

Dokumentation der Wetterstation
auf dem Dach des Institutsgebäudes
des Max-Planck-Instituts für Biogeochemie

Olaf Kolle¹
Max-Planck-Institut
für Biogeochemie

12. August 2008

¹olaf.kolle@bgc-jena.mpg.de

Inhaltsverzeichnis

1	Mast und Instrumentierung	2
2	Erfassung und Weiterverarbeitung der Daten	3
3	Visualisierung und Archivierung der Daten	4

1 Mast und Instrumentierung

Die meisten Geräte der Wetterstation sind an einem 10 m hohen, freistehenden Edelstahlmast mit quadratischem, sich nach oben hin verjüngendem Querschnitt auf dem Dach des Institutsgebäudes montiert. Dieser Mast dient aber auch zur temporären Aufnahme weiterer Messinstrumente zum Zwecke von Vergleichsmessungen oder Kalibrierungen.

In nachfolgender Tabelle sind die Messgrößen, das verwendete Messgerät sowie deren Herstellerfirmen aufgelistet:

Messgröße	Gerätetyp	Hersteller
Lufttemperatur	KPK1/5-ME	MELA Sensortechnik
Relative Luftfeuchte	KPK1/5-ME	MELA Sensortechnik
Luftdruck	PTB101B	VAISALA
Windgeschwindigkeit	A100R	Vector Instruments
Windrichtung	W200P	Vector Instruments
Globalstrahlung	CM11	Kipp & Zonen
Photosynthetisch aktive Strahlung	PAR Lite	Kipp & Zonen
Niederschlagsmenge	5.4032.35.008	Thies
Niederschlag ja/nein	5.4105.00.000	Thies
CO ₂ -Konzentration	LI6262	Licor

Tabelle 1: Instrumente der Wetterstation

Folgende Tabelle zeigt die Messgrößen und die jeweils verwendete Messmethode:

Messgröße	Messmethode
Lufttemperatur	PT100 Widerstand
Relative Luftfeuchte	kapazitiver Feuchtesensor
Luftdruck	kapazitive Druckdose
Windgeschwindigkeit	Schalensternanemometer mit Kontakt
Windrichtung	Windfahne mit Potentiometer
Globalstrahlung	Temperaturgradient einer geschwärzten Fläche
Photosynthetisch aktive Strahlung	Fotodiode mit Filter
Niederschlagsmenge	Wippe mit Kontakt (0.1 mm Auflösung)
Niederschlag ja/nein	Leitfähigkeitsänderung zwischen Kontakten
CO ₂ -Konzentration	Absorption von Infrarotstrahlung

Tabelle 2: Messgrößen und Messmethoden

Mit Ausnahme des Regenmessers und des Regensensors, die sich in ca. 1 m Höhe in der Nähe des Mastfußes befinden sind, sind alle Geräte im obersten Bereich des Mastes montiert, so auch die Ansaugstelle für die Außenluft zur Messung der CO₂-Konzentration mit einem

