

BEDIENUNGSANLEITUNG

metric

ThermoHygroGraph

Thermo-Hygro-Datenlogger

Thermo-Hygro-Datenlogger mit grafischer Anzeige und Monatsarchiv

Kurzprofil 15-Minuten-Messung im Viertelstundenraster, Vier-Tage-Diagramme, Monatsstatistik mit MKT, zwölf Kalendermonate Archiv, digital signierter WLAN- und USB-Export sowie wahlweise Stromsparbetrieb oder dauerhaft erreichbarer WLAN-Client.

1. Schnellstart

1.1 Erste Inbetriebnahme

1. Gerät über USB mit Strom versorgen und die vollständige Aktualisierung der Anzeige abwarten.
2. CONFIRM drücken. Der WLAN-Hotspot wird für zehn Minuten aktiviert.
3. Mit dem Hotspot ThermoLogger-XXXX verbinden und das Passwort Thermo42! eingeben.
4. Im Browser <http://192.168.4.1> öffnen, Heim-WLAN auswählen und dessen Passwort speichern.
5. Im Abschnitt WLAN-Client festlegen, ob das Gerät im Stromsparbetrieb arbeiten oder im Heim-WLAN dauerhaft erreichbar bleiben soll.
6. Gerät neu starten oder den nächsten Messzyklus abwarten. Bei erreichbarbarem WLAN werden Datum und Uhrzeit automatisch synchronisiert.
7. Prüfen, ob aktuelle Messwerte angezeigt werden und keine Sensorfehlermeldung erscheint.

Zeitbasis Messungen werden auf :00, :15, :30 und :45 synchronisiert. Der gespeicherte Zeitstempel liegt exakt auf der jeweiligen Viertelstunde.

2. Anzeige und Tasten

2.1 Bildschirminhalt

Bereich	Bedeutung
Oben links	Große Momentanwerte für Temperatur und relative Feuchte.
Oben rechts	Produktname zweizeilig: metric / ThermoHygroGraph.
Temperaturdiagramm	Vier Kalendertage, automatische Y-Skalierung; darüber Monatsmittel, Sigma, Min, Max und Monats-MKT.
Feuchtediagramm	Relative Feuchte über denselben Zeitraum; darüber Monatsmittel, Sigma, Min und Max.
X-Achse	Tagesgrenzen bei 00 Uhr, Mittagsmarken bei 12 Uhr; Tagesgrenzen dicker, Datum jeweils bei 12 Uhr.
Unter den Diagrammen	Datum und Uhrzeit links, Zahl der Messwerte des laufenden Monats rechts.

Die Diagramme zeigen den aktuellen Kalendertag und die drei vorherigen Kalendertage, jeweils von 00 bis 24 Uhr. Fehlende Werte bleiben als Lücke sichtbar; es werden keine Messwerte erfunden oder interpoliert.

2.2 Integrierte Tasten

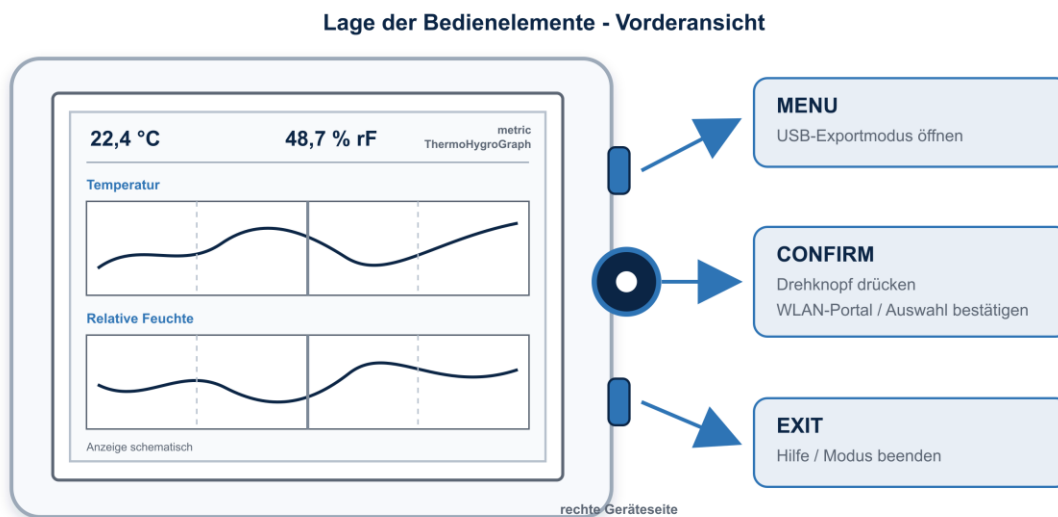


Abbildung 1: Bedienelemente an der rechten Geräteseite. CONFIRM wird durch Drücken des Drehknopfs ausgelöst.

