

Globalstrahlungsmessgerät

MacSolar

Bedienungsanleitung

Inhalt:

1. Kurzbeschreibung	2
2. Funktionsweise im Detail	3
2.1 Inbetriebnahme und Grundfunktionen	3
2.2 Die „Funktionen“ und ihre physikalische Bedeutung	4
2.3 Die Modi des MacSolar und ihre physikalische Bedeutung.....	5
2.4 Die Spezialfunktionen	8
2.5 Sonstige Funktionen	9
2.6 Stromversorgung	10
3. Durchführung von Messungen	10
3.1 Messungen aktueller Werte	11
3.2 Maximalwertmessungen	11
3.3 Mittelwertmessungen	12
3.4 Datenlogger-Messungen.....	12
4. Technische Daten	14

1. Kurzbeschreibung

Das Globalstrahlungsmeßgerät MacSolar wurde als nützliches Hilfsmittel für Planer und Installateure von Solaranlagen sowie für Architekten und auch Hobbyanwender entwickelt. Der MacSolar ermöglicht in erster Linie eine unkomplizierte Messung der Lichtintensität: Der Sensor, die autarke Stromversorgung und das Display sind in einem handlichen Gerät integriert. Somit kann der Anwender sofort eine Aussage über die Lichtverhältnisse an seinem Standort erhalten. Mit Hilfe des integrierten Microcomputers und eines Temperatursensors kann der MacSolar außerdem typische Nenndaten von Solarmodulen (Strom, Spannung, Leistung im Arbeitspunkt) simulieren und damit z.B. Photovoltaikanlagen überprüfen.

Die Messung der Lichtintensität erfolgt über monokristalline Silizium-Solarzellen, welche zusätzlich die Energieversorgung des Gerätes übernehmen. Die hohe Grundgenauigkeit des MacSolar nach der Kalibrierung jedes Gerätes im Solarsimulator bleibt durch die interne automatische Korrektur ständig erhalten.

Vier verschiedene Meßmodi können gewählt werden:

dir - Anzeige der aktuellen Werte

hi - Anzeige der Maximalwerte innerhalb einer Meßperiode

avr - Anzeige von Mittelwerten innerhalb einer Meßperiode

sto - Interne Speicherung von Meßwerten in festen Zeitintervallen

In allen Meßmodi werden wahlweise die Meßgrößen P_{tot} (in W/m^2), P_n , U_n , I_n (in %) oder T (in $^{\circ}C$) auf dem Display dargestellt. Die im internen Speicher abgelegten Datenwerte können über den Digitalausgang an die serielle Schnittstelle eines PC übertragen werden.

Der MacSolar wurde für den Außeneinsatz konzipiert und besitzt ein witterungsbeständiges Kunststoffgehäuse. Seine kompakten Abmessungen erlauben eine komfortable Einhandbedienung. Im Lieferumfang ist ein um $\pm 90^{\circ}$ schwenkbarer Befestigungsbügel enthalten, in den der MacSolar eingerastet werden kann. Hiermit sind Langzeitmessungen an beliebigen Standorten möglich.

Einige typische Anwendungsmöglichkeiten für den MacSolar :

- Direkte Messung der aktuellen Lichtintensität
- Schnelle Überprüfung von Photovoltaik- und Solarthermieanlagen
- Langzeitmessungen mit Mittelwertbildung oder interner Datenspeicherung
- Simulation von Silizium-Solarmodulen unter Realbedingungen

4. Technische Daten

Meßbereiche / Auflösung:	siehe Tab. 1
Max. Abweichung P_{tot} :	< 3% \pm 1digit im Bereich 50 ... 1000 W/m ² (AM1,5 / Einstrahlung in Normalachse, T = 0 ... +50 °C)
Max. Abweichung T:	< 3K \pm 1digit im Bereich -25 ... +75 °C optional < 1K \pm 1digit
Leistungsbedarf (sleep mode):	0,6 mW
Leistungsbedarf (active mode):	4 mW
Nennleistung integr. Solarmodul:	180 mW *
Stromversorgung extern:	9-12 V / 20 mA
Datenspeicherkapazität:	256 kbit
Datenübertragung:	seriell (RS232)
Umgebungstemperaturbereich:	-20 ... +50 °C
Max. Feuchte:	95 %
Abmessungen (ohne Halterung):	130 x 90 x 30 mm
Gewicht (ohne Halterung):	170g
Zertifizierung / Grundnormen:	CE/ EN50081, EN50082, EN60068
Kalibrierung:	nach IEC904/3 optional mit Kalibrierzertifikat
Gewährleistung:	2 Jahre

