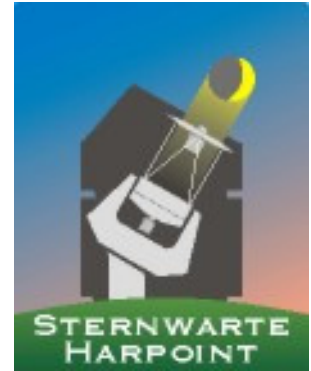


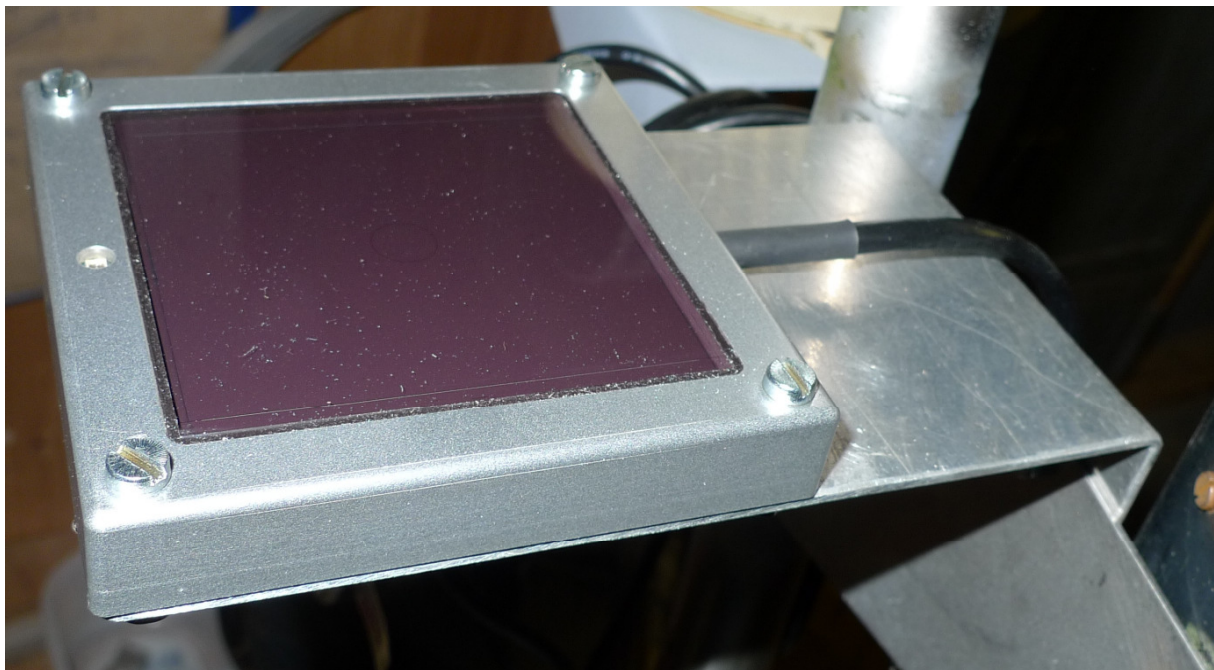
## Sensor zur Messung der Aufhellung des Nachthimmels



Der österreichische Astronom Dr. Günther Wuchterl betreibt ein Netzwerk von Messgeräten zur Messung der Himmeshelligkeit. Derzeit (Stand 2010) sind ca. 150 dieser sogenannten „Lightmeter“ weltweit im Einsatz (Schwerpunkt Mitteleuropa). Sie sollen langfristig die Entwicklung der künstlichen Himmelsaufhellung in der Nacht, die sogenannte „Lichtverschmutzung“ dokumentieren. Auch die Sternwarte Harpoint hat nun ein derartiges Gerät als Dauerleihgabe erhalten. Es ergänzt das Messnetz zwischen einer Messung an der Volkssternwarte Salzburg weiter westlich und an der Eisner Sternwarte in Gmunden weiter östlich. Noch hat Harpoint in Ost-West-Richtung zwischen dem Lichtkegel von Salzburg im Westen und dem oberösterreichischen Industriegebiet um Vöcklabruck, Attnang Puchheim und Gmunden im Osten gelegen, ein lokales Minimum bei der Himmelsaufhellung.