Infrarot-Gasanalysator. Es handelt sich hierbei um einen Gasanalysator mit geschlossenem Strömungsweg. Die mit einer Membranpumpe angesaugte Außenluft wird durch eine Küvette im Gasanalysator geleitet. Die Küvette besteht aus zwei Zellen mit einem Volumen von jeweils ca. 12 cm^3 . Durch die eine Zelle strömt die zu messende Außenluft, durch die zweite Zelle strömt mit sehr geringer Durchflussrate ein Referenzgas, in diesem Fall purer Stickstoff (N_2) aus einer Druckgasflasche. Durch beide Zellen wird in rascher Folge abwechselnd Infrarotstrahlung mit einer Wellenlänge von $4.26\text{ }\mu\text{m}$ aus ein und derselben Strahlungsquelle gesendet, die von dem in der Luft enthaltenen CO_2 in Abhängigkeit von dessen Konzentration mehr oder weniger stark absorbiert wird. In der Referenzzelle findet dagegen keine Absorption statt. Durch Vergleich der am Detektor auftreffenden Infrarotstrahlung kann so die CO_2 -Konzentration unter Eliminierung systembedingter Schwankungen der Strahlungsintensität bestimmt werden. Um möglichst präzise Konzentrationsmessungen zu gewährleisten, ist es erforderlich, den Gasanalysator regelmäßig zu kalibrieren. Dies erfolgt hier automatisch einmal pro Tag, immer um Mitternacht. Zu diesem Zweck wird über eine Ventilumschalteneinheit zunächst purer Stickstoff über einen Zeitraum von einer Minute durch die Messzelle geleitet, anschließend wiederum für eine Minute ein Kalibriergas aus einer Druckgasflasche (ca. 400 ppm CO_2 in synthetischer Luft). Aus den Resultaten der Messungen bei diesen beiden bekannten Konzentrationen wird dann eine Kalibrierfunktion errechnet, die während der kommenden 24 Stunden zur Anwendung kommt. Die CO_2 -Konzentration des Kalibriergases wurde zuvor im Gaslabor des Instituts hochpräzise mit einer Genauigkeit von besser als 0.1 ppm bestimmt.

Auf halber Höhe des Mastes befindet sich eine Mobotix CA160A1 Web-Kamera mit Blickrichtung nach Norden auf das Stadtzentrum von Jena. Die Kamera liefert simultan zwei Bilder mit unterschiedlicher Brennweite.

Die Besteigung des Mastes zu Montage- und Wartungsarbeiten erfolgt immer mit angelegter persönlicher Schutzausrüstung (PSA) bestehend aus Schutzhelm und Klettergeschirr. Am Klettergeschirr befindet sich ein Läufer, der in die Schiene des Sicherheitssystems (Fa. Söll) eingeschoben wird. Derart gesichert ist ein Absturz der arbeitenden Personen ausgeschlossen.

2 Erfassung und Weiterverarbeitung der Daten

Zur Aufnahme von Datenaufzeichnungsgeräten, Stromversorgungsmodulen, Laptops und dergleichen befindet sich am Mastfuß ein sog. Outdoor-Modul-Gehäuse (Fa. Rittal), dessen Innentemperatur durch Ventilation und Heizung im Bereich zwischen $5\text{ }^\circ\text{C}$ und Umgebungstemperatur gehalten wird. In diesem Schaltschrank befinden sich auch der Gasanalysator sowie die dazu erforderlichen Peripheriegeräte (Ventil-Umschalteneinheit usw.).

Die Erfassung der Ausgangssignale oben genannter Messgeräte erfolgt mit einem CR10X Datenlogger (Fa. Campbell Scientific). Ein damit verbundenes Netzwerk-Interface NL100 (Campbell Scientific) koppelt den Datenlogger an das institutsinterne Netzwerk. Die Sensoren werden alle 10 Sekunden vom Datenlogger abgefragt, intern werden dann jeweils über einen Zeitraum

von 10 Minuten je nach Messgröße Mittelwerte, Summen und Extremwerte berechnet und im Ringspeicher des Datenloggers abgelegt.

Auf einem Computer im institutsinternen Netzwerk (WINDOWS XP Betriebssystem) läuft das Programm LOGGNET (Campbell Scientific), das alle 10 Minuten mit dem Datenlogger Verbindung aufnimmt und über das Netzwerk die neuesten bzw. die bis dato noch nicht abgeholten Daten herunterlädt. Die rechnerinterne Uhrzeit wird laufend mit einem Zeitserver abgeglichen, der Computer seinerseits synchronisiert regelmäßig die Uhr des Datenloggers.

Mit Hilfe einer eigenen Software werden die Rohdaten, die meist zunächst als Spannungswerte vorliegen, aktuell und automatisch umgerechnet, auf Plausibilität geprüft und dann in Form von ASCII-Dateien auf einem Server abgelegt.

