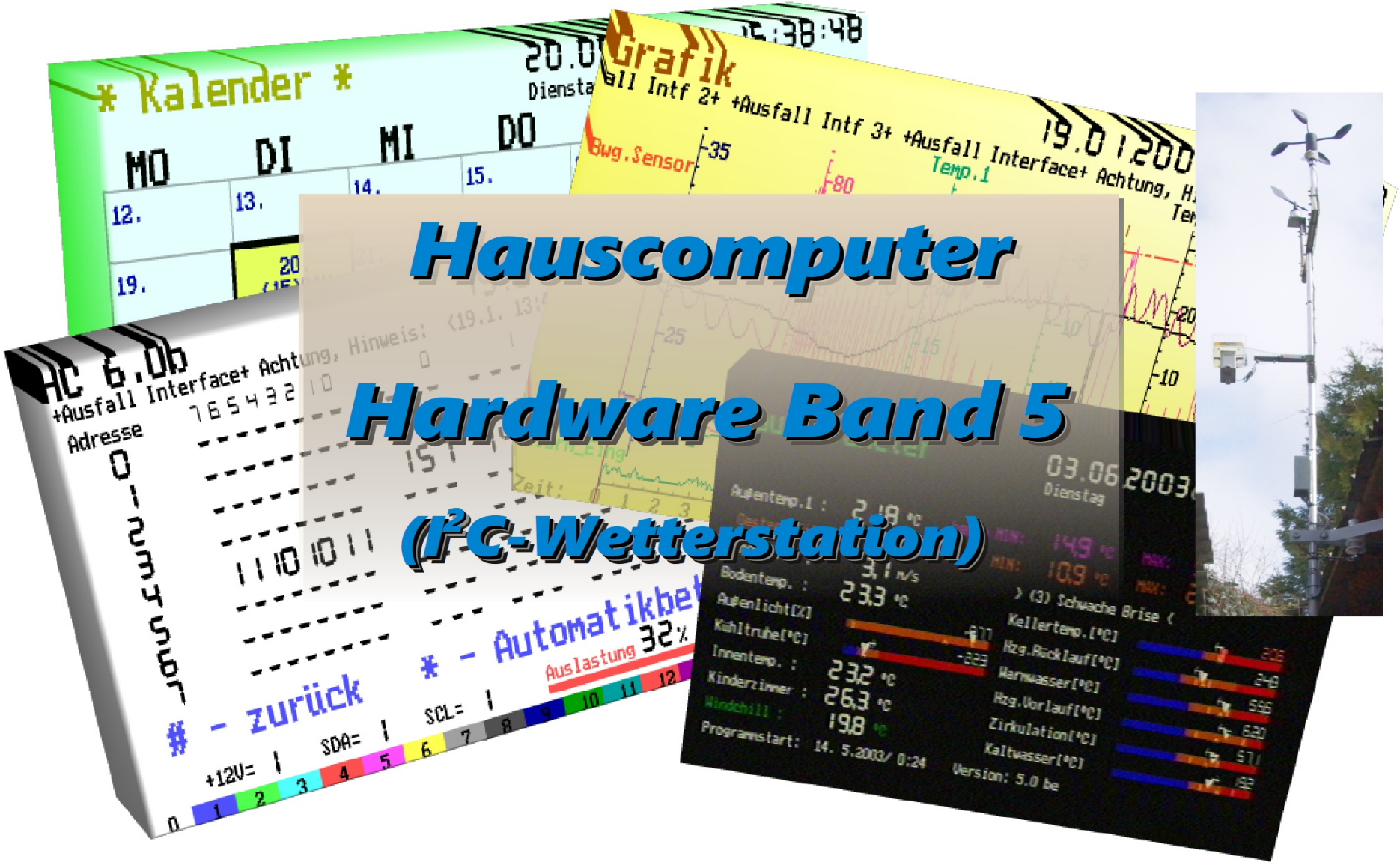



# Hauscomputer

# Hardware Band 5

## (I²C-Wetterstation)

**Autor: Dipl. Ing. Uwe Behrndt ubehrndt@web.de**

# Inhaltsverzeichnis


1. Der Außensensor als „besonderer“ Raumsensor....3
2. Die Basisbaugruppe....4
3. Messung von Temperatur und relativer Luftfeuchte....6
4. Ermittlung von Sättigungsdampfdruck, absoluter Luftfeuchte und Taupunkt....7
5. Regenmengensensor auf der Basis des Regensensors WH-SP-RG....8
6. Windgeschwindigkeitsmessung/Anemometer....12
   6.1. Der Windchill....14
7. Digitale Windrichtungsmessung mit AS5600....15
8. Analoger Messeingang (Windrichtung oder Helligkeit oder Universaleingang)....16
   8.1. Analoge Messung der Windrichtung (Variante mit Reedkontakten)....16
   8.2. Analoge Messung der Windrichtung (Sensor mit Spannungsausgang)....17
   8.3. Analoge Messung der Helligkeit....18
   8.4. Universeller Spannungsmesseingang....18
9. Funktionstest aller Sensoren....19
10. Mechanische Gestaltung des Wettermastes....21
11. Langzeit-Datenauswertung....22
12. Bauteilliste und Bestellmöglichkeiten (ohne Wettermast)....23


**weitere Dokumentation:**

**Hauscomputer Hardware Band 0 (Allgemeines, Interfaces mit ATtiny 26)**
**Hauscomputer Hardware Band 1 (Hausbus, Interfaces, Bussensoren)**
**Hauscomputer Hardware Band 2 (Sensoren, Schaltmodule)**
**Hauscomputer Hardware Band 3 (praktische Anwendungen)**
**Hauscomputer Hardware Band 4 (kombinierte Heizungssteuerung)**
**Programmhandbuch Hauscomp.exe**
**Hauscomputer und Linux**
**Spec_Multisensor_ATtiny461A.pdf (Beschreibung Firmware Raumsensoren)**

Die jeweils aktuelle Version ist verfügbar unter www.hauscomputer.de/

## *1. Der Außensensor als „besonderer“ Raumsensor*

Im Projekt „Hauscomputer“ sind bis zu 16 Baugruppen der Multisensor-Plattform als Raumsensoren mit unterschiedlicher Bestückung anschließbar. Alle Baugruppen kommunizieren über den 4-adrigen Hausbus, der zugleich die 12V Stromversorgung aller Komponenten bereitstellt. Die letzte Subadresse 15 ist dabei in der Firmware der Plattform besonders gestaltet. Bei dieser Adresse werden die angeschlossenen Sensoren etwas anders behandelt und das verlängerte Datentelegramm (ab Firmware M1.2) erlaubt noch mehr einzelne Sensoren abzufragen als beim Einsatz in Innenräumen. Das Ganze dient einer möglichst umfassenden Ermittlung von Parametern im Freien, also das, was man üblicherweise von einer Wetterstation erwartet. Da die Dokumentation etwas umfangreicher geriet, wird der Wetterstation dieser eigene Hardware-Band gewidmet. Die Software arbeitet mit dem Beispiel 6.12 (/DVD/Beispiel 6.12) und der hauscomp.exe ab Version 6.0.53 zusammen.

Folgende Möglichkeiten der automatischen Datenbereitstellung gibt es:

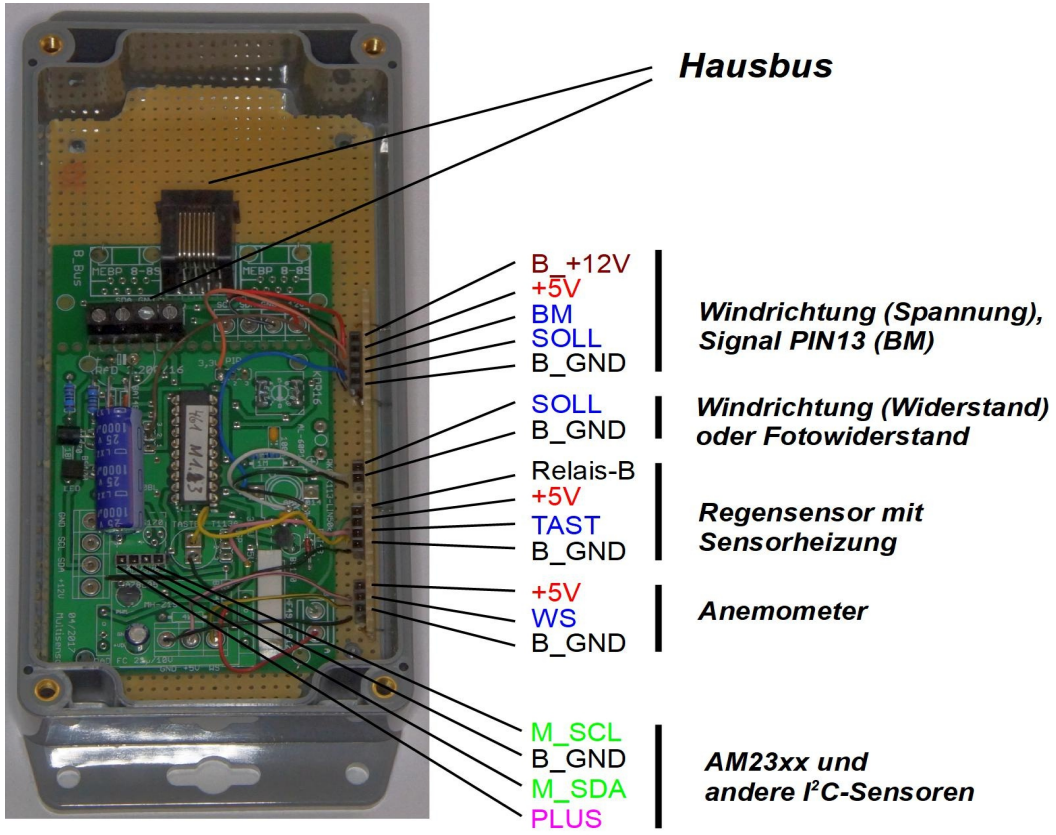
| ***Physikalischer Parameter*** | ***Messbereich*** | ***Auflösung und Genauigkeit*** | ***Bemerkungen*** |
|---|---|---|---|
| Lufttemperatur | -40 … +80 °C | 0,1 °C, Genauigkeit: ± 0.7 °C | AM2322, SHT30, SHT35 |
| Relative Luftfeuchte | 0 … 99,9 % | 0,1 %, Genauigkeit: ±3 % | AM2322, SHT30, SHT35 |
| Absolute Luftfeuchte | 0 … 100 % | 0,1 %, Genauigkeit: ±5 % | Berechnung im Programm Hauscomp.exe |
| Taupunkt | 0 … +80 °C | 0,1 °C, Genauigkeit: ± 2.0 °C | Berechnung im Programm Hauscomp.exe |
| Windgeschwindigkeit (Impulsmessung) | 0 … 42 Hz | 0,2 Hz, Genauigkeit ±10 % | |
| Windrichtung analog* | 0 … 360° | 22,5°/2,5°, Windrose: 8 Sektoren | Windrichtungsmesser mit Reedkontakten/Spannungsausgang |
| Windrichtung digital* | 0 … 360° | 1,4°, Windrose: 8 Sektoren | digitaler Windrichtungsmesser mit AS5600 |
| Regenmenge/Niederschlagsmenge* | Impulsmessung | max. 84 l/m²min, Auflösung 0,353 l/m² | Jaimenalin WH-SP-RG Regenmesser |
| Regen letzte 30 min* | 0 … 2520 l/m² | | |
| Tagesniederschlag* | 0 … 120000 l/m² | | |
| Regenmenge gesamt* | unbegrenzt | | |
| | | | |

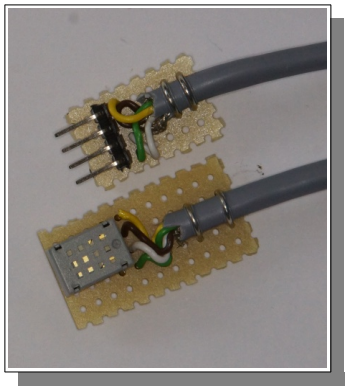
* Berechnung im Programm Hauscomp.exe (ab Version 6.0.53), Bereitstellung der Daten in der SPS

Für den Aufbau einer Wetterstation benötigt man neben dem zentralen Hauscomputer die Basisbaugruppe (Firmware M1.2.ff.) und natürlich entsprechende Sensoren, die im Freien an einem günstigen Platz angebracht werden. Die Abfrage aller Sensoren erfolgt dann vollautomatisch, ergänzend auch mit automatisch erzeugten Diagrammen. Zusätzlich ermittelt das Programm noch weitere Parameter, wie Beaufort, gefühlte Temperatur (Windchill) und steuert eine Enteisungs-Heizung für den Regensensor.