### Funktionsprinzip

Gemessen wird die Globalstrahlung im Frequenzbereich von 350nm bis 650nm mit Hilfe einer großflächigen Solarzelle und (bei der neueren Geräteversion) zusätzlich einer kleinen Fotodiode. Die Messwerte stehen an einer USB-Schnittstelle zur Verfügung. Die downloadbare Software dazu speichert die Daten zeilenweise pro Messzeitpunkt in einer täglich erneuerten CSV-Datei ab. Der kürzest einstellbare Messzyklus ist eine Messung pro Sekunde. In jeder Zeile stehen Datum und Uhrzeit, ein gemessener Temperaturwert (vermutlich zur Kompensation von Temperatureinflüssen) und 3 Zahlenwerte, die sich proportional zur gemessenen Helligkeit ändern. Es handelt sich um Rohwerte, die nicht unmittelbar einer genormten lichttechnischen Einheit zugeordnet werden können. Einer der 3 Werte ist mit 24Bit digitalisiert, die anderen beiden Werte nur mit 16Bit. Der mit 24Bit digitalisierte Wert reagiert selbst in stockfinsterner Nacht sehr empfindlich auf Helligkeitsänderungen, wenn auch mit einer gewissen Verzögerung im Bereich weniger Sekunden (wie wir durch Versuche herausgefunden haben). Steigt man nachts auf eine Leiter um die Funktion des Messgerätes zu überprüfen, so muss man erst gar nicht mit der Hand die Solarzelle abdecken. Bereits die Reflexion des Umgebungslichtes am weißen T-Shirt erhöht in einer nicht ganz dunklen Nacht bereits den Messwert. Der 24Bit-Messwert ist allerdings mit einem deutlichen Rauschsignal überlagert.



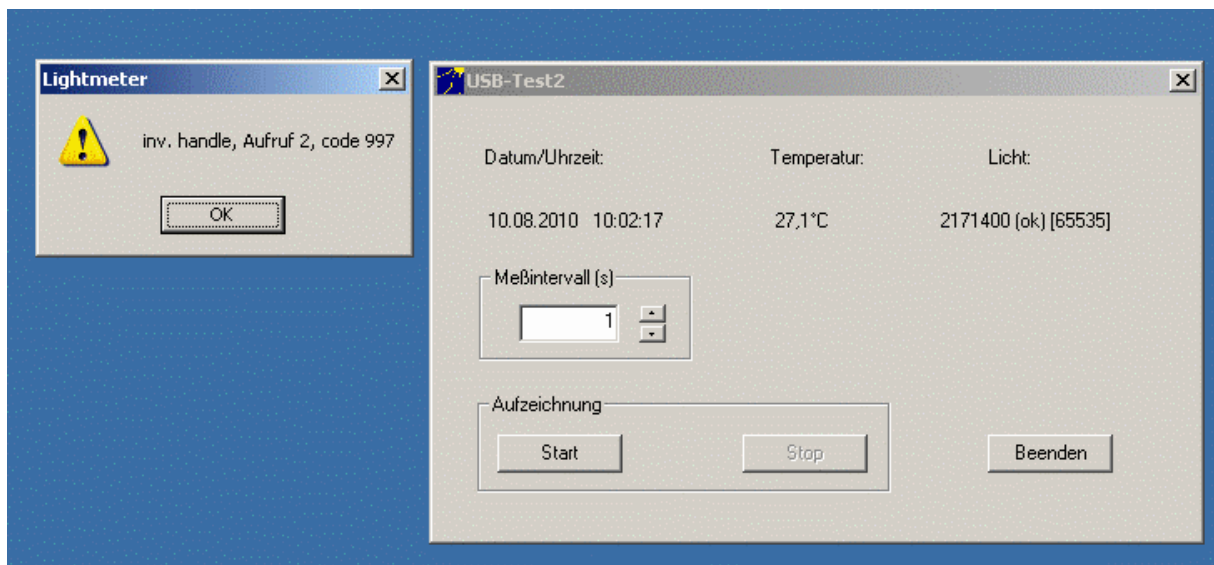
## Auswertung der Daten

Die Daten werden zentral von GAVO (gavo@ari.uni-heidelberg.de) gesammelt und sind per WEB-Interface hochzuladen auf "http://vo.uni-hd.de/lightmeter/q/upload/custom/StationsId/PassWd". StationsId und PassWd vergibt GAVO nach einer entsprechenden Anmeldung mit Angabe des genauen Messgeräte-Standortes. Die hochgeladenen Rohdaten sind auf "http://dc.zah.uni-heidelberg.de/lightmeter/q/upload/static/stationid" überprüfbar. Sie werden zentral ausgewertet. Dabei wird jedes einzelne Gerät entsprechend kalibriert, um die Messergebnisse der verschiedenen Stationen untereinander vergleichen zu können. Danach sind sie in einer Datenbank unter "http://dc.zah.uni-heidelberg.de/lightmeter/q/weather/form" zugänglich.

