

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

Olaf Kolle¹

Max-Planck-Institut
für Biogeochemistry

04. Februar 2025

¹ okolle@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 10m 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 jeweils verwendete Messgerät sowie deren Herstellerfirmen aufgelistet:

Variable	Instrument	Hersteller
Lufttemperatur	IAKM.00.F148.520.7S8	MELA Sensortechnik
Relative Luftfeuchte	IAKM.00.F148.520.7S8	MELA Sensortechnik
Luftdruck	PTB101B	VAISALA
Windgeschwindigkeit	4.3800.00.140	Thies
Windrichtung	4.3800.00.140	Thies
Globalstrahlung	CM11	Kipp & Zonen
Fotosynthetisch aktive Strahlung	PAR Lite	Kipp & Zonen
Niederschlagsmenge	5.4032.35.008	Thies
Niederschlag ja/nein	5.4103.10.000	Thies
Niederschlagsspektren	Parsivel Disdrometer	Ott HydroMet
CO ₂ -Konzentration	LI6262	Licor

Tabelle 1: Instrumente der Wetterstation

Folgende Tabelle zeigt die Messgrößen und die jeweils verwendete Messmethode:

Variable	Messmethode
Lufttemperatur	PT100 Widerstand
Relative Luftfeuchte	kapazitiver Feuchtesensor
Luftdruck	kapazitive Druckdose
Windgeschwindigkeit	2-D Ultraschallanemometer
Windrichtung	2-D Ultraschallanemometer
Globalstrahlung	Temperaturgradient einer geschwärzten Fläche
Fotosynthetisch aktive Strahlung	Fotodiode mit Filter
Niederschlagsmenge	Wippe mit Kontakt (0.1mm Auflösung)
Niederschlag ja/nein	Infrarot fotoelektrischer Schalter
Niederschlagsspektren	Laser Lichtschranke
CO ₂ -Konzentration	Absorption von Infrarotstrahlung

Tabelle 2: Messgrößen und Messmethoden

Mit Ausnahme des Regenmessers, des Regensensors und des Disdrometers, die sich in ca. 1m Höhe in der Nähe des Mastfußes befinden, sind alle Geräte im obersten Bereich des Mastes

montiert, so auch die Ansaugstelle für die Außenluft zur Messung der CO_2 -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 $4.26 \mu\text{m}$ 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 oder der Detektorempfindlichkeit 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 mit bekannter CO_2 -Konzentration aus einer Druckgasflasche. Aus den Resultaten der Messungen bei diesen beiden 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 M16B 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°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 CR1000X Datenlogger (Fa. Campbell Scientific). Der Datenlogger ist direkt via Ethernet-Kabel mit dem institutsinternen Netzwerk verbunden. 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 10 Betriebssystem) läuft das Programm LoggerNet (Campbell Scientific), welches 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 RTMC (Real Time Monitoring and Control, 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 png-Dateien an den Server übertragen. Auf dem Server läuft ein Skript, 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, seit 2024 eines ganzen 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>	dd.mm.yyyy hh.mm (MEZ)	Datum und Zeit des Datensatzes (der Zeitstempel markiert das Ende des Mittelungsintervalls)
<i>p</i>	mbar	Luftdruck
<i>T</i>	°C	Lufttemperatur
<i>T_{pot}</i>	K	potentielle Temperatur
<i>T_{dew}</i>	°C	Taupunkttemperatur
<i>rh</i>	%	relative Luftfeuchte
<i>VP_{max}</i>	mbar	Sättigungsdampfdruck
<i>VP_{act}</i>	mbar	Dampfdruck
<i>VP_{def}</i>	mbar	Dampfdruckdefizit
<i>sh</i>	gkg ⁻¹	spezifische Luftfeuchte
<i>H₂O_C</i>	mmolmol ⁻¹	Wasserdampfkonzentration
<i>rho</i>	gm ⁻³	Luftdichte
<i>wv</i>	ms ⁻¹	Windgeschwindigkeit
<i>max. wv</i>	ms ⁻¹	maximale Windgeschwindigkeit
<i>wd</i>	°	Windrichtung
<i>rain</i>	mm	Niederschlag
<i>raining</i>	s	Dauer des Niederschlags
<i>SWDR</i>	Wm ⁻²	Globalstrahlung
<i>PAR</i>	mmolm ⁻² s ⁻¹	fotosynthetisch aktive Strahlung
<i>max. PAR</i>	μmolm ⁻² s ⁻¹	maximale fotosynthetisch aktive Strahlung
<i>T_{log}</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 mit einer zeitlichen Auflösung von 5 Minuten ebenfalls archiviert.