Taste	Funktion
EXIT	Hilfe auf der Anzeige öffnen; erneut EXIT beendet die Hilfe. Im WLAN- oder USB-Modus vorzeitig beenden.
MENU	USB-Exportmodus für zehn Minuten öffnen.
CONFIRM	WLAN-Archiv und WLAN-Einstellung für zehn Minuten öffnen.

Bedienung im Stromsparbetrieb Alle drei Tasten können das Gerät aufwecken. Auf der Hilfeseite wechselt MENU direkt zum USB-Modus und CONFIRM direkt zum WLAN-Portal.

2.3 Normaler Messzyklus

1. Aufwachen zum nächsten Viertelstundenzeitpunkt.
2. Temperatur und relative Feuchte messen und auf Plausibilität prüfen.
3. Messwert mit synchronisiertem Zeitstempel in der Monatsdatei speichern.
4. Monatsstatistik und Vier-Tage-Diagramme berechnen und die Anzeige aktualisieren.
5. Bei ausgeschaltetem WLAN-Dauerbetrieb bis zum nächsten Termin in den Stromsparbetrieb wechseln.

WLAN-Dauerbetrieb Ist der dauerhafte WLAN-Client eingeschaltet, bleibt die Webseite zwischen den Messungen erreichbar und der Stromsparbetrieb ist deaktiviert. Die Messungen erfolgen trotzdem weiter synchron zu :00, :15, :30 und :45. Wegen des höheren Stromverbrauchs wird ein geeignetes USB-Netzteil empfohlen.

3. Speicherung und Statistik

3.1 Kalenderbasierter Ringspeicher

Jeder Kalendermonat wird separat archiviert. Beim Monatswechsel wird die Statistik des abgeschlossenen Monats gespeichert und die laufende Anzeigestatistik für den neuen Monat neu begonnen.

- Aufbewahrung: laufender Monat plus elf vorherige Kalendermonate.
- Erst beim Beginn eines dreizehnten Monats werden Daten und Statistik des ältesten Monats entfernt.
- Bei 15-Minuten-Werten entstehen maximal etwa 36.000 Datensätze pro Jahr.
- Das Zwölf-Monats-Archiv sollte regelmäßig über WLAN oder USB als externe Sicherung gespeichert werden.

3.2 Monatsstatistik

Kennzahl	Berechnung / Aussage
Anzahl	Zahl der gültigen Messwerte im laufenden oder abgeschlossenen Kalendermonat.
Mittelwert	Arithmetischer Mittelwert aller gültigen Monatswerte.
Sigma	Populations-Standardabweichung aller gültigen Monatswerte.
Minimum / Maximum	Kleinster und größter gültiger Monatswert; zusammen die Spannweite.
MKT	Mean Kinetic Temperature aus allen gleichabständigen Temperaturwerten des Monats.

3.3 Mean Kinetic Temperature (MKT)

Die MKT gewichtet höhere Temperaturen nach der Arrhenius-Gleichung stärker als niedrigere. Das Gerät nutzt alle gleichabständigen 15-Minuten-Temperaturwerte des jeweiligen Kalendermonats.

$$\text{MKT } [^{\circ}\text{C}] = \text{Ea} / (-\text{R} * \ln(\text{Mittelwert}(\exp(-\text{Ea} / (\text{R} * \text{Ti})))))) - 273,15$$

- Ea = 83,144 kJ/mol (pharmazeutischer Standardwert).
- R = 8,314462618 J/(mol K).
- Ti = einzelne Temperatur in Kelvin.
- Die Monats-MKT wird angezeigt und in der Monatsstatistik sowie Statistik-CSV gespeichert.

Fachlicher Hinweis Für produktspezifische Stabilitätsentscheidungen kann eine experimentell bestimmte Aktivierungsenergie erforderlich sein. Die Geräteanzeige ersetzt keine produktspezifische Risikobewertung.