## Kleine technische Unzulänglichkeiten

Die technische Funktion des von uns liebevoll "Wuchtermeter" genannten Messgerätes ist leider etwas abenteuerlich: Das angeschlossene 5m USB-Kabel wird wohl nur in den seltensten Fällen in der Länge ausreichen, wenn das Messgerät am Dach montiert ist. Da ja die Himmelselligkeit gemessen werden soll, ist letzteres fast immer erforderlich. Eine Verlängerung des Kabels um weitere 5m ist einerseits zwar ohne Hub problemlos möglich, doch mit zwischengeschalteten USB-Hubs funktioniert es eher zweifelhaft. Neuerdings ist im EDV-Handel ein USB-Hub mit 10m-Kabel verfügbar, welcher mit einem ebensolchen Gerät auf maximal 20m verlängert werden kann (dies mit voller USB2-Geschwindigkeit von 480Mbps). Das funktioniert mit allen anderen USB-Geräten unserer Erfahrung nach tadellos, doch mit dem Lightmeter leider gar nicht. Mit ganz alten Hubs und Repeatern (die dezidiert nur das langsame USB1.1 unterstützen) hat man noch eher eine Chance. Neuere Hubs (zusammen mit passiver 5m Kabelverlängerung zum Rechner hin) schalten bisweilen selbständig auf eine langsamere Verbindung um. Auch dann stehen die Chancen besser, dass der Lightmeter funktioniert. Offenbar werden die USB-Spezifikationen nur sehr grenzwertig eingehalten. Kommt keine Verbindung zu Stande, meldet der Gerätetreiber die Fehlfunktion, worauf Windows im Gerätemanager das gelbe Rufzeichen anzeigt. Eine Deinstallation des Gerätetreibers artet in mühsame Handarbeit aus und viele Einträge in der Registry lassen sich manuell mit Regedit nicht mehr entfernen. Wir betreiben den Lightmeter jetzt mit (notgedrungen) überlangem USB-Kabel ohne HUB auf einer eigenen USB-Schnittstelle direkt am Rechner. So macht er noch die wenigsten Probleme.

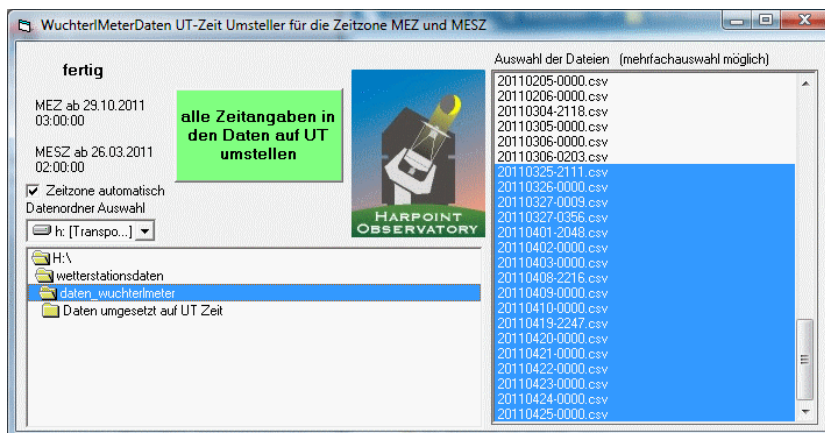
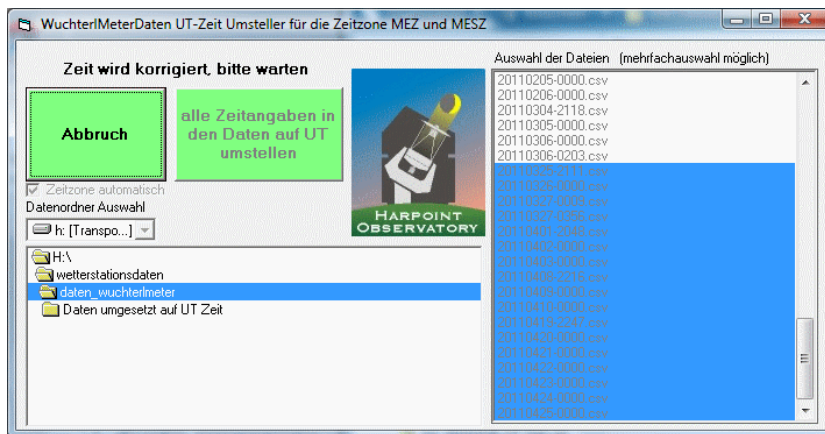
Um das Lightmeter betreiben zu können ist ein dauernd laufender PC notwendig. Die vorgesehene Software "Lightmeter.exe" (unter Windows) muss man wohl als rudimentär bezeichnen. Sie neigt zu Fehlermeldungen und Abstürzen. Die immer ab Tageswechsel in einer neuen Datei gesammelten Daten sind dann verloren.



