerät auf NN (Normalnull entsprechend 0 Meter) befindet.

Liegt der Ort des Geschehens jedoch höher, so kann man auf einfache Weise den dort vorherrschenden Luftdruck selbst berechnen. Der Luftdruck ändert sich bis zu einer Höhe von 2000 Metern mit hinreichender Genauigkeit näherungsweise linear, d. h. er nimmt bei einer Höhenzunahme von 833 m um 100 hPa ab.

Befindet sich der Ort des Geschehens also nicht in Meereshöhe, so kann der tatsächliche Luftdruck nach folgender Formel berechnet werden:

$$P_1 = P_{NN} - \frac{h}{833 \text{ m}} \cdot 100 \text{ hPa}$$

Hierin bedeuten:

P_1 : tatsächlicher Luftdruck am Ort des Geschehens (Kalibrierort)

P_{NN} : vom Wetteramt bekanntgegebener Luftdruck in Meereshöhe (Normalnull)

h : Höhe des Kalibrierortes über Meereshöhe. Befindet sich der Standort auf unser Beispiel bezogen in einer Höhe von 416 Metern, so beträgt der Luftdruck nicht, wie ursprünglich angenommen, 1010 hPa, sondern lediglich 1010 hPa minus 50 hPa gleich 960 hPa.

Um auf den für den ersten Kalibrierpunkt erforderlichen Druck von 1050 hPa zu kommen, müssen somit 90 hPa zusätzlicher Druck erzeugt werden, d. h. die Wasserpegeldifferenz muß 90 cm betragen.

Da für den zweiten Kalibrierpunkt 1150 hPa Luftdruck erforderlich sind, ergibt sich für den zusätzlich erforderlichen Luftdruck

von 100 hPa eine Gesamtwasserpegeldifferenz von 90 cm + 100 cm = 190 cm, d. h. daß zu den vorherrschenden 960 hPa 190 hPa (entsprechend 190 cm Wassersäule) hinzugegeben werden.

Nach abgeschlossener Kalibrierung weist die Anzeige jetzt den tatsächlichen, am Aufstellort vorherrschenden Luftdruck aus.

Möchte man jedoch nicht den am Aufstellort herrschenden Luftdruck angezeigt bekommen, sondern den auf Meereshöhe bezogenen Luftdruck, so dient hierfür der Spindeltrimmer R 309, mit dem die Höhendifferenz individuell ausgeglichen werden kann. Als letzter Einstellschritt kann mit R 309 die Anzeige auf den Ausgangswert (hier 1010 hPa) gebracht werden, d. h. es wird mit R 309 derjenige Luftdruckwert eingestellt, den das Wetteramt als Luftdruckwert bezogen auf Meereshöhe (Normalnull) angesagt hat.

Durch die Einstellung von R 309 wird die Kalibrierung der Wetterstation nicht verändert, so daß jederzeit dieser Spindeltrimmer wieder bis zum Linksanschlag (entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht) gebracht werden kann. Die Wetterstation zeigt dann wieder den tatsächlichen, am Ort des Geschehens herrschenden Luftdruck an.

Zwar ist die Kalibrierung dieses Luftdruckmessers verhältnismäßig aufwendig, jedoch kann sie mit einfachen Mitteln durchgeführt werden, wobei man eine hohe Genauigkeit erreichen kann.

Kalibrierung der Sonnenscheindauer

Die Meßschaltung zur Registrierung der Hell-/Dunkelphasen sowie zur Messung der Sonnenscheindauer erfordert im allgemeinen keine Kalibrierung.

Durch Anschluß eines Spannungsmessers an die Punkte „c“ und „b“ (Teilschaltbild 8) kann man die korrekten Schaltpunkte überprüfen. Hierzu dunkelt man den Fotowiderstand PW 601 des Typs LDR 05 ab, um ihn anschließend gemäßigter Helligkeit (entsprechend Morgendämmerung) auszusetzen. Im abgedunkelten Zustand liegt am Platinenanschlußpunkt „b“ eine Spannung von ca. 7 V an, während bei ausreichender Helligkeit der Spannungswert auf ca. 0 V abfällt. Der tatsächliche Umschaltpunkt spielt hierbei eine untergeordnete Rolle. Wichtig ist lediglich, daß zum Beispiel bei auftretendem Gewitter nicht versehentlich „Nacht“ registriert wird.