4. WLAN, Internetzeit und Datenabruf

4.1 WLAN-Portal öffnen

1. CONFIRM drücken, um das zehnminütige Bedienfenster zu starten.
2. Mit ThermoLogger-XXXX verbinden; XXXX ist gerätespezifisch.
3. Passwort Thermo42! eingeben.
4. Falls die Portalseite nicht automatisch erscheint, <http://192.168.4.1> aufrufen.
5. WLAN-Zugangsdaten eintragen oder im Archiv eine CSV-Datei herunterladen.
6. EXIT drücken, um das Portal vor Ablauf der zehn Minuten zu schließen.

Paralleler Zugang Ist das gespeicherte Heim-WLAN erreichbar, verbindet sich das Gerät parallel als WLAN-Client. Das Display zeigt zusätzlich die LAN-IP; das Archiv ist dann über Hotspot- und LAN-Adresse erreichbar.

4.2 WLAN-Client dauerhaft aktivieren

Im Hotspot-Portal kann im Abschnitt WLAN-Client zwischen „Aus - Stromsparbetrieb verwenden“ und „Dauerhaft aktiv“ gewählt werden. Die Einstellung wird gespeichert; anschließend startet das Gerät neu.

- Der Netzwerkname entspricht exakt der individuellen Kennung, die mittig unten auf dem Display steht, zum Beispiel THG-3CDC7564DEA8.
- Dieselbe Kennung steht in den CSV-Dateinamen und Exportdaten. Dadurch lassen sich Gerät, Webseite und Messdateien eindeutig zuordnen.
- Im verbundenen Heim-WLAN ist die Webseite über die vom Router vergebene IP-Adresse und normalerweise auch unter <http://THG-3CDC7564DEA8.local/> erreichbar. Dabei ist die Kennung des eigenen Geräts einzusetzen.
- Messarchiv, Monatsstatistik, Downloads und Einstellungen stehen dauerhaft im lokalen WLAN zur Verfügung, ohne den Hotspot für jeden Zugriff neu zu öffnen.
- Die Messungen und Displayaktualisierungen bleiben auf :00, :15, :30 und :45 synchronisiert.

Netzteil empfohlen Im dauerhaften WLAN-Clientbetrieb ist der Stromsparbetrieb ausgeschaltet und der Stromverbrauch deutlich höher. Das Gerät sollte deshalb mit einem geeigneten USB-Netzteil versorgt werden.

Ist das gespeicherte WLAN beim Start oder länger als zwei Minuten nicht erreichbar, beendet das Gerät den erfolglosen Dauerbetrieb vorübergehend. Es wechselt bis zum nächsten Messintervall in den Stromsparbetrieb und versucht die Verbindung beim nächsten Aufwachen erneut. CONFIRM öffnet den Hotspot, damit WLAN-Zugang oder Betriebsart geändert werden können.

Zum Ausschalten im dauerhaft erreichbaren Webmenü oder im Hotspot-Portal „Aus - Stromsparbetrieb verwenden“ wählen. Nach dem automatischen Neustart arbeitet der Logger wieder im stromsparenden Schlafbetrieb.

4.3 Verfügbare Downloads

Die Startseite des WLAN-Clients zeigt dieselben Informationen wie die Geräteanzeige: Momentanwerte, Monatsstatistik, MKT, beide Vier-Tage-Diagramme, Zeitachse, Datum, Uhrzeit, Messwertzahl und Gerätekennung. Die Darstellung wird automatisch aktualisiert.

- Digital signierte CSV-Datei für jeden gespeicherten Kalendermonat.
- Gemeinsame, digital signierte CSV-Datei des gesamten Zwölf-Monats-Archivs.
- CSV-Datei mit Monatsstatistiken einschließlich Mittelwert, Sigma, Min, Max und MKT.
- Webversion dieser Bedienungsanleitung.

4.4 Neue Messkampagne starten (Reset)

Achtung - endgültige Löschung Die Resetfunktion löscht alle gespeicherten Messwerte und Monatsstatistiken unwiderruflich. Vorher die Jahres-CSV oder die benötigten Monatsdateien als Sicherung herunterladen.

Der Reset steht sowohl direkt am Gerät als auch im WLAN-Archiv zur Verfügung. In beiden Fällen schützt eine zusätzliche Sicherheitsabfrage vor versehentlichem Löschen.