## 2. Die Basisbaugruppe

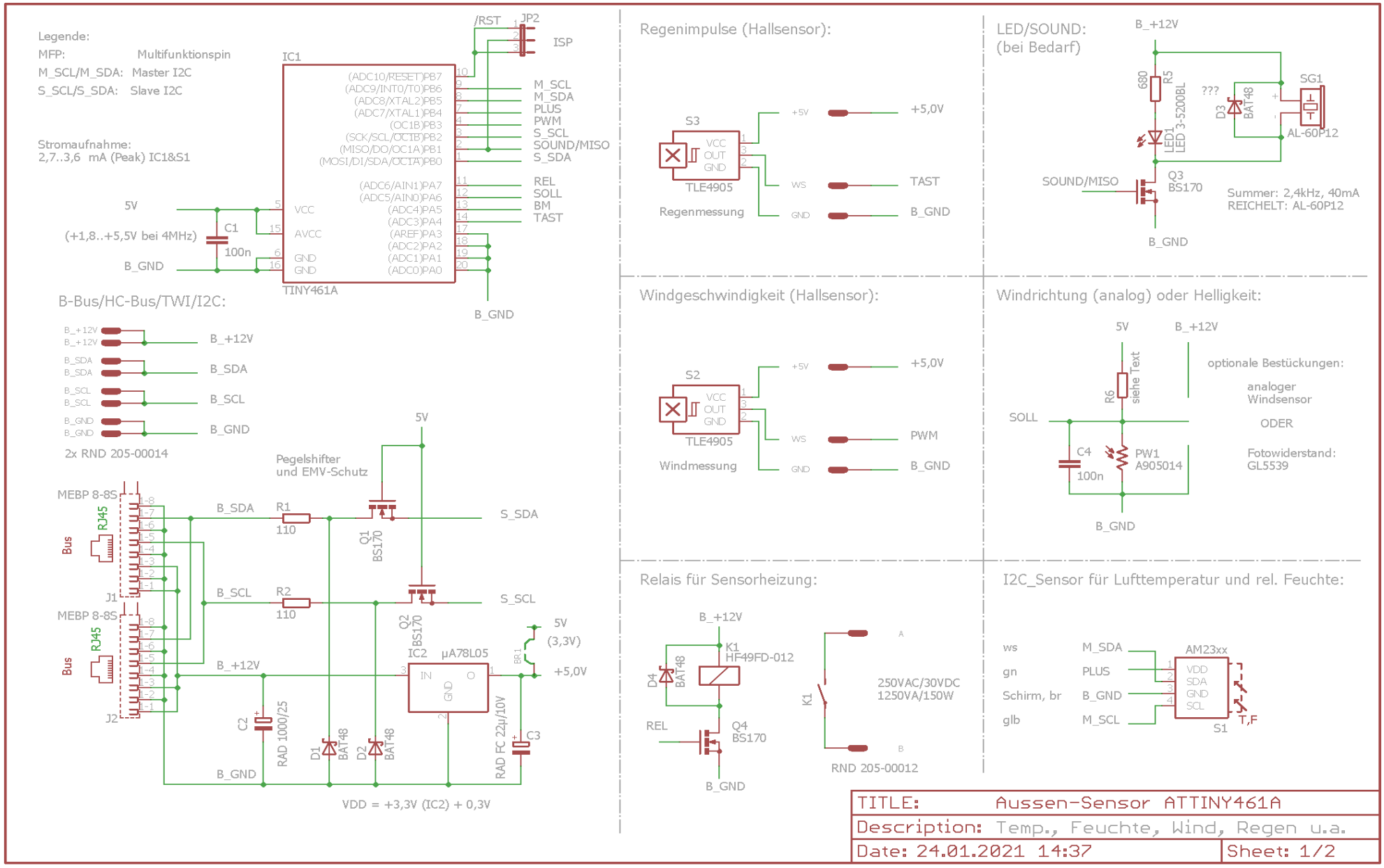
Grundlage der Basisbaugruppe ist die Multisensor-Plattform mit einem ATtiny461A in einem wetterfesten Gehäuse. Die Elektronik nutzt die Leiterplatte der üblichen Raumsensoren ergänzt um eine Träger-Lochrasterplatte für den Anschluss der externen Sensoren. Nur wenige Bauteile müssen lt. Schaltplan (nächste Seite) bestückt werden. Der Kodierschalter wird durch Drahtbrücken ersetzt. Bauteile für die LED/Soundansteuerung sind nur bei Bedarf notwendig, für R6 wird ein 1M Widerstand bestückt. C4 wird anstelle des Potis auf der Leiterplatte eingelötet, der AM2322 oder SHT3x wird per steckbarem Kabel an eine 4 polige Buchsenleiste angeschlossen. Man kann den Temperatursensor natürlich auch direkt auf der Leiterplatte anbringen aber im vor Feuchtigkeit geschützten Gehäuse wären die Messwerte nicht genau genug. Nun wird die Lochraster-Trägerplatine vorbereitet. Hier mag jeder seine Buchsen-Varianten für den Anschluss der Außensensoren anbringen. Ich habe mich für einfache Buchsenleisten entschieden, da sie preiswert und platzsparend sind und ausreichenden Kontakt geben. Vertikal steckbare Western-Buchsen wären auch eine sehr elegante Möglichkeit – z.B. Molex 95503-2661. Das gewählte Gehäuse wäre dann aber zu klein.



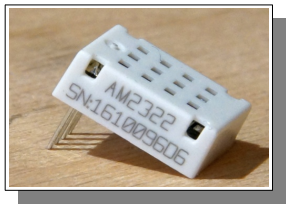



Als Anschlussleitungen empfehle ich mehradrige Steuerleitungen mit einer Gesamtabschirmung – sie lassen sich gut auf einem Stück Lochrasterplatte und mit Zugentlastung mittels ein paar Drahtstückchen auflöten, ohne das die innen liegenden Adern beim Löten thermisch beschädigt werden. (Bild rechts). Mehrere Buchsenleisten für die verschiedenen Sensoren werden nun aufgelötet und mit den entsprechenden Anschlüssen auf der Raumsensorplatine verbunden (linkes Bild). Ganz rechts an der Seite habe ich noch eine 15 mm hohe Lochraster-Leiste angebracht. Sie verhindert zuverlässig, dass man die Stecker aus Versehen mal verkehrt herum aufsteckt. Alle Kabel werden letztlich aus einem Schlitz an der Unterseite herausgeführt (im Bild noch ohne Schlitz).

Zum Thema R6. Wird an den analogen Eingang ein niederohmiger Widerstandssensor mit Pull-Up Widerstand (< 6 kOhm) angeschlossen, so stört der bereits eingelötete R6 (1 M Widerstand) – zusätzlich zum Pull-Up Widerstand des Sensors – praktisch nicht. Er erleichtert aber später die Nachrüstung eines Helligkeits- oder IR-Sensors. Der Messfehler beträgt dabei nur exakt ein Kodewert.


Legende:
MFP: Multifunktionspin
M_SCL/M_SDA: Master I2C
S_SCL/S_SDA: Slave I2C
Stromaufnahme:
2,7..3,6 mA (Peak) IC1&S1
IC1
TINY461A
/RST
JP2
ISP
M_SCL
M_SDA
PLUS
PWM
S_SCL
SOUND/MISO
S_SDA
REL
SOLL
BM
TAST
B_GND
5V
(+1,8..+5,5V bei 4MHz)
C1
100n
B-Bus/HC-Bus/TWI/I2C:
B_+12V
B_SDA
B_SCL
2x RND 205-00014
Pegelshifter
und EMV-Schutz
MEBP 8-8S
RJ45
Bus
J1
J2
R1
110
R2
Q1
BS170
Q2
IC2
µA78L05
(3,3V)
+5,0V
C2
RAD 1000/25
D1
BAT48
D2
C3
RAD FC 22µ/10V
VDD = +3,3V (IC2) + 0,3V
Regenimpulse (Hallsensor):
S3
TLE4905
Regenmessung
+5,0V
TAST
Windgeschwindigkeit (Hallsensor):
S2
Windmessung
PWM
LED/SOUND:
(bei Bedarf)
680
R5
LED1
LED 3-5200BL
???
D3
SG1
AL-60P12
Q3
BS170
Summer: 2,4kHz, 40mA
REICHELT: AL-60P12
Windrichtung (analog) oder Helligkeit:
R6
siehe Text
SOLL
C4
100n
PW1
A905014
optionale Bestückungen:
analoger
Windsensor
ODER
Fotowiderstand:
GL5539
Relais für Sensorheizung:
K1
HF49FD-012
Q4
REL
250VAC/30VDC
1250VA/150W
RND 205-00012
I2C_Sensor für Lufttemperatur und rel. Feuchte:
ws
gn
Schirm, br
glb
AM23xx
VDD
SDA
GND
SCL
S1
T,F
TITLE: Aussen-Sensor ATTINY461A
Description: Temp., Feuchte, Wind, Regen u.a.
Date: 24.01.2021 14:37
Sheet: 1/2

## 3. Messung von Temperatur und relativer Luftfeuchte




Als Sensor kommt der bewährte AM2322 von AOSONG zum Einsatz. Die Parameter sind hinreichend genau und der Sensor versieht in Zusammenarbeit mit der Firmware der Basisbaugruppe klaglos seinen Dienst. Per 4 poligem Kabel wird der Sensor so in einem wetterfesten Gehäuse untergebracht, dass kein Spitzwasser den Sensor erreicht und direkte Sonnenstrahlung nicht zu einer Temperaturverfälschung führt. Die umgebene Luft sollte frei durch das Gehäuse wehen können.