Als Workaround zu diesen Fehlern ist ein automatischer Neustart des ganzen Rechners vorgesehen. Diese Funktion geht nicht immer nur vom Anwenderprogramm aus: Wenn der Gerätetreiber eine Verbindungsstörung zum Lightmeter festgestellt hat und ein neu hinzukommendes Gerät am USB-Bus bemerkt (das muss gar nicht der Lightmeter selbst sein), bootet er unserer Erfahrung nach den Rechner neu. Andere, am gleichen Rechner laufende Anwendungen sind durch diese Vorgangsweise freilich schon ein wenig behindert.

Andererseits hilft der Workaround nicht, wenn es dem Lightmeter zu warm wird. An heißen Sommertagen (Außentemperatur im Schatten 36°C und vom Lightmeter gemeldete Temperatur > 46°C) gibt unser Rechner im Sekundentakt einige Töne von sich, die oben gezeigte Fehlermeldung tritt auf und der Rechner bootet neu. Das nutzt in diesem Fall aber nix, die Verbindung zum Lightmeter bleibt unterbrochen. Zieht man dann seinen USB-Kabel ab und steckt in wieder an, dann verschwindet die Verbindungsstörung, bis zum nächsten Hitzekollaps nach wenigen Minuten. Dem Rechner selbst ist dabei sicher nicht zu warm, er steht im kühlen Zimmer. Erst in den kühleren Abendstunden funktioniert der Lightmeter dann wieder.

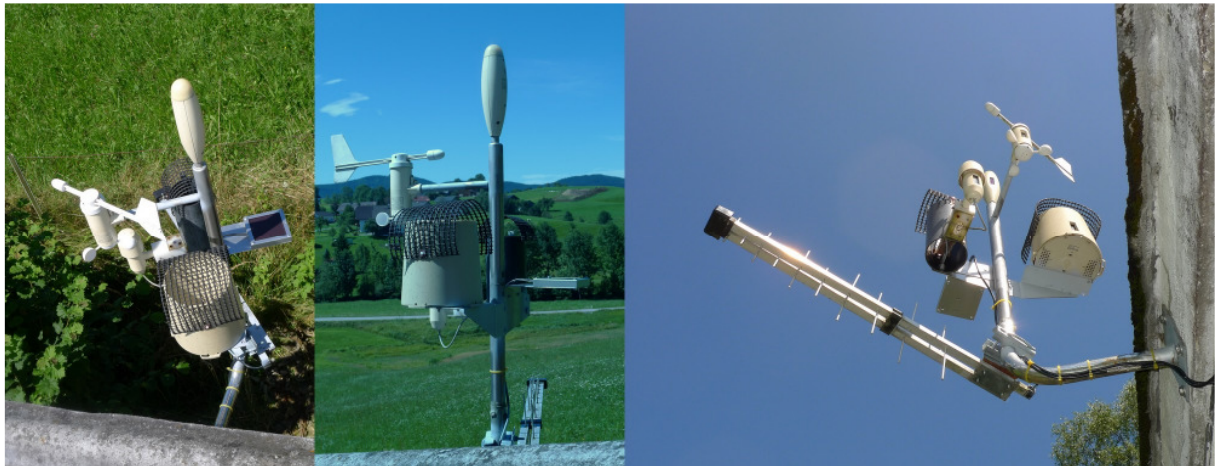
Weiters wird empfohlen, die Daten nach Möglichkeit mit einem UT-Zeitstempel zu generieren. Dazu müsste der Rechner mit UT-Zeit laufen. Eine andere Alternative ist die nachträgliche Korrektur des Zeitstempels in den CSV-Dateien. Wir haben uns für die letztere Methode entschieden und ein kleines Tool entwickelt, welches nachträglich die Dateien durchforstet und den Zeitstempel jeder Messung von MEZ bzw. MESZ auf UT konvertiert. Das Tool kann auf Anfrage von uns bezogen werden.