Setzt man den Fotowiderstand PW 601 direkt der Sonnenbestrahlung aus, so muß die Spannung am Platinenanschlußpunkt „c“ von ca. 0 V auf ca. + 7 V ansteigen. Hierbei ist es wichtig, daß bei mittlerer Helligkeit der Spannungswert noch auf ca. 0 V bleibt und erst bei direkter Sonneneinstrahlung bzw. einer vergleichbaren großen Helligkeit der Wert auf ca. 7 V springt.

Durch Vergrößern des Widerstandes R 604 wird der Schaltvorgang bereits bei etwas geringerer Helligkeit und durch Verkleinern von R 604 bei erhöhter Helligkeit durchgeführt.

Wie bereits unter „Zum Nachbau“ ausführlich erläutert, sollte (falls überhaupt) die Schaltung erst nach einer längeren Be-

triebsdauer vergossen werden, um ein geringfügiges Altern der Bauelemente abzuwarten.

Kalibrierung der Windmeßaufnehmer

Eine Kalibrierung des Windgeschwindigkeitsmessers ist nicht erforderlich, da der Meßwertaufnehmer eine systembedingte Konstante besitzt, die der quarzgenau arbeitende zentrale Mikroprozessor per Software exakt kennt und entsprechend auswertet. Die Anzeige erfolgt daher ohne Kalibrierung im Bereich zwischen 1,5 m/s und ca. 55 m/s, entsprechend 5,6 km/h bzw. 200 km/h mit einer Genauigkeit von typ. $\pm (0,5 \text{ m/s} + 0,8 \%)$ (!).

Die Ermittlung der Windgeschwindigkeitsanzeige erfolgt innerhalb von 34 s in jeder 2. s, d. h., 17mal für 1 s, entsprechend einer Gesamtmeßzeit von 17 s. Anschließend wird vom Prozessor der so gewonnene Wert normiert und auf den entsprechenden Anzeigewert umgesetzt. Es findet also eine Meßwertmittelung über 34 s statt. Dies ist zur Erzielung einer aussagefähigen und kontinuierlichen Anzeige der Windgeschwindigkeit sinnvoll.

Die Windrichtung wird mit einer Auflösung von 10° und einer Genauigkeit von besser als 5° ausgewertet. Zur Einstellung wird die Pfeilspitze der Wetterfahne genau anhand eines Kompasses nach Norden ausgerichtet. Anschließend wird das Gehäuseunterteil dieses Aufnehmers auf dem Vierkant-Edelstahl-Trägerrohr soweit verdreht, bis die Basisstation einen Wert von 0° anzeigt. Die Zuordnung der einzelnen Bauelemente innerhalb des Windrichtungs-Meßwertaufnehmers (zum Beispiel Positionierung der Rasterscheibe usw.) spielt hierbei keine Rolle mehr.

Wurde das Vierkant-Edelstahl-Trägerrohr bereits vergossen und ein Drehen des Aufnehmergehäuseunterteils ist nicht mehr möglich, so muß die gesamte Anordnung, d. h. einschließlich des Vierkant-Edelstahl-Trägerrohrs am Mast gedreht werden, bis auf der Anzeige der Basisstation 0°, entsprechend Norden erscheint (Spitze der Windfahne weist hierbei genau nach Norden).

Abschließend sei noch erwähnt, daß bei kurzzeitigen Spannungseinbrüchen bzw. extremen Versorgungsspannungsstörungen der zentrale CMOS-Single-Chip-Mikroprozessor „aussteigen“ kann. Dies zeigt sich dadurch, daß die Elektronik-Wetterstation WS 1000 keine sinnvollen Anzeigergebnisse mehr liefert und nicht mehr auf Tastenbetätigungen reagiert. In diesem Falle ist die Stromversorgung für ca. 10 s zu unterbrechen und die Station neu zu starten, so als wäre sie das erste Mal eingeschaltet. Hierdurch erfolgt ein genereller Reset, und das Gerät arbeitet wieder einwandfrei. Durch die hohe Betriebszuverlässigkeit und das im allgemeinen stabile Versorgungsspannungsnetz treten solche Extremfälle im allgemeinen jedoch nicht auf – es sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Damit ist auch der Abgleich dieses Schaltungsteils beendet und dem Einsatz der Elektronik-Wetterstation WS 1000 steht nichts mehr im Wege.