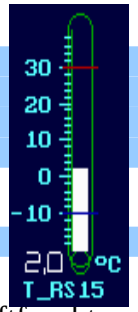
Die Übergabe der Messwerte an den Hauscomputer erfolgt per Scriptbefehle entweder direkt zur Anzeige …

```
text=  119  0  47  15  1          Temperatur:
Anzeige=  119  25  9  15  135  40  2  1    0   40  1  /°C
Anzeige=  119  25  9  15  135  50  2  1   32  104  2  /°F
Anzeige=  119  25  9  15  135  60  2  1  273  313  3  /Kelvin
```




… oder aber über die SPS zur weiteren Verarbeitung:

```
z=736 105 T_RS15       15  1                / RS15: Temperatur °C
z=737 105 Frel_RS15    15  4                / RS15: relative Feuchte %
z=739 105 TP_RS15      15  11               / RS15: aktueller Taupunkt °C
z=740 -69 T<0°C        °C 736  0 30         / Temperatur<0°C für mind. 30s
```




Die Thermometer-Anzeige nutzt den SPS-Modul 736:

```
Anzeige=  119   7  8  736  340  333  0  11  -10  +30  15          / Thermometer
```

Da der AM2322 auch eine eingebaute Heizung hat, verschwindet eventuelles Kondensat nach kurzer Zeit wieder von selbst (wichtig für die Feuchtemessung). Allerdings ist die Lebensdauer bei 100 % Luftfeuchte begrenzt, daher sollte eher ein SHT35 zum Einsatz kommen (wird ab Firmware M2.0 unterstützt).

Bei der eigenen praktischen Umsetzung des Sensors im Außenbereich stößt man schnell auf Grenzen:

- bei Wind und Regen keine direkte Feuchtigkeit auf den Sensor,
- keine direkte Sonnen- und UV-Strahlung,
- Schutz vor Insekten und anderen Tieren,
- Anbringung des Sensors in 2 m Höhe (Standard bei Temperaturmessungen).

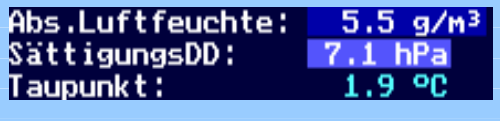


Meine Anregung zu diesem Thema sind: Silikonschlauch (Außendurchmesser 32 mm), ein Stück Kunstoffrohr (20 mm) und 4 Fläschchen Kalinka-Kefir ;-) → Bild rechts. Diese Teile werden mit Silikondichtmasse im unteren Teil verklebt. Ein paar Bohrungen in jeder „Etage“ erlauben den ungehinderten Luftzugang (Die Bohrungen vor dem Zusammenbau bohren!). Ein Drahtnetz schützt vor Insekten, Schellen anbringen, Deckel drauf, fertig.

## 4. Ermittlung von Sättigungsdampfdruck, absoluter Luftfeuchte und Taupunkt

Die Bestimmung der absoluten Luftfeuchte, sowie des Taupunktes erfolgt über die Berechnung des Sättigungsdampfdrucks aus der Temperatur und der relativen Luftfeuchte. Das Programm hauscomp.exe verfügt intern über einen automatischen Algorithmus. So reichen folgende Zeilen für die Anzeige:

```
text=     119   0   97  15  1    Abs.Luftfeuchte:
text=     119   0  107  15  1    SättigungsDD:
text=     119   0  117  15  1    Taupunkt:
Anzeige=  119  25   9  15  135   90   1  1   1  30   5 /Absolute Feuchte
Anzeige=  119  25   9  15  135  100   2  1  20  80  10 /Sättigungsdampfdruck
Anzeige=  119  25   9  15  135  110  27  1  -1  40  11 /Taupunkt
```

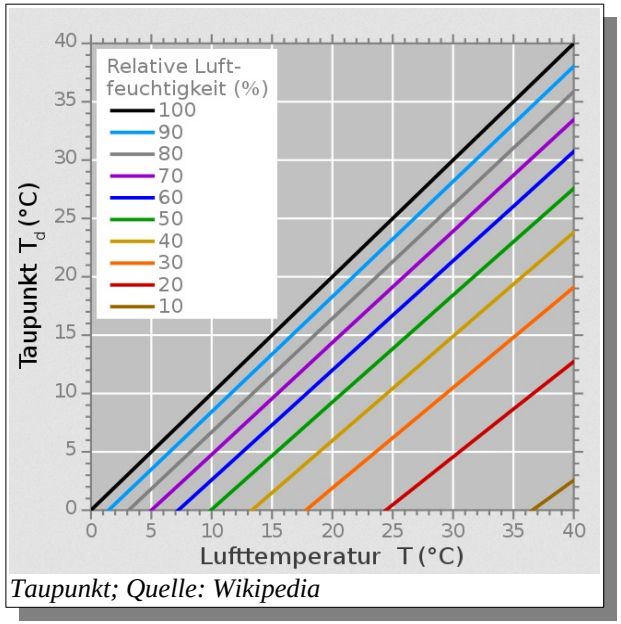



Man kann die Parameter aber natürlich auch in die SPS laden:

```
z=738 105 Fabs_RS15    15  5                  / RS15: absolute Feuchte g/m³
```

Die absolute Luftfeuchte ist wichtig beim Vergleich von Raumluft zur Außenluft. Ist sie „Draußen“ niedriger als Drinnen, so kann und sollte man lüften, sofern die relative Luftfeucht in den Räumen nicht zu klein wird. In süddeutschen Bundesländern gibt es deshalb die Volksweisheit: „Betten“ in Monaten ohne „R“ draußen lüften! Das geht mit dem Hauscomputer natürlich eleganter …

Der Taupunkt beschreibt die Temperatur, bei der sich Kondenswasser an Oberflächen, wie z.B. Fensterscheiben oder Wände, bildet. Kennt man dann auch noch die Dämmeigenschaften der Wand oder der Fenster, so kann man prophylaktisch gezielt die Lüftungsanlage beeinflussen oder einen Entlüfter einschalten, um Schimmelbildung zu vermeiden.



*Taupunkt; Quelle: Wikipedia*

## *5. Regenmengensensor auf der Basis des Regensensors WH-SP-RG*

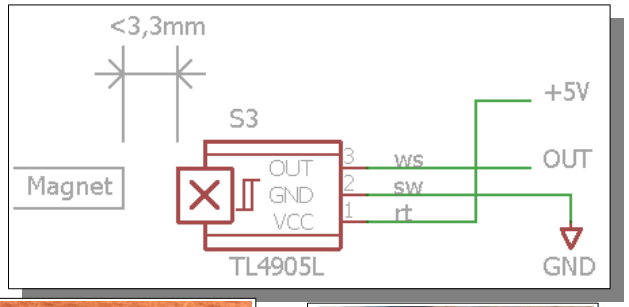


*Quelle: Google/Bilder*

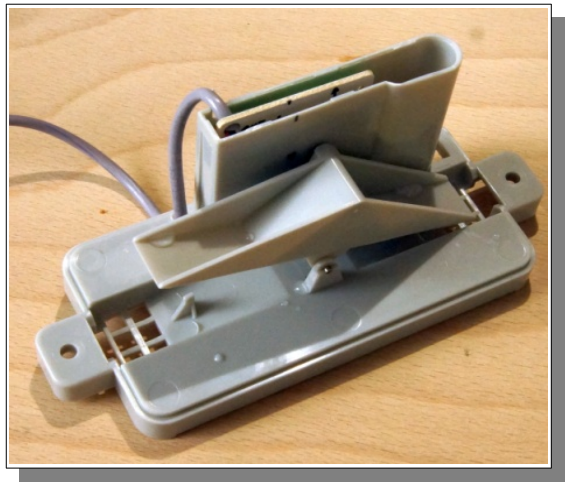
Für unter 20€ gibt es den chinesischen WH-SP-RG Regenmengenmesser fertig zu kaufen. Er ist auch Bestandteil des kompletten „Wettermastes“ WH-SP-WS02 (u.a. im Elektorstore oder von Aliexpress beziehbar).

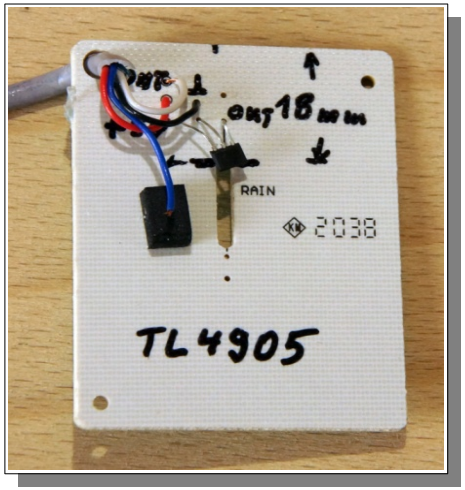
Dass Messprinzip ist einfach: das aufgefangene Regenwasser wird intern auf einen Kipplöffel geleitet, der dann entsprechend über einen Magneten einen Reedkontakt betätigt. Die entstehenden Impulse müssen dann nur noch gezählt und zeitlich ausgewertet werden. Der Sensor hat aber 3 Nachteile:

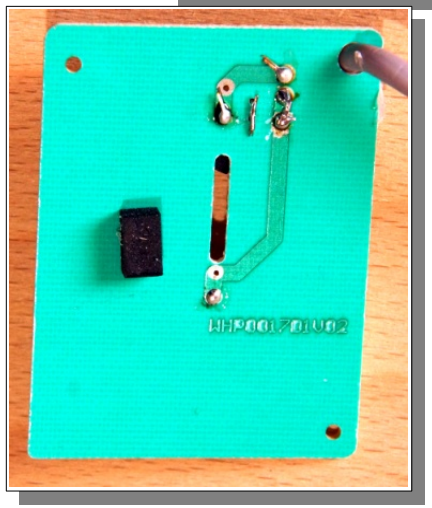
- Er hat keine Heizung, sodass er nicht als Niederschlagssensor, sondern nur als Regensensor nutzbar ist.
- Der Reedkontakt prellt und ist nicht für lange Zeiträume ausgelegt (mögliches „Kontaktkleben“).
- Die Auffangfläche ist im Vergleich zum Löffelvolumen zu klein, sodass die Mess-Auflösung für einen Impuls bei etwa 0,35 l/m² liegt, das ist etwas zu grob.

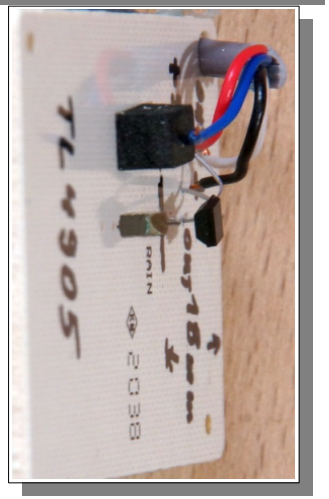



Daher wird als erstes der Reedkontakt gegen einen Hall-Sensor TL4905 getauscht. Leider muss man dabei auch das zweipolige Kabel gegen ein zumindest dreipoliges austauschen. Der TL4905 wird dann so positioniert, dass er mit dem Magneten an der Wippe beim Umschalten sicher schaltet. Bitte beachten – es gibt am Magneten einen magnetischen Nord- und Südpol, wird S3 verkehrt herum angebracht, schaltet er nicht! Der Umbau ist ansonsten unkritisch.

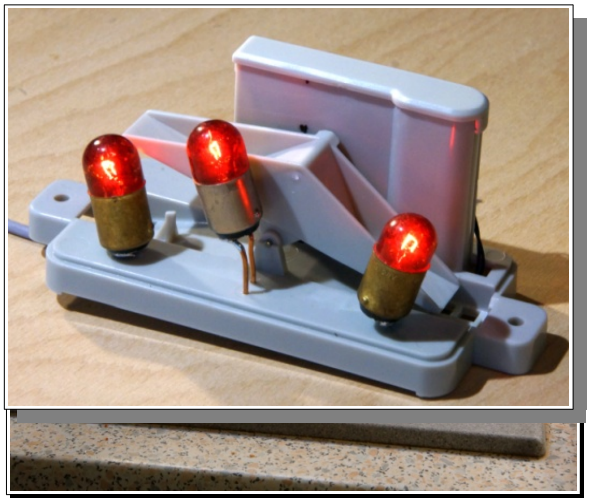






Ein kurzer Test mit dem Oszi bestätigt – es gibt kein Prellen und damit keine Fehlimpulse mehr. Die Impulsbreite beim Kippvorgang (kurzzeitig Low-Pegel) liegt stabil im Bereich 10 … 50 ms, je nach Regenintensität. Das spielt in der Firmware für die Multisensor-Plattform eine Rolle, da dort Schalter-Prellen nicht gefiltert wird (Echtzeitforderung). Bitte auch kontrolliern, dass jedes Kippen einen Impuls generiert und nicht auf einer Seite dauerhaft „Low“ erscheint. Als Heizung kann man neben dem Kipplöffel ein paar Lampen anbringen, die bei Frost vom Hauscomputer per Relais eingeschaltet werden (dann natürlich mit → 4 pol. Kabel). Als Richtwert sollten die Lampen insgesamt ca. 3-6 W Leistungsaufnahme haben. Hilfreich ist der Betrieb mit Unterspannung um die Lebensdauer zu vergrößern (z.B. 3x 28V/5W → 3,5 W an 12 V gesamt). Vielleicht auch mit einer Thermo-Isolation an den Seitenwänden. Auch der Standort spielt eine Rolle: an der Ostseeküste fällt wesentlich weniger Schnee auf einmal, als an einem Berghang in der Hauptwindrichtung. Wegen der höheren Stromaufnahme durch die Heizung kann der Hausbus nicht mehr per Cat-Kabel angeschlossen werden, es sollten schon etwas „dickere“ Leitungen wie z.B. das grüne KNX/EIB-Kabel mit 0,8 mm² Querschnitt sein. Dann sind auch 40 m kein Problem.



Nach dem Zusammenbau wird der Sensor mit einem Messbecher kalibriert. Dazu braucht man keine Elektronik, es genügt, das „Klappern“ zu zählen, während man eine genau dosierte Menge Wasser langsam (!) auf den Sensor gießt. Läuft das Wasser zu schnell in den Sensor, so wird die Messung ungenauer, da zunehmend Wasser am Kipplöffel vorbei fließt. Bei dem hier abgebildeten Exemplar habe ich folgende Werte für den Kipplöffel ermittelt:

- 282 Impulse für 500 ml Leitungswasser → 1 Impuls = 1,77 ml (seehr langsam gegossen /9 min)
- 210 Impulse für 500 ml Leitungswasser → 1 Impuls = 2,38 ml, bzw. 0,476 l je Minute (schnell gegossen, die Auffangfläche war dabei immer voll)
- Maximal sind 200 Impulse je Minute messbar (Auffangfläche immer voll)
- Auffangfläche = 51 mm x 110 mm – 8 mm² = 0,0056 m²
- Normalisierung: $1\,Impuls = \frac{0{,}00177\,l}{0{,}0056\,m^2} = 0{,}316\,\frac{l}{m^2}$ bzw. $1\,Impuls = \frac{0{,}00238\,l}{0{,}0056\,m^2} = 0{,}425\,\frac{l}{m^2}$
- maximaler Messbereich: $200\,\frac{Impulse}{Minute} \cdot 0{,}425\,\frac{l}{m^2} = 85\,\frac{l}{m^2 \cdot min}$

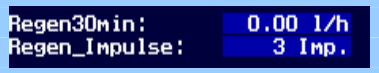
Für die Übergabe der Messwerte in den Hauscomputer bedienen wir uns zunächst dem Scriptbefehl:

```
Regenloeffel=0.353     /Vorgabe Regenmenge l/m² je Impuls
```

Er ordnet einem Messimpuls im Sensor die entsprechende Regenmenge in [l/m²] zu.

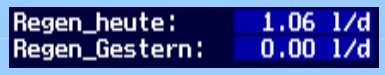
Dann kann man mehrere Messwerte direkt anzeigen lassen:

```
text=  119  0  157  15  1        Regen30min:
text=  119  0  167  15  1        Regen_Impulse:
Anzeige=  119  25  9  15  135  150  1  1  -1  400  204        /Regen30min
Anzeige=  119  25  9  15  135  160  1  1  -1  32767  201     /Regenimpulse
```




bzw.

```
text=  119  69  157  15  1                Regen_heute:
text=  119  69  167  15  1                Regen_Gestern:
Anzeige=  119  25  9  15  400  150  1  1  -1  32767  203        /Regen heute
Anzeige=  119  25  9  15  400  160  1  1  -1  32767  205        /Regen Gestern
```



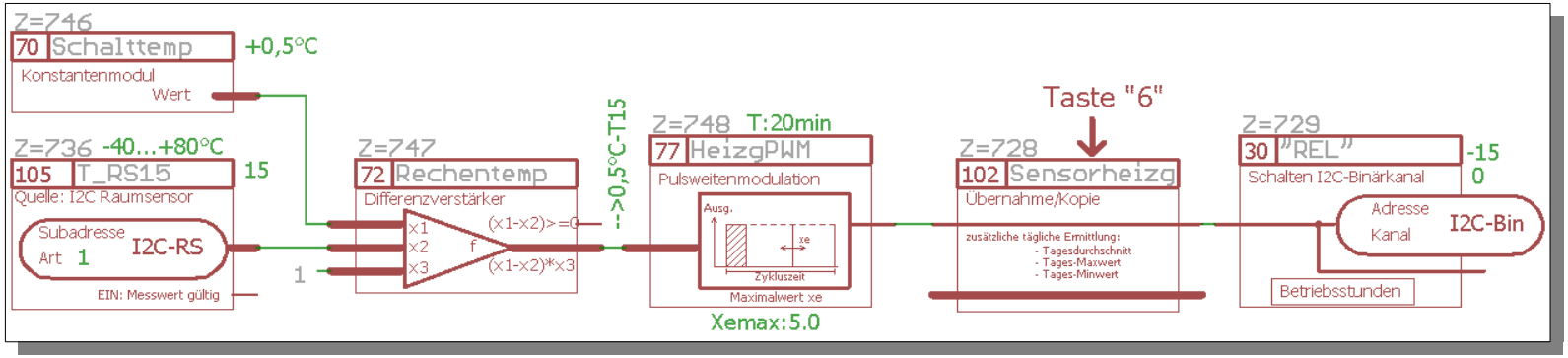

Aber natürlich ist auch der Weg über die SPS möglich. Noch eine Kleinigkeit: wird der Wert „Regen_Gestern“ erstmalig programmiert, so wird ein falscher Wert geliefert. Erst am nächsten Tag, also nach dem ersten Tagesabschluss wird ein Wert überhaupt zugewiesen. Ab dann ist er natürlich jeweils korrekt und wird auch bei Programmende intern gespeichert.

Das Relais in der Wetterstation wird auch genutzt – um eine Heizung im Regensensor automatisch bei Frostgefahr zu aktivieren. Dann kann Schnee (so er denn auf dem Sensor tatsächlich auftaut) als Niederschlagsmenge gemessen werden. Ein paar Module in der SPS erledigen diese Aufgabe problemlos: Oberhalb der Einschalttemperatur (+0,5°C) ist die Heizung immer aus, unterhalb -4,5°C ist sie immer an und dazwischen wird sie per PWM in Abhängigkeit von der Temperatur im Intervall 20 min regelmäßig ein/aus geschaltet. Per Taste 6 kann man zusätzlich die Betriebsart beeinflussen (Automat/Hand ein/Hand aus):

```
z=728 102 "Sensorheizung"  748                    / Sensorheizung per PWM im Bereich -5..0°C
z=729  30 "REL"        728  -15  0                / Schalten Relais an Subadresse 15
z=736 105 T_RS15        15    1                   / RS15: Temperatur °C
z=746  70 SchaltTemp   °C   0.5                   / Vorgabe Einschalttemperatur Sensorheizung Tein
z=747  72 RechenTemp   °C   746   736  1         / Berechnung Einschaltwert
z=748  77 HzgPWM       747  5.0   1200           / PWM: Tein=AUS ... Tein-5.0=EIN im 20min Intervall
Taste=  119  6  1  728                            / Taste „6“ auf Seite 119 betätigt SPS-Modul 728
```




Und hier noch der zugehörige grafische Funktionsplan (nächste Seite):




*Funktionsplan SPS: Heizungssteuerung Regensensor*

Da in Deutschland der höchste gemessene Niederschlag in 8 Minuten 126 l betrug (Füssen am 25.05.1920) also etwa 16 l/m² und min, ist der Sensor mit maximal 85 l/m² und Minute ungünstig konzipiert. Zugunsten einer besseren Auflösung könnte also die Auffangfläche wenigstens 4 mal größer sein.



Daher wurde ein Kunststoffdeckel mit den Abmaßen 128x197 mm (=0,0252 m²) als Auffangschale adaptiert, also mit einer ca. 4,5 mal größeren Auffangfläche als das Original. So verschiebt sich der Messbereich nun entsprechend nach unten auf minimal messbare 0,0786 l/m² bis hin zu minütlich maximal 18,9 l/m² bei einem Gewitterguss/Platzregen. Das reicht praktisch auch völlig aus, da die wenigen Starkregen-Ereignisse nur selten über 5 l/m² und min liegen. Dafür gibt es jetzt eine mehr als 4 mal bessere Auflösung und Genauigkeit bei wenig Regen. Der Wert für den „Regenlöffel-Befehl“ beträgt dann:

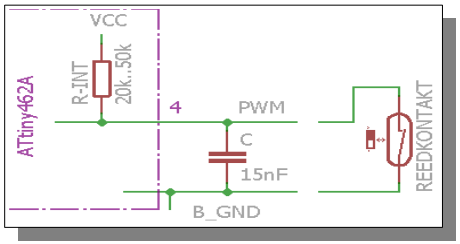
$1\,Impuls = \frac{0{,}00177\,l}{0{,}0252\,m^2} = 0{,}0702\,\frac{l}{m^2}$ . Wichtig für die Auffangschale ist ein hoher Rand und ein trichterförmiger Boden, die Regentropfen sollen so nach dem Auftreffen einerseits nicht zur Hälfte wieder nach Außen „spritzen“ und anderseits auch schnell ablaufen. Das wurde mit mehrfach gegossenem Epoxidharz erreicht (jeweils ein 90° Sektor). Das Harz verbessert zugleich die Stabilität der zusätzlichen Schale merklich. Außerdem konnten so zwei Heizmatten zum Schnee auftauen mit eingearbeitet werden. Für eine stabile Befestigung sorgt eine zusätzliche Acryl-Platte. Da alle Komponenten durchsichtig sind, sieht man später auch von unten eventuell angesammelten Schmutz oder Blätter. Ergänzung nach 2 Jahren Betrieb: die (Weich-) Kunststoff-Auffangschale wurde brüchig und das Regenwasser wurde nicht mehr korrekt aufgefangen. Als Lösung wurde die Schale mit Kunstharz, Klebeband und Silikon nachgeformt und neu befestigt. Das Ablaufloch sollte auch regelmäßig auf Verschmutzung kontrolliert werden. Eine Nachkalibrierung mit 500 ml Wasser ist jederzeit möglich (es sollte ca. mal 200 klacken).

## 6. Windgeschwindigkeitsmessung/Anemometer

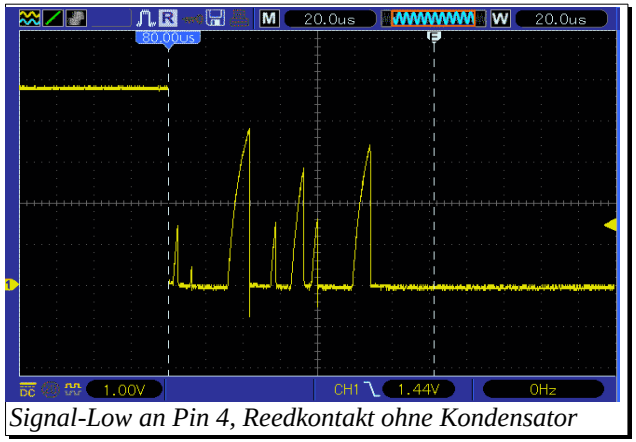
Die Messung der Windgeschwindigkeit ist mit einem Anemometer relativ einfach. Preiswerte Anemometer funktionieren mit einem Magneten am Windrad und einem Reedkontakt am festen Teil. Vor der Verwendung an der Multisensor-Plattform sollte der Reedkontakt jedoch gegen einen Hall-Sensor TL4905 getauscht werden (siehe auch Abschnitt „Regenmengensensor“) inklusive Tausch des 2 poliges Anschlusskabels gegen ein 3 poliges. Hintergrund: Reedkontakte haben die unangenehme Eigenschaft des Prellens und die Firmware im ATtiny461A würde deshalb bei einer Auslösung möglicherweise mehr als einen Impuls detektieren. Zudem kann es im Laufe der Zeit zum gefürchteten „Kontaktkleben“ kommen. Hier ein praktisches Beispiel für Fehlauslösungen – im Zeitraum von 110 µs wurden anstelle von einem Impuls drei gezählt (untere Bildreihe links).



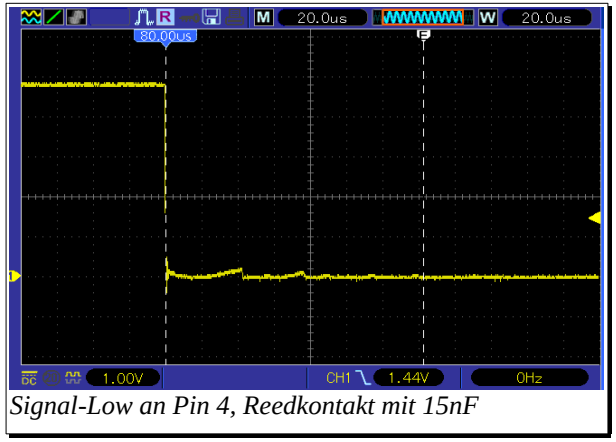
*Quelle: Google/Bilder*



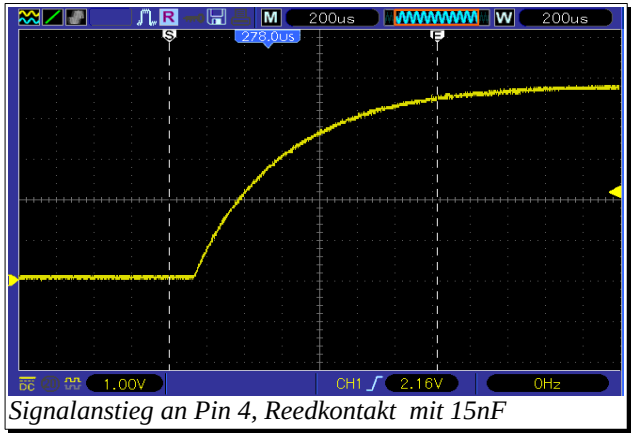

Alternativ zum Austausch gegen einen Hall-Sensor gibt es die Möglichkeit, einen Kondensator parallel zum Reedkontakt zu schalten. Das ist allerdings ein Kompromiss, da sowohl der Kondensator, der Pull-Up im ATtiny sowie die Ausführung des Reedkontaktes einen Einfluss auf das Ausgangssignal haben. Im Beispiel führt ein **15 nF** Kondensator zu einer ausreichenden Verminderung der „Prell-Impulse“ beim Einschalten(mittleres Bild), allerdings mit einem langsamen Signalanstieg über 2 ms beim Abschalten (rechtes Bild).




*Signal-Low an Pin 4, Reedkontakt ohne Kondensator*




*Signal-Low an Pin 4, Reedkontakt mit 15nF*

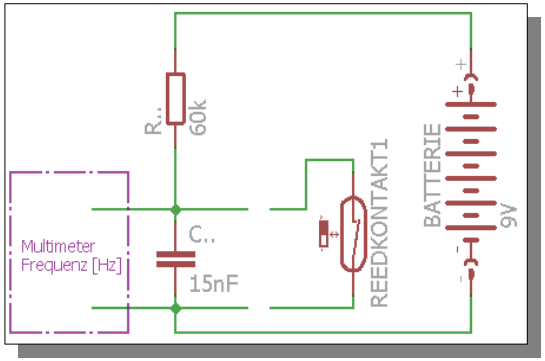



*Signalanstieg an Pin 4, Reedkontakt mit 15nF*

Die Ansprüche an den Reedkontakt sind aber hoch: Wenn der Magnet den Kontakt über wenigstens 1/50 des Vollkreises schaltet (ca. 7°), so müssen sich die Kontaktzungen bei 42 Hz innerhalb von 0,5 ms berühren und entsprechend wieder lösen, ansonsten gibt es kein Signal. Somit sind 15 nF eher zu groß. Andererseits können preiswerte Anemometer mit Reedkontakt auch erst ab 2…5 ms schalten, was bei dem (noch) günstigen Schaltbereich von 1:10 einer Umdrehung bis zu einer Dreh-Frequenz von 30 Hz reichen könnte. Mit anderen Worten – bei starkem Sturm wird die Messung ungenauer. Hinweis: Wer eigene Software entwickelt – die Torzeit für das softwareseitige Erkennen von Kontaktprellen sollte 10 ms nicht überschreiten.

Hardwaremäßig wird der Windgeschwindigkeitssensor (Ich liebe die deutsche Sprache ;-) zwischen PWM-Eingang und Masse angeschlossen. Beim Hall-Sensor kommen nochmal +5V dazu.

Vor der Nutzung des Sensors sollte er kalibriert werden. Das geht z.B. mit einem Multimeter mit Frequenzmess-Möglichkeit und folgender Schaltung (rechtes Bild).



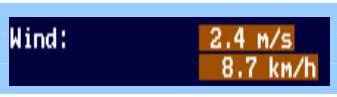

Die Messung erfolgt mit einem Fahrzeug bei einer möglichst hohen Geschwindigkeit (60 … 100 km/h) im Vergleich zu einer GPS-basierten Geschwindigkeit (Smartphone) mit einem Frequenzmesser. Das Anemometer selbst liefert bezogen auf die Windgeschwindigkeit relativ lineare Werte, so dass am Ende ein Wertepaar ausreichend ist, da das zweite bei Windstille ja bekannt ist. Man sollte aber, falls mit Reedkontakt+Kondensator gemessen wird, eine Vergleichsmessung bei 50 km/h durchführen und das Ganze hinterher bezüglich der Linearität bewerten.

Die Umsetzung in der hauscomp.ini ist dann sehr einfach:

```
Anemometer= 37.67 85.3
```

Es wird nur das ermittelte Wertepaar (Frequenz [Hz] und Geschwindigkeit [km/h]) angegeben. Das Programm rechnet dann automatisch die erfassten Impulse in die entsprechende Windgeschwindigkeit um. Die Anzeige erfolgt entweder direkt:

```
text=     119   69 87   15     1     Wind:
Anzeige=  119   25   9   15   400   80   6   1 -1   50   208   /Wind m/s auf Seite 119
Anzeige=  119   25   9   15   400   90   6   1 -1  180   209   /Wind km/h auf Seite 119
```




oder indirekt über einen SPS-Modul:

```
z=742 105 Wind  15  208                                  /Ermittlung Windgeschwindigkeit m/s
Anzeige=  119   8   8   742   350   100   11   11   -1   80   9 /Beaufort-Anzeige auf Seite 119
```




Natürlich kann man per SPS auch noch den Windmittelwert und die Maximalwerte in den letzten Minuten ermitteln und anzeigen lassen:

```
z=743 110 Wind30min   741   1   0   600          / mittlere Windgeschwindigkeit 10min
z=744 110 Böen30min   741   5   10   1800        / Maximalwert Wind in letzten 30min
text=   119   69   117   15   1   Wind-Mittel:
text=   119   69   127   15   1   Wind-Böen:
Anzeige=  119   25   8   743   400   110   3   1   -1   80   30 /Wind-Mittel
Anzeige=  119   25   8   744   400   120   3   1   -1   80   30 /Wind-Böen
```




Noch ein paar Worte zur Lebensdauer: Neben dem Hallsensor ist auch ein gutes Drehlager Voraussetzung für einen jahrelangen störungsfreien Betrieb. Bei einem älteren Schalenkreuz-Anemometer von Conrad (Bestell-Nr. 108685) mit Reedkontakt begannen nach ein paar Monaten die Kontakte zu kleben – zunächst nur für kurze Zeit, später dann dauerhaft. Modernere Reedkontakte mögen besser sein, aber darauf würde ich mich nicht verlassen! Nach 1½ Jahren blieb dann übrigends auch das Windrad mechanisch ganz stehen, auch bei Sturm …

Nach diesem Exkurs zum Thema Lebensdauer gibt es noch etwas, dass im Zusammenhang mit Windmessungen wichtig ist: Der Windchill.

## 6.1. Der Windchill

Bei starkem Wind und niedrigen Temperaturen kommt es beim Menschen zum Auskühl-Effekt und die Lufttemperatur wird viel kühler empfunden. Zu diesem Thema gab es eine Reihe wissenschaftlicher Untersuchungen die zur Entwicklung der „Windchill-Temperatur“ bzw. gefühlten Temperatur bei Wind führte. Im Projekt Hauscomputer gibt es den SPS-Modul-Typ 92, der genau diese Berechnung abbildet. Zusätzlich kann dieser Modul neben Wind und Temperatur aber auch die relative Luftfeuchte in die Berechnung mit einbeziehen (Hitzeindex), sodass recht komfortabel die „Gefühlte Temperatur“ ermittelt wird. Das Ganze ist natürlich eine Schätzung, gibt aber recht gut den aktuellen Trend beim Aufenthalt im Freien wieder. Zusammengefasst wird die tatsächliche Temperatur:

- kälter empfunden bei niedrigen Temperaturen und starkem Wind,
- wärmer empfunden bei Windstille,
- heißer empfunden bei hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit.