## Montage des Sensors an unserer Sternwarte

Wir haben das Gerät am Mast unserer Wetterstation montiert. Dieser Mast schaut über das Dach des eingeschossigen Anbaues mit unserer Astronomenwohnung und den Werkstätten. Dort ist der Sensor vor direktem Fremdlichteinfall aus Haus und Garten weitgehend geschützt. Eine in 2m Abstand befindliche große Esche wurde gefällt um die rundum-Sicht auf den Himmel nicht zu beeinträchtigen und kein von unten kommendes Licht über den Baum zum Sensor zu reflektieren. Trotzdem registriert der Sensor in dunkler Nacht die Außenbeleuchtung am Haus mit zusätzlichen +2000 Counts. Die zugegebenermaßen recht helle Außenbeleuchtung (120W) befindet sich einige Meter entfernt deutlich unterhalb der Montagehöhe unter einem Dachvorsprung, sodass kein Licht direkt nach oben abstrahlt wird. Das Licht der Außenbeleuchtung wird offenbar von anderen, weiter entfernten Bäumen und Fassadenteilen (8m..10m Abstand) reflektiert, die den Mast der Wetterstation überragen (was sich leider nicht vermeiden lässt). Zum Glück ist die helle Außenbeleuchtung bei uns nur selten aufgedreht (nur wenn der Gartengriller an lauen Sommerabenden in Betrieb ist). Alle anderen künstlichen Lichtquellen im und am Haus wurden ebenfalls getestet, sie haben keinen Einfluss auf die Messung. Strasse und Nachbarhäuser sind mehr als 200m entfernt. Wir sind daher zuversichtlich, mit dem

"Wuchterlmeter" die Himmelhelligkeit einigermaßen sauber zu registrieren. Bei direkt eingestahltem Sonnen- oder Mondlicht ist zu bedenken, dass der Mast selbst zeitweilig einen Schatten auf die Solarzelle werfen kann.



### **Überlegungen zum Messprinzip**

Da stellt sich zunächst die Frage, wieso überhaupt die Globalstrahlung gemessen, also Licht aus einem Winkel von  $180^\circ$  erfasst wird? Das Gerät sollte doch die Himmelhelligkeit messen und nichts anderes. Zwar spielt bei der ebenen, waagrecht montierten Solarzelle der Einfallswinkel des Lichts schon eine Rolle (Licht aus dem Zenit wird am stärksten registriert), doch gelangt durch die  $180^\circ$  Erfassungswinkel leichter das Licht von Lampen in der Umgebung direkt auf die Messzelle. In städtischer Umgebung messe ich so das Licht der Nachbarhäuser mit. Selbst wenn das Ding noch so hoch oben am Dach montiert ist, es gibt in der Praxis immer Reflexionsflächen in der Umgebung (Rauchfänge, Dachaufbauten etc.), die höher sind als die Messzelle. Ein kleiner Teil des Lichts von Strassen und Häusern wird dort reflektiert und gelangt so indirekt wieder auf die Messzelle. Ich messe unweigerlich nicht nur das Licht des Himmels. Scheint die Sonne oder der Mond, so können manche, die Messzelle überragenden Gebäudeteile einen Schatten darauf werfen. Aus all diesen Gründen wäre es meiner Meinung nach besser gewesen, den Messwinkel mit einer Blende oder Linse deutlich einzuschränken, um nur einen Himmelsausschnitt im Zenit, aber nur diesen zu erfassen.

Vergleichen wir die Situation jedoch mit den Möglichkeiten in der Stadt, freitäugig den Himmel zu bewundern, so stören uns ja auch die horizontnahen Lampen. Sie stören auch beim Blick auf den Himmel durch das Okular eines Teleskops. Aus diesem "Blickwinkel" heraus ist die Messung der Globalstrahlung inklusive dem direkt oder reflektiv einfallenden, störenden Licht irdischer Lichtquellen bis zu einem gewissen Grad wieder verständlich.