Die Bilder der Web-Kamera werden direkt über das Netzwerk automatisch alle 10 Minuten auf einem Server abgelegt.

3 Visualisierung und Archivierung der Daten

Auf dem Computer, der den Datenlogger abfragt, läuft ein weiteres Programm namens RTDM (Real Time Data Monitor, Campbell Scientific), das automatisch detektiert, ob neue Daten in der Rohdatendatei vorliegen. Wenn dies der Fall ist, werden die neuen Daten eingelesen, es werden erforderliche Berechnungen durchgeführt, und die Grafiken werden aktualisiert. Anschließend werden die einzelnen Grafiken als Bitmap-Dateien an den Server übertragen.

Auf dem Server läuft ein Script, das alle Informationen zusammenführt und die Web-Seite stetig aktualisiert.

Alle Daten seit Inbetriebnahme der Wetterstation stehen frei zur Verfügung und können in Form komprimierter Archive heruntergeladen werden. Es werden jeweils Daten eines halben Kalenderjahres in einer ZIP-Datei zusammengefasst. Bei den entpackten Dateien handelt es sich um sog. CSV-Dateien (comma separated values), bei der die einzelnen Daten durch Komma getrennt sind. Als Dezimaltrennzeichen wird der Punkt verwendet, Zeit und Datumsformat entsprechen der deutschen Darstellungsweise. Nachfolgend ist ein Beispiel in Form weniger Zeilen mit reduzierter Spaltenzahl dargestellt:

```
"Date Time","p (mbar)","T (degC)","Tpot (K)","Tdew (degC)","rh (%)" .....
08.09.2004 12:00, 1004.39, 18.54, 291.34, 9.23, 54.57 .....
08.09.2004 12:10, 1004.35, 18.92, 291.72, 9.35, 53.72 .....
08.09.2004 12:20, 1004.37, 18.82, 291.62, 8.93, 52.55 .....
08.09.2004 12:30, 1004.36, 18.88, 291.68, 8.18, 49.78 .....
```

In folgender Tabelle sind alle Spaltenbezeichnungen sowie die zugehörigen Einheiten und die Beschreibung der entsprechenden Messgröße aufgelistet:

Symbol	Einheit	Variable
<i>Date Time</i>	TT.MM.JJJJ HH:MM (MEZ)	Datum und Zeit des Datensatzes (Ende)
<i>p</i>	mbar	Luftdruck
<i>T</i>	°C	Lufttemperatur
<i>Tpot</i>	K	potentielle Temperatur
<i>Tdew</i>	°C	Taupunkttemperatur
<i>rh</i>	%	relative Luftfeuchte
<i>VPmax</i>	mbar	Sättigungsdampfdruck
<i>VPact</i>	mbar	Dampfdruck
<i>VPdef</i>	mbar	Dampfdruckdefizit
<i>sh</i>	g kg ⁻¹	spezifische Luftfeuchte
<i>H2OC</i>	mmol mol ⁻¹	Wasserdampfkonzentration
<i>rho</i>	g m ⁻³	Luftdichte
<i>wv</i>	m s ⁻¹	Windgeschwindigkeit
<i>max. wv</i>	m s ⁻¹	maximale Windgeschwindigkeit
<i>wd</i>	°	Windrichtung
<i>rain</i>	mm	Niederschlag
<i>raining</i>	s	Dauer des Niederschlags
<i>SWDR</i>	W m ⁻²	Globalstrahlung
<i>PAR</i>	μmol m ⁻² s ⁻¹	photosynthetisch aktive Strahlung
<i>max. PAR</i>	μmol m ⁻² s ⁻¹	maximale photosynthetisch aktive Strahlung
<i>Tlog</i>	°C	interne Temperatur des Datenloggers
<i>CO2</i>	ppm	CO ₂ -Konzentration der Außenluft

Tabelle 3: Messgrößen, ihre Symbole und Einheiten

Die Kamerabilder werden nicht archiviert.