Am Gerät:

1. CONFIRM drücken, um das WLAN-Archiv zu öffnen.
2. Den mittleren Drehsteller nach unten drehen, bis die Resetseite erscheint.
3. Die Warnmeldung vollständig lesen. EXIT bricht den Vorgang ab, ohne Daten zu löschen.
4. Den mittleren Drehsteller drücken, um „Alle Messdaten endgültig löschen“ ausdrücklich zu bestätigen.

Über die WLAN-Webseite:

1. Im WLAN-Archiv „Messdaten zurücksetzen“ auswählen.
2. Auf der separaten Bestätigungsseite die Warnung prüfen.
3. Mit „Ja, alle Messdaten endgültig löschen“ bestätigen oder über den Abbruch-Link ohne Änderung zurückkehren.

Wird gelöscht	Bleibt erhalten
Alle Monatsdateien mit Messwerten	Gespeicherte WLAN-Zugangsdaten
Alle gespeicherten Monatsstatistiken	Zeitzone und automatische Zeitkorrektur
Ältere, noch vorhandene Archivdaten	Geräteidentität und Signaturschlüssel

Nach erfolgreicher Löschung beginnt eine neue Messkampagne. Der erste neue Datensatz wird zum nächsten planmäßigen Viertelstundenzeitpunkt gespeichert.

4.5 Eingebettete digitale Signatur

Die Messwertdatei bleibt eine normale, semikolongetrennte CSV. Die ersten vier Spalten enthalten Zeitstempel, Unixzeit, Temperatur und relative Feuchte und können direkt in Excel ausgewertet werden. Rechts davon stehen die Signaturdaten; sie sind nur in der ersten Datenzeile belegt und können in Excel ausgeblendet werden.

- Verfahren: SHA-256 und ECDSA mit NIST P-256.
- Erkennt werden geänderte, gelöschte, eingefügte oder vertauschte Messzeilen.
- Signatur und öffentlicher Prüfschlüssel stehen in derselben CSV; eine Begleitdatei ist nicht erforderlich.
- Den in der CSV angezeigten Schlüssel-Fingerabdruck bei der Inbetriebnahme notieren.

Sicherheitsgrenze Die Signatur ist eine technische Integritäts- und Herkunftsprüfung, keine qualifizierte elektronische Signatur. Ohne einen Vergleich mit dem zuvor notierten Fingerabdruck ist die Geräteidentität nicht extern verankert.

4.6 Automatische Zeitsynchronisierung

Beim ersten gültigen WLAN-Kontakt und danach regelmäßig synchronisiert das Gerät Datum und Uhrzeit über das Internet. Zeitzone sowie Sommer- und Winterzeit folgen Europe/Berlin.

Die Zeitabweichung zwischen zwei Internetabgleichen wird automatisch berücksichtigt. Gespeicherte Zeitstempel bleiben unabhängig davon exakt im Viertelstundenraster.

5. USB-Export

MENU öffnet den USB-Exportmodus für zehn Minuten. Ein Doppelklick-Starter erkennt das angeschlossene Gerät und speichert die drei Exportdateien in einem gemeinsamen Ordner.

5.1 Drei CSV-Dateien mit dem Doppelklick-Starter speichern

Die Dateien USB-Export-starten.cmd und USB-Export.ps1 müssen im selben Ordner liegen. USB-Export-starten.cmd wird dort direkt im Datei-Explorer per Doppelklick gestartet; ein vorheriges Öffnen oder Eingeben von Befehlen ist nicht erforderlich.

1. Gerät per USB anschließen und MENU drücken.
2. Gegebenenfalls geöffnete Programme schließen, die den USB-Anschluss des Geräts verwenden.
3. Im Datei-Explorer den gemeinsamen Skriptordner öffnen und USB-Export-starten.cmd doppelklicken.
4. Automatische Erkennung: Eingabetaste drücken; bei Bedarf einen angezeigten COM-Port auswählen.
5. Manuelle Auswahl: M eingeben und Nummer oder Namen des COM-Ports wählen.
6. Abschlussmeldung abwarten; die drei Excel-lesbaren CSV-Dateien liegen danach im selben Ordner wie die beiden Skriptdateien.
7. EXIT am Datenlogger drücken, um den USB-Exportmodus zu beenden.
 - Digital signiertes Zwölf-Monats-Archiv mit allen gespeicherten Messwerten.
 - Digital signierte Monatsdatei des neuesten gespeicherten Kalendermonats.
 - Monatsstatistik mit Mittelwert, MKT, Sigma, Minimum, Maximum und Status; diese abgeleitete Datei besitzt keine eigene Signatur.

Automatisch statt festem COM-Port Der Starter setzt keine feste Anschlussnummer voraus. Er bevorzugt einen eindeutig erkannten USB-/seriellen Anschluss und blendet Bluetooth-COM-Ports aus. Die manuelle Auswahl bleibt jederzeit über M möglich.

5.2 Eingebettete Signatur prüfen

Im selben Ordner liegt Verify-CSVSignature.ps1. Die exportierte CSV wird ohne zusätzliche Signaturdatei geprüft:

```
powershell -ExecutionPolicy Bypass -File .\Verify-CSVSignature.ps1 -CsvPath .\thermologger.csv
```

Für die feste Zuordnung zum erwarteten Gerät bei späteren Prüfungen zusätzlich -TrustedFingerprint und den bei der Inbetriebnahme notierten Fingerabdruck angeben.

Prüfergebnis Die Prüfhilfe bestätigt Hash, P-256-Signatur und Schlüssel-Fingerabdruck. Bei einer geänderten oder fehlenden Messzeile bricht sie mit einer Fehlermeldung ab.

6. Fehlerbehebung

Symptom	Prüfung und Abhilfe
Sensorfehler wird angezeigt	Stromversorgung des Geräts prüfen. Bleibt die Meldung nach dem nächsten Messintervall bestehen, Gerät kurz von der Stromversorgung trennen und erneut starten. Andernfalls den Service verständigen.
Datum oder Uhrzeit ist falsch	CONFIRM öffnen, Zugang zum Heim-WLAN prüfen und die automatische Zeitsynchronisierung abwarten.
WLAN-Portal öffnet nicht	Mit ThermoLogger-XXXX verbunden bleiben, mobile Daten vorübergehend deaktivieren und http://192.168.4.1 direkt eingeben.
WLAN-Client ist nicht erreichbar	Netzwerkname mit der Kennung unten auf der Anzeige vergleichen. Im Router die zugehörige IP-Adresse prüfen; falls .local nicht unterstützt wird, diese IP verwenden. Mit CONFIRM Hotspot und Einstellung prüfen.
Keine neuen Messwerte	Den nächsten Viertelstundentermin abwarten und die Stromversorgung prüfen. Bleibt die Störung bestehen, Gerät neu starten.
Anzeige wird grau oder verrauscht	Die nächste vollständige Aktualisierung abwarten. Bleibt die Anzeige danach beeinträchtigt, Gerät kurz von der Stromversorgung trennen und neu starten.
USB-Export startet nicht	Andere Programme schließen, die den USB-Anschluss verwenden. MENU erneut drücken und im Doppelklick-Starter die automatische oder manuelle Anschlussauswahl verwenden.
Ältester Monat fehlt	Nach Beginn eines dreizehnten Monats wird der älteste Monat planmäßig entfernt. Das Zwölf-Monats-Archiv regelmäßig über WLAN oder USB sichern.

7. Betriebsübersicht

Merkmal	Nutzerrelevante Angabe
Messraster	Alle 15 Minuten bei :00, :15, :30 und :45.
Diagrammzeitraum	Aktueller Kalendertag plus drei vorherige Kalendertage.
Monatsstatistik	Anzahl, Mittelwert, Sigma, Minimum, Maximum und MKT.
Archiv	Laufender Monat plus elf vorherige Kalendermonate.
Datenexport	Über WLAN oder USB als Excel-lesbare CSV-Dateien.
Integritätsprüfung	Eingebettete digitale Signatur in den Messwertdateien.
Zeitsynchronisierung	Automatisch über das Internet; Zeitzone Europe/Berlin.
WLAN-Betrieb	Wahlweise Stromsparbetrieb oder dauerhaft erreichbarer WLAN-Client; im Dauerbetrieb wird ein USB-Netzteil empfohlen.
Geräteerkennung	Auf der Anzeige, im Netzwerknamen, auf der Webseite und in den Exportdateinamen identisch.