### **Verbesserungsvorschläge**

Als Elektrotechniker kann ich es mir nicht ganz verkneifen, Alternativen zur eingesetzten Technik aufzuzeigen: Auch die anderen Sensoren auf dem Mast (sie gehören zu unserer Wetterstation) haben eine Solarzelle. Sie wird zur Stromversorgung verwendet. Tagsüber wird zusätzlich ein Akku mit einer Kapazität von 50mAh aufgeladen (ganz spezieller Typ=Lithium-Vanadium-Pentoxyd mit 3V Nennspannung). Er versorgt die Sensoren über Nacht mit Strom. Die Daten werden per Funk zu einem Empfänger in der Nähe des PC übertragen. Die nur ganz kurz während des Sendevorgangs erforderlichen 35mA (Sendeleistung 10mW) werden dabei einem hochkapazitiven Doppelschicht-Elko entnommen. Diese Wettersensorik funktioniert mit der beschriebenen Technologie bei uns schon 5 Jahre lang bei 5 Sensoren ohne jede Wartung, da die genannten Bauelemente recht langlebig sind. Trotzdem sei nicht verschwiegen, dass es sich bei dem Akku und dem Doppelschicht-Elko um Bauelemente mit begrenzter Lebensdauer handelt. Das gleiche Prinzip hätte man ebenfalls für das Lightmeter anwenden können, da die Solarzelle ja um ein vielfaches größer ist wie bei den Sensoren der Wetterstation und dementsprechend mehr Sonnenenergie sammeln kann. Man könnte ja eine Solarzelle nur zur Stromversorgung nach Süden ausrichten und so anordnen, dass kein Schnee drauf liegen bleibt. Mit solarer Stromversorgung sind der sekundliche Mess-Zyklus und die Funkübertragung über 433Mhz oder 868MHz gar kein Problem. Die robusten Sende- und Empfangsmodule sind fertig erhältlich. Selbst für den Fall dass die Mess- und Solarzellen des Lightmeters im Winter beheizt werden sollen (damit kein Schnee darauf liegen bleibt), wäre die Verlegung von 2

Klingeldrähten für die Heizung (und Stromversorgung) doch wesentlich einfacher als die USB-Verkabelung. Eine wirksame passive Abtauheizung erreicht man übrigens auch durch einen schwarzen Unterbau, der an sonnigen Wintertagen die absorbierte Wärmestrahlung zu den lichtempfindlichen Bauelementen leitet (ev. unter Verwendung von Heat-Pipes). Läuft der PC nicht dauernd, so können die Daten unserer Wetterstation zumindest bei uns auch auf einen USB-Stick zwischengespeichert werden (Umchaltung PC/STICK). Das wäre ebenso eine Alternative für die Daten des Lightmeters. Wie diese Beispiele zeigen, gibt es beim Lightmeter seitens der eingesetzten Technik noch jede Menge Entwicklungspotential.

### **Eingeschränkte Betriebszeit**

Da unser Rechner aus technischen Gründen nicht dauernd in Betrieb ist, gibt es bei uns nur dann Daten vom Lightmeter, wenn die Sternwarte auch genutzt wird (wir haben den Lightmeter trotz dieser Einschränkung erhalten). Erst wenn eine geplante Haussteuerzentrale in Betrieb geht und im 24/7-Betrieb laufen wird, kommen auch aus Harpoint die Daten vom Lightmeter ohne zeitliche Lücken.

### **Links**

- Kuffner Sternwarte (allgemeine Beschreibung und Wiki)  
<http://kuffner-sternwarte.at/hms/wiki/index.php5?title=Hauptseite>
- GAVO (german astronomical virtual Observatory)  
<http://dc.zah.uni-heidelberg.de/>
- Allgemeine Info zum Service „Light Pollution Weather“  
<http://dc.zah.uni-heidelberg.de/lightmeter/q/weather/info>
- ausgewertete Daten der einzelnen Stationen  
<http://dc.zah.uni-heidelberg.de/lightmeter/q/weather/form>
- Rohdaten der einzelnen Stationen  
<http://dc.zah.uni-heidelberg.de/lightmeter/q/data/form>

© Sternwarte Harpoint, 2011, Autor: Dipl. Ing. Hans Robert Schäfer