Zunächst die Programmierung in der SPS:

```
z=736 105 T_RS15       15         1                    / RS15: Temperatur °C
z=737 105 Frel_RS15    15         4                    / RS15: relative Feuchte %
  …
z=741 105 Wind         15  209                         / Windgeschwindigkeit km/h
  …
z=745  92 Windchill    741 736 737                     / Windchill-Temperatur
```

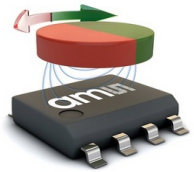
Anschließend wird die gefühlte Temperatur angezeigt:

```
text=       119   0    77   15     1       gefühlt:
Anzeige=    119  25     8  745   135  70  3  1  -18  80  2  /Anzeige der gefühlten Temperatur
```

Beispiel für die Grafik:

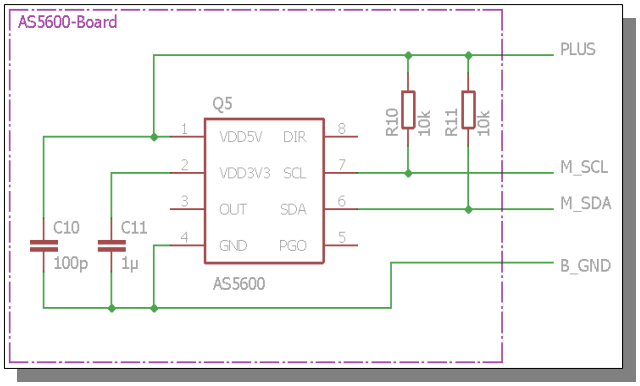


## 7. Digitale Windrichtungsmessung mit AS5600



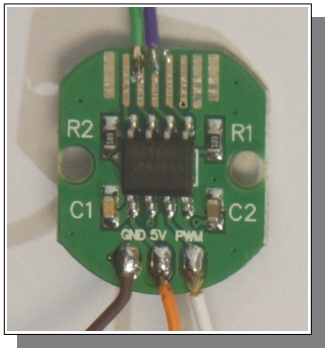
*Quelle: avnet.com*

Ab der Firmware M1.3 der Multisensor-Plattform wird an der Subadresse 15 auch der berührungslose digitale Hall-Winkelsensor AS5600 unterstützt. Dazu muss der Schaltkreis lediglich an die Master I²C-Schnittstelle angeschlossen sein. Die Abfrage erfolgt automatisch, die Winkeldaten werden über das 7. Datenbyte übertragen. Daraus ergibt sich auch eine sehr gute maximale Auflösung von 360/256=1,4°.









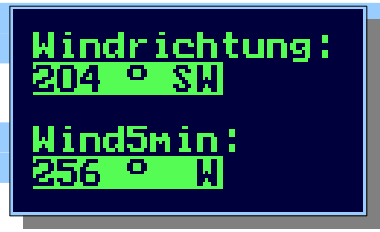

Da das Basismodul bereits auf 5 V eingestellt ist, ist der Anschluss an die Wetterstation denkbar einfach – die 4 Leitungen vom Basismodul (AM23xx) mit dem AS5600 Modul verbinden, fertig. Rechts ein Blick auf den Schaltplan und auf das Winkelmodul aus China. Auf dem Bord sind zusätzlich 2 Pull-Up Widerstände bestückt, die sich aber nicht negativ auswirken. Der Ausgang „Out“ wird hier nicht genutzt. Die Windfahne mit ihrem Magneten muss letztlich zentrisch dicht oberhalb des ICs platziert sein. Die Daten kommen ab 2 min nach Start der Firmware aller 30 s, also in etwa im Abfrage-Rhythmus der Raumsensoren.

Die Umsetzung in der hauscomp.ini ist einfach:

```
WindNord=121                    /Vorgabe Nordwindrichtung zum Kalibrieren
```

Mittels SPS-Modul wird die Windrichtung geladen:

```
z=680 105 Windrichtung          15      206     / Windrichtung
z=681 105 Wind5min              15      207     / Windrichtung geglättet
```




… um dann auf beispielsweise auf Seite 119 angezeigt zu werden:

```
Anzeige=  119  28  8   680 20 50  3 0 -1 360 10 / Windrichtung bezüglich Nord
Anzeige=  119  28  8   681 20 75  3 0 -1 360 10 / geglättete Windrichtung
```

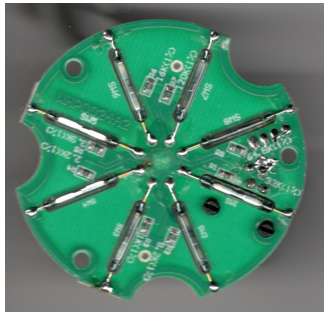
Der Treiber in der hauscomp.exe berücksichtigt automatisch, ob ein analoger oder digitaler Windrichtungsmesser angeschlossenen ist. Sollte der Windrichtungssensor „hängend“ befestigt sein, so ist eine Ost-West Spiegelung der Windrichtung erforderlich. Dazu gibt es folgende Scriptzeile:

```
Windgrd= -360           /gespiegelte Gradeinteilung für die Windrichtung
```

## *8. Analoger Messeingang (Windrichtung oder Helligkeit oder Universaleingang)*

Der analoge Messeingang an Pin 12 (SOLL) des ATtiny461A misst eine anliegende Spannung im Bereich 0 … +5V und wandelt sie in einen Kodewert 0 … 255 um (data6 im Datentelegramm). Damit sind recht einfach gängige Sensoren auswertbar. Allerdings gibt es gemäß der aktuellen Firmware nur diesen einen analogen Eingang. Nutzt man die digitale Windrichtungsmessung (voriger Abschnitt), so hat man ein wenig mehr Spielraum bei der Verwendung des Eingangs.

## 8.1. Analoge Messung der Windrichtung (Variante mit Reedkontakten)



Einfache Windrichtungsfahnen arbeiten mit 4 oder 8 Reedkontakten, die von dem Magneten der drehbar gelagerten Windfahne überstrichen werden (linkes Bild). Jeder Reedkontakt ist dabei in Reihe mit einem speziellen Widerstand an den beiden Messleitungen angeschlossen. Somit bietet der Sensor je nach Windrichtung einen bestimmten Widerstand, wenn 1 oder 2 Kontakte betätigt werden. Eigentlich sind 16 Windrichtungen in der Praxis gar nicht so schlecht, wenn die Sektoren in etwa gleich groß wären. Dazu ist aber der Magnet etwas zu schwach und in Folge sind die überlappenden Bereiche (2 Kontakte gleichzeitig betätigt) viel zu klein, sodass letztendlich im Wesentlichen doch nur 8 Windrichtungen ermittelt werden.

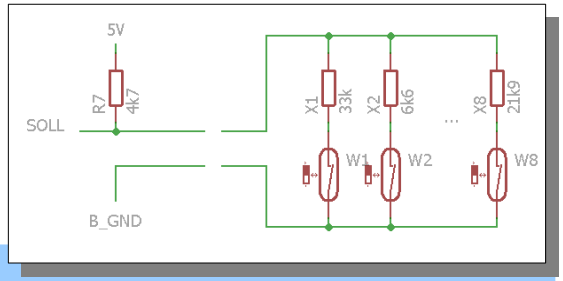
Das abgebildete Exemplar (8 Reedkontakte) hat z.B. folgende Daten:



*Quelle: Amazon/Produktabbildung*

| Winkel | 0° | 23° | 45° | 68° | 90° | 113° | 135° | 158° | 180° | 203° | 225° | 248° | 270° | 293° | 315° | 338° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Widerstand [kOhm] | 33,0 | 6,6 | 8,2 | 0,9 | 1,0 | 0,7 | 2,2 | 1,4 | 3,9 | 3,1 | 16,0 | 14,2 | 120 | 41,7 | 64,9 | 21,9 |

Die Herausforderung besteht nun darin, aus dem Widerstandswert per analogem Eingang einen Kodewert, dann einen Roh-Winkel und letztlich einen Winkelwert bezogen auf geografisch Nord zu berechnen.




Zunächst wird der Sensor-Widerstand per zusätzlichem Pull-Up Widerstand R7 (4k7 ±1%) gegen +5V in eine Spannung 0 … +5V umgeformt und am Pin 12 (SOLL) des ATtinys angelegt. Der ATtiny wandelt dann die Spannung alle 6 s für den Hauscomputer in einen Kodewert 0 … 255.

Für die Konvertierung des Spannungs-Kodes in einen Winkel bietet die hauscomp.ini zwei Befehle:

```
Windkode= 28 37 43 52 70 92 109 133 156 178 195 204 217 227 234 243 251
  /Kodebereiche der Reedkontakte
Windgrd= 113 68 90 158 135 203 180 23 45 248 225 338 0 293 315 270        /zugeordnete Winkelwerte  Windrichtungssensor
```

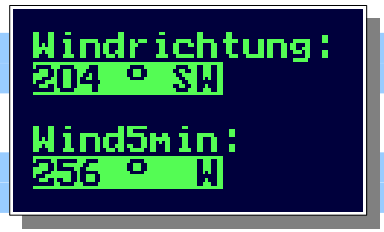
Im ersten sind die Kodebereiche gelistet und im zweiten die zugehörigen Winkelwerte. Die genaue Ermittlung der Kodebereiche in Abhängigkeit vom Widerstandswert des Sensors ist in der calc-Tabelle (/DVD/Beispiel_6.12/Kennlinie Windrichtung mit Reedkontakten.ods) demonstriert.

Somit hat der HC-interne Treiber zunächst den Roh-Winkel. Mittels des Befehls...

```
WindNord=121                    /Vorgabe Nordwindrichtung zum Kalibrieren
```

wird der tatsächliche Wind-Winkel bezüglich geografisch Nord per Differenz ermittelt. Nun braucht die Windrichtung (direkter Wert und geglätteter Wert) nur noch per SPS-Modul gelesen …

```
z=680 105 Windrichtung          15        206       / Windrichtung
z=681 105 Wind5min              15        207       / Windrichtung geglättet
```




… um dann auf beispielsweise Seite 119 angezeigt zu werden:

```
Anzeige=  119  28  8   680 20 50  3 0 -1 360 10 / Windrichtung bezüglich Nord
Anzeige=  119  28  8   681 20 75  3 0 -1 360 10 / geglättete Windrichtung
```

Als Ergebnis erhält man sowohl den Windwinkel [°], als auch eine Windrosenangabe (z.B. SW). Weitere grafische Auswertungen oder Verknüpfungen für Steuerungen sind dann, wie mit jedem SPS-Modul, natürlich auch problemlos möglich.Ob R6 (1M) in der Basisbaugruppe zusätzlich bestückt wurde, oder nicht, ist relativ egal, das ändert den Kodewert maximal um eine Einheit – der Fangbereich für den Sektor ist deutlich größer.

## 8.2. Analoge Messung der Windrichtung (Sensor mit Spannungsausgang)



*Quelle: ebay, Produktfoto*

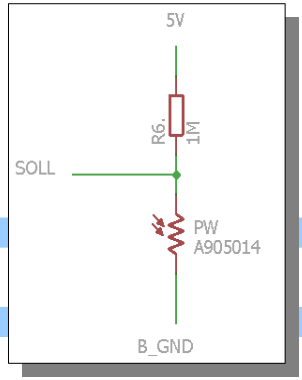
Im Unterschied zur obigen Variante mit Reedkontakten, liefern etliche Sensoren bereits eine fertige Gleichspannung proportional zum Winkelwert. Dabei entspricht 0° - 0V und 360° - Umax. Umax kann bei gängigen Sensoren 10 V, 5 V oder 3 V betragen. Diese maximale Spannung entspricht nach der A/D Wandlung durch die Firmware einem maximalen Kodewert. Spannungen größer 5 V sind aber nicht zulässig. Der Sensor wird, je nach Ausführung, noch zusätzlich mit +5 V oder +12 V versorgt. Hinweis: Stimmt die Versorgungsspannung nicht, so liefert der analoge Ausgang eben diese Spannung und keinen Winkel. Die Initialisierung in der hauscomp.ini erfolgt dann neben der Angabe des Nordwinkels folgendermaßen:

```
Windkode= 0  154        /Kodebereich: 0°/0V-Kode=0; 360°/3V-Kode=154
Windgrd= 360            /Kennzeichnung  Typ Windrichtungssensor  (mit Spannungsausgabe)
```

Sollte der Windwinkel vertauscht sein (Ost-West Richtung), so kann man das mit der Angabe „-360“ korrigieren.

Die Auflösung der Winkelwerte beträgt bei 3 V: 360/154 = **2,33°** und bei 5 V: 360/255 = **1,4°**. Der Zugriff auf die Daten, sowie die Anzeigen können genauso wie bei der Variante mit Reedkontakten gestaltet werden. Wer den Windrichtungssensor öffnet, findet darin möglicherweise einen AS5600 als zentrales Messelement – dieser kann dann auch direkt am Basismodul angeschlossen werden (Punkt 7.), ohne den Umweg der zweifachen analogen Wandlung machen zu müssen und man hat den analogen Eingang für einen weiteren Sensor zur Verfügung. Ist dagegen ein MLX90316 verbaut, so bleibt nur der analoge Anschluss: schwarz – Masse, braun – plus, blau – analoger Ausgang normal, grün – analoger Ausgang umgekehrte Drehrichtung (nicht immer angeschlossen!). Meine Wetterstation verwendet die Variante „RS-FXJT05-V03-360“ Ub = 5 V, Ua = 0…+3 V, Stromaufnahme (5V): 18 mA.

## 8.3. Analoge Messung der Helligkeit




Die Helligkeit wird ganz einfach per Fotowiderstand gemessen, wie er schon beim Raumsensor zum Einsatz kommt – plus ein Pull-Up (R6=1 M) gegen +5V, das war's auch schon. Zugegeben, es ist mehr ein Schätz- als ein Messwert, den man erhält, aber für die Auswertung, ob es draußen „dunkel“ ist, reicht es völlig aus.

In der SPS kann man den Helligkeitswert zunächst einem Modul zuordnen:

```
z=670 105 Helligkeit              15         9          / Helligkeit [Lux]
```

… oder aber auch gleich direkt anzeigen lassen:

```
Anzeige=  119 25 9 15  420 120    2 1 100 1100 9       / Helligkeit
```




In beiden Fällen kommt ein auf den Fotowiderstand optimierter interner Treiber zum Einsatz.

## 8.4. Universeller Spannungsmesseingang

Da die Multisensor-Plattform für die Subadresse 15 mit +5V betrieben wird, kann man die an Pin 12 anliegende Spannung auch direkt anzeigen. Dafür reicht der Scriptbefehl:

```
text= 119  69  67  15  1          Spannung_SOLL:
Anzeige=  119  25  9  15  400  60  2  1  -1  6  23    /Sollspannung
```




Der Spannungsmesseingang ist auch interessant, wenn eigene Sensoren mit Spannungs- oder PWM-Ausgang zum Einsatz kommen sollen. Dann übergibt man einfach der SPS den Spannungsmesswert …

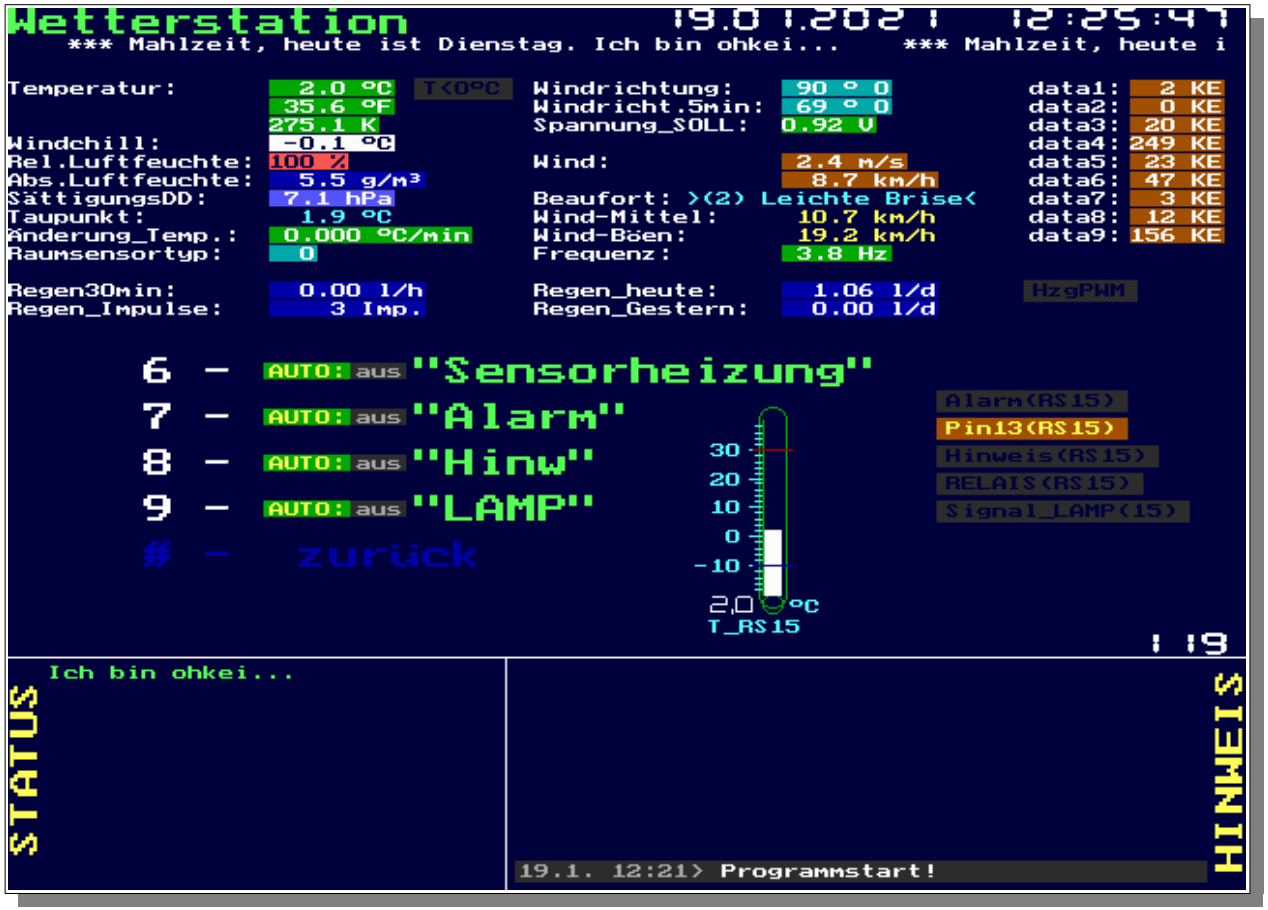
```
z=750 105 Sensor_ABC              15         23         / Spannungswert an SOLL
```

… und verarbeitet ihn entsprechend weiter. PWM-Signale sollten per R/C Kombination in eine Gleichspannung gewandelt und vor der Messung ausreichend geglättet sein. Die Genauigkeit der Messung ist übrigens von der Genauigkeit der Spannungsversorgung am ATtiny (Pin 5 bzw. 15) abhängig. Die Auflösung beträgt 5,0/256 = 0,02 V.

## 9. Funktionstest aller Sensoren

Für den abschließenden Funktionstest dienen die hardware.ini und hauscomp.ini unter /DVD/Beispiel 6.12/. Nach Programmstart sollte sich der Außensensor mit seiner Temperatur und Luftfeuchte innerhalb kurzer Zeit melden. Bis die letzten Parameter, wie Windgeschwindigkeit und Richtung korrekt gemeldet sind, kann es je nach Konfiguration bis zu 2 min dauern. Das Relais wird bei Frost automatisch im Intervall 20 min aktiviert, lässt sich aber auch per Taste „6“ von „Hand“ ein- oder ausschalten. Die Zustände „T<0°C“ und „HzgPWM“ werden durch 2 Leuchtfelder markiert.

Zusätzlich zu den statischen Angaben auf der Anwendungsseite 119 werden in der Beispielkonfiguration einige Parameter auch grafisch aufgezeichnet (Menü → Grafik).




Das linke Bild entstand beim Aufbau der eigenen Wetterstation. Dabei war der AM2322 noch relativ ungeschützt und es kam bei Regen zu Tropfenbildung auf dem Sensor. Daher übermittelte er dann auch „korrekt“ 100% Luftfeuchte.

Die Angaben „data1…data9“ waren für die Programmentwicklung sehr hilfreich, dienen aber auch der Überprüfung auf Plausibilität beim Zusammenbau der Wetterstation. In der späteren eigenen Anwendung benötigt man sie natürlich nicht mehr.

Damit ist der Aufbau beendet – und die Wetterstation hoffentlich noch viele Jahre im Einsatz!

Man kann auch nur die wichtigsten Parameter in eigene Projekte einbinden. Hier ein Beispiel für die Gestaltung des untersten Bereichs der Anwendungsseite 111:




```
textgross=111   65  300   9  1   -Wetter-
text=     111   3   317 15  1   Temperatur:
text=     111   3   327 15  1   gefühlt:
text=     111   3   337 15  1   Rel.Feuchte:
text=     111   50  327 15  1   Wind:
text=     111   50  337 15  1   Böen:
text=     111   112 317 15  1   Regen_heute:
text=     111   112 327 15  1   Aktuell:
text=     111   112 337 15  1   Regen_gestern:
Anzeige=  111   25  9   15  100 310 2   1   0   40  1   /°C
Anzeige=  111   25  8   675 100 320 3   1   -38 80  2   /Windchill
Anzeige=  111   25  9   15  124 330 1   1   30  95  4   /RF
Anzeige=  111    8  8   672 195 310 30  30  -1  80  9   /Beaufort
Anzeige=  111   25  8   673 240 320 3   1   -1  80  30  /Wind-Mittel
Anzeige=  111   25  8   674 240 330 3   1   -1  80  30  /Wind-Böen
Anzeige=  111   25  9   15  340 320 30  1   -1  360 207 /Windrichtung geglättet
Anzeige=  111   25  9   15  555 310 1   1   -1  32767   203 /Regen heute
Anzeige=  111   25  9   15  555 320 1   1   -1  400 204 /Regen30min
Anzeige=  111   25  9   15  555 330 1   1   -1  32767   205 /Regen Gestern
```

Die -rot- gekennzeichneten Parameter müssen sich natürlich auf die eigenen SPS-Module beziehen. Die Grafik wurde per Screenshot der Web-Darstellung entnommen. Voraussetzung ist, dass die Anzeige im VGA Modus läuft („VGA=on“ in hardware.ini → 351 vertikale Zeilen möglich).

## *10. Mechanische Gestaltung des Wettermastes*

Die Kombination der verschiedenen Sensoren im Außenbereich hängt natürlich vom Platzangebot ab. In der Regel eignet sich die Nordseite eines Hauses aber auch ein freistehender Wettermast kommt in Betracht. Wichtig sind neben der Standortwahl auch Stabilität bei starken Stürmen und Schutz vor Beschädigung durch Vandalismus/Katzen/Vögel. Für einen freistehenden Mast eignet sich Aluminiumrohr mit 25 mm Außen-Durchmesser. V2A-Schrauben (M6), sowie Winkel (Flachwinkel 150x150x25) sind hilfreich. Hier ein  Gestaltungsvorschlag für einen Wettermast mit 4 m Gesamthöhe:





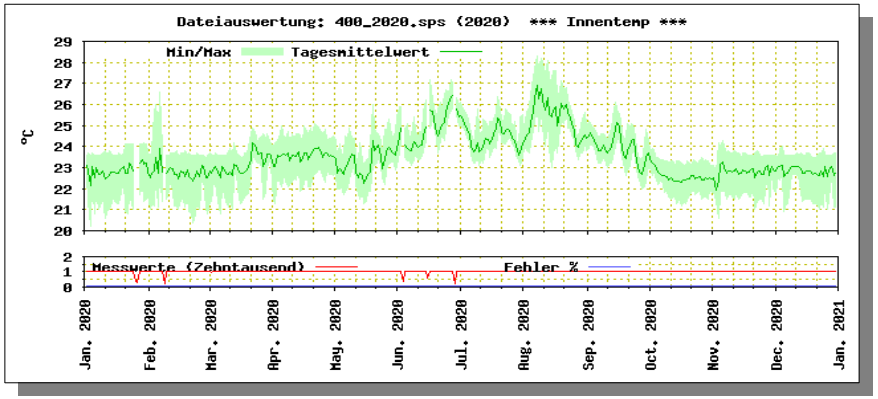




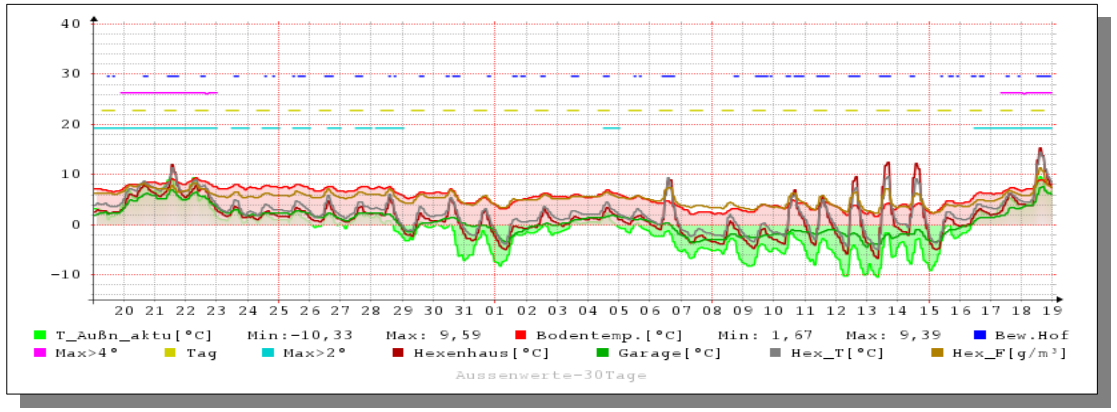
## *11. Langzeit-Datenauswertung*

Die vorangegangenen Abschnitte beschäftigten sich mit dem Aufbau der Wetterstation und die Bereitstellung der Daten in der SPS und visuell auf dem Monitor bzw. in Echtzeit per Netzwerk. Der eigentliche Wert von Wetteraufzeichnungen liegt aber im Vergleich von zeitlichen Verläufen z.B. über Monate oder Jahre. Dazu sind automatische Datenreihen und ihre grafische Aufarbeitung notwendig. Das Programm Hauscomp.exe stellt dafür einige Hilfsmittel zur Verfügung. Voraussetzung ist lediglich, dass der entsprechende Sensorwert am Ausgang eines SPS-Moduls zur Verfügung gestellt wird, z.B. mit dem SPS-Modultyp 105. Für die Datenaufbereitung gibt es folgende Möglichkeiten (Auswahl):

- Zusätzliche Verwendung des SPS-Modultyps 102 (Übernahmemodul). Dieser wird an den SPS-Modul mit dem Sensorwert angeschlossen – nachfolgend werden so vollautomatisch für jeden Tag Min/Max/Durchschnitts-Werte ermittelt und unter **/live/Daten/Jahr/<Modulnr>_<Jahr>.sps** als Datenreihe abgespeichert. Unter Linux (HC_V2A) wird dann ebenso täglich automatisch eine Grafik in der Form **/live/Daten/Jahr/<Modulnr>_<Jahr>.png** mit automatischer Skalierung angelegt. Hier ein Beispiel von einem Innenraum-Temperatursensor (Bild rechts – Screenshot aus der Statistik-Webansicht). Aber natürlich kann man die Datenreihen auch in externe Programme wie z.B. calc oder Excel importieren. Für Regenmengen ist der zusätzliche Modul nicht notwendig, wenn bereits ein Modul die Einheit [l/d] liefert, da „/d“ ja immer automatisch aufgezeichnet wird.




- Nutzung der EDB-Datenbanken. In der hardware.ini wird der SPS-Modul mit dem Sensorwert in der entsprechenden Datenbank eingetragen. Der Wertebereich muss manuell vorgegeben werden, dafür kann man aber bis zu 10 verschiedene Sensorwerte kombinieren (Bild rechts) und erhält letztendlich unter Linux (HC_V2A) tägliche, wöchentliche, monatliche und jährliche Grafiken (zu finden unter: **/live/grafik/** bzw. **/live/tmp/** oder in der Webansicht).




- Nutzung der Aufzeichnungsmöglichkeiten mit den Scriptbefehlen „SPSLog=“ bzw. „SPSLog2=“ in der hardware.ini verbunden mit späterer Auswertung der Datenfiles mit externen Programmen (z.B. CSV-Viewer)
- Weitergabe der Rohdaten an externe Programme mittels Steuerung des Programms hauscomp.exe per Datei „taste.txt“ mit dem „D“-Befehl und Übernahme der Daten in Echtzeit z. B. per externem Raspberry.

## *12. Bauteilliste und Bestellmöglichkeiten (ohne Wettermast)*

| *Bezeichnung* | *Wert* | *Anzahl* | *Bestellnummer Reichelt* | *Stück-Preis (Jan. 2021)* | *Gesamt* |
|---|---|---|---|---|---|
| C1, C4 | 100 nF | 2 | Z5U-2,5 100N | 0,06 € | 0,12 € |
| C2 | 1000 µF / 25 V | 1 | RAD 105 1.000/25 | 0,14 € | 0,14 € |
| C3 | 22 µF / 10V | 1 | RAD 22/16 | 0,02 € | 0,02 € |
| R1, R2 | 110 Ohm | 2 | Metall 110 | 0,08 € | 0,16 € |
| R5 | 680 Ohm | 1 | Metall 680 | 0,08 € | 0,08 € |
| R6 | 1 M | 1 | Metall 1,00M | 0,08 € | 0,08 € |
| R7 | 4k7 | 1 | Metall 4,7k | 0,08 € | 0,08 € |
| D1 … D4 | BAT48 | 4 | BAT48 | 0,07 € | 0,28 € |
| Q1 … Q4 | BS 170 | 4 | BS 170 | 0,10 € | 0,40 € |
| S2, S3 | TLE4905 | 3 | TLE4905 | 0,67 € | 2,01 € |
| LED1 | LED 3-5200L BL | 1 | LED 3-5200L BL | 0,24 € | 0,24 € |
| J1, J2 | RJ45 | 2 | MEBP 8-8G | 0,70 € | 1,40 € |
| SG1 | Summer | 1 | SUMMER AL-60P12 | 0,55 € | 0,55 € |
| K1 | Relais 12V | 1 | HF49FD-012-1H | 1,80 € | 1,80 € |
| IC Sockel | 20 pol. | 1 | GS 20P | 0,28 € | 0,28 € |
| IC3 | µA78L05 | 1 | MA 78L05 | 0,11 € | 0,11 € |
| HC-Bus | Klemme 4 pol. | 1 | RND 205-00014 | 0,35 € | 0,35 € |
| Gehäuse | 160 x 80 | 1 | RND 456-00271 | 4,95 € | 4,95 € |
| Lochrasterplatine | 150 x 100 mm | 1 | H25PR150 | 2,02 € | 2,02 € |
| Buchsenleiste | 2 polig | 1 | MPE 094-1-003 | 0,13 € | 0,13 € |
| Buchsenleiste | 3 polig | 1 | MPE 094-1-003 | 0,13 € | 0,13 € |
| Buchsenleiste | 4 polig | 2 | MPE 094-1-004 | 0,18 € | 0,36 € |
| Buchsenleiste | 5 polig | 1 | MPE 094-1-005 | 0,22 € | 0,22 € |
| Buchsenleiste | 6 polig | 0 | MPE 094-1-006 | 0,21 € | 0,00 € |
| Stiftleiste | 40 pol., gewinkelt | 1 | SL 1x40W 2,54 | 0,25 € | 0,25 € |

| ***Bezeichnung*** | ***Wert*** | ***Anzahl*** | ***Bestellnummer Reichelt*** | ***Stück-Preis (Jan. 2021)*** | ***Gesamt*** |
|---|---|---|---|---|---|
| Western-Buchse 6pol. | Molex 95503-2661 | 1-4 | 142-00-072 (Distrelec) | 0,90 € | |
| Steuerleitung | 4x0,14mm², geschirmt, 5m-Ring | 1 | LIYCY 04-5 | 2,70 € | 2,70 € |
| ***vom Autor:*** | programmierter IC1 (ATtiny461A mit Firmware M1.3ff) plus Leiterplatte | 1 | | 7,80 € | 7,80 € |
| ***e-bay:*** | Sensor AM2320/21 AM2322 | 1 | | 3,00 € | 3,00 € |
| | 360° Windsensor Sender Windgeber Anemometer 0..3V/5V | 1 | | 23,00 € | 23,00 € |
| | Fotowiderstand GL5539 | 1 | | 1,00 € | 1,00 € |
| | Sensor SHT30, SHT35 | (1) | | 0,00 € | 0,00 € |
| ***alternativ Amazon:*** | Jaimenalin WH-SP-RG Regenmesser oder MISOL 1 PCS of Spare part for weather station | 0 | | 17,25 € | 0,00 € |
| ***alternativ im Elektorstore:*** | Wireless Outdoor Unit for Professional Weather Station WH-SP-WS02 | 0 | | 71,96 € | 0,00 € |
| ***alternativ Aliexpress:*** | Ersatzteil (outdoor einheit) für Professionelle Drahtlose Wetter Station, WH-SP-WS02 | 0 | | 35,00 € + 25,76 € Versand | 60,76 € |
| ***alternativ ebay:*** | WS2032 Professional Wireless Anemometer | 0 | | 46,57 € | 0,00 € |
| | Outdoor Windrichtungssensor 360 Grad Windrichtungs Windsensor Sender Windmesser | 0 | | 18,79 € | 0,00 € |
| | | | | | 0,00 € |