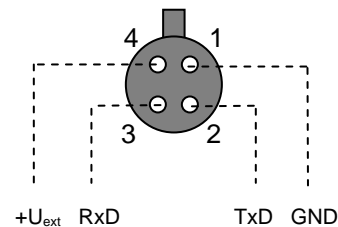
* bei Standardbedingungen: $P_{\text{tot}} = 1000 \text{ W/m}^2$, Sonnenspektrum AM1,5, T = 25 °C

Anschlußbelegung Ausgangsbuchse

Buchse/Stecker: Fa. Binder, Typ 719

Bei Anschluss an einen PC über das Schnittstellenkabel erfolgt eine Stromversorgung an +U_{ext} mit 5-10 mA (je nach PC)

Ansicht Buchse von außen



2. Funktionsweise im Detail

2.1 Inbetriebnahme und Grundfunktionen

Auf der Frontseite des MacSolar befindet sich ein 4-stelliges LCD Display, eine LED Reihe sowie ein Tastenfeld. Nach Betätigung eines Tasters wird zunächst für 1 sec. die gerade eingestellte Funktion bzw. der Modus angezeigt. Innerhalb dieser Periode kann die Funktion bzw. der Modus durch erneuten Tastendruck geändert werden. Danach erscheint auf dem Display der entsprechende Wert. Die unter dem Display angeordneten LEDs blinken während der Meßwertaufnahme mit der aktuellen Einheit.

Der MacSolar besitzt keinen Ausschalter. Durch Betätigung der Taste „Start/Stop“ wird er in den aktiven Zustand versetzt. 2 Minuten nach der letzten Tastenbetätigung schaltet er sich selbsttätig ab, außer

- während einer Messung im *hi* Modus: hier bleibt das Gerät immer im aktiven Zustand (Display an).
- während einer Messung im *avr* oder *sto* Modus: hier fällt der MacSolar nach 2 Minuten in einen Schlafzustand, aus dem er jedoch alle 10 Sekunden zur Meßwertaufnahme erwacht. Das Display bleibt dabei ausgeschaltet.

Einige Funktionen des MacSolar werden durch gleichzeitiges Betätigen einer der 4 außenliegenden Tasten (z.B. „Start/Stop“) und der „Hold“ Taste aktiviert. Hierbei betätigt man die außenliegende Taste und, *ohne loszulassen, direkt danach* die „Hold“ Taste.

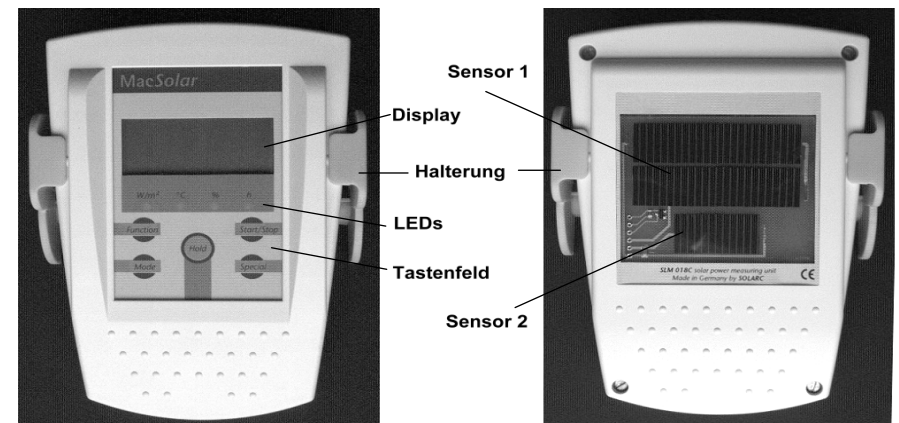


Fig. 1: Front- und Rückseite des MacSolar

2.2 Die „Funktionen“ und ihre physikalische Bedeutung

Der MacSolar kann 6 verschiedene Meßgrößen berechnen und darstellen. Diese werden als „Funktionen“ bezeichnet und entsprechend mit der Taste „Function“ eingestellt:

P_{tot} (Lichtintensität): Lichtleistung pro m^2 (ohne spektrale Bewertung). Bei einem Pyranometer ist die gemessene Lichtleistung weitgehend unabhängig vom eingestrahlenen Spektrum. Dagegen werden Siliziumsensoren, wie beim MacSolar verwendet, auf ein bestimmtes Spektrum kalibriert und können danach auch nur dieses korrekt messen.

Gemäß seinem Namen ist der MacSolar auf das Spektrum der Sonne kalibriert und eignet sich daher nur für Messungen von Tageslicht. Die Kalibrierung wird an einem Solarsimulator bei sogenannten „Standard Testbedingungen“ (STC) durchgeführt: AM1,5 Solarspektrum mit $P_{tot} = 1000 \text{ W/m}^2$ (bei $25 \text{ }^\circ\text{C}$), was in etwa direktem Sonnenlicht um die Mittagszeit von Frühling bis Herbst in Mitteleuropa entspricht. Beispiele von Spektren verschiedener Lichtquellen sowie verschiedener Solarzellen sind in Fig. 2 dargestellt.

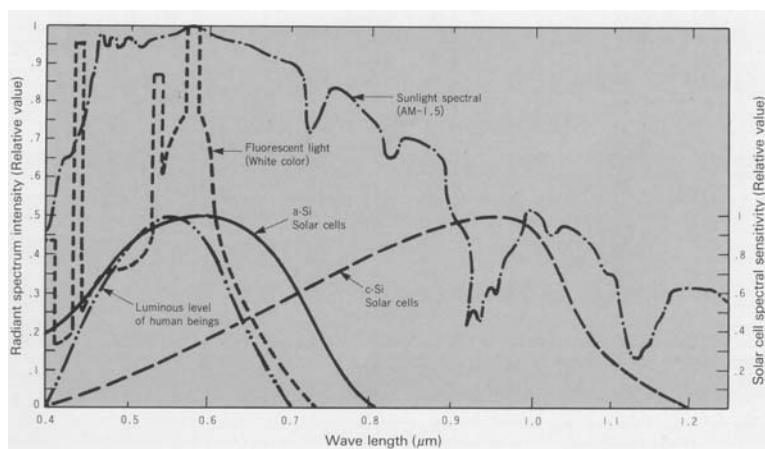


Fig. 2: Spektren verschiedener Lichtquellen und Solarzellen

T_c (Modultemperatur): Temperatur, ermittelt auf dem rückwärtigen Meßsensor des MacSolar und korrigiert gemäß dem eingestellten Temperaturkoeffizient t_c . Der angezeigte Wert entspricht in etwa der Modultemperatur eines Solarmoduls unter den entsprechenden Bedingungen (siehe Kap. 2.4).

P_n (Modulleistung): Elektrische Leistung im Arbeitspunkt (MPP) eines Silizium-Solarmoduls bei einer definierten Lichtintensität und Modul-

daß die *sto* Messung während einer laufenden *hi* oder *avr* Messung nicht gestartet werden kann. Rasten Sie den MacSolar in die montierte Halterung ein. Notieren Sie den Startzeitpunkt.

Der MacSolar kann nun mit dem Intervall 1h (*tb1*) bis zu 20 Monate und mit dem Intervall 0,1h (*tb2*) bis zu ca. 2 Monate Werte intern speichern. Vor Erreichen des Stunden-Überlaufs (9.999 h, ca. 13,6 Monate) sollte allerdings die Messung manuell beendet werden. Die gespeicherten Werte können nach Beendigung der Messung mit Hilfe des optionalen Schmittstellenkabels zum PC übertragen. Details zum Kabel und zur PC-Software sind in der Bedienungsanleitung des Schnittstellenpakets enthalten.

Eine exakte Auswertung der ASCII-Daten ist mit Hilfe der im Schnittstellenpaket enthaltenen PC-Software SLMview möglich, ansonsten können auch Standard-Tabellenkalkulationsprogramme verwendet werden.

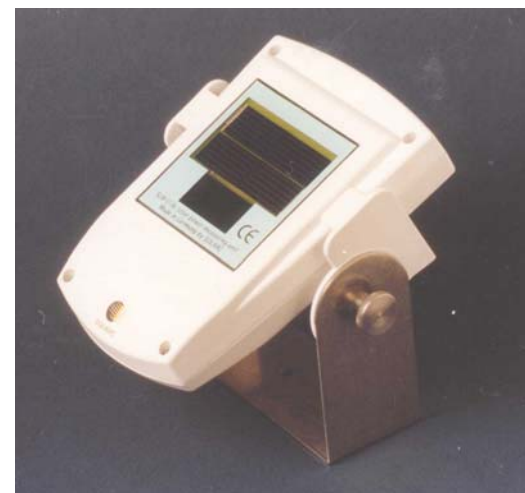


Fig. 6: Messung im mitgelieferten Montagebügel an einer festen Position

Betätigen der „Start/Stop“ und „Hold“ Taste im *hi* Modus. Beachten Sie, daß die *hi* Messung während einer laufenden *avr* oder *sto* Messung nicht gestartet werden kann. Nach Beendigung der Messung bleiben die Werte aller Funktionen zum Zeitpunkt des Maximalwerts von P_{tot} gespeichert und können mit der „Function“ Taste ausgewählt werden. Beim Ermitteln der Position maximaler Werte ist zu beachten, daß die Temperatur und die temperaturabhängigen Funktionen (P_n , U_n , I_n) aufgrund der langen Zeitkonstante der Temperaturmessung u. U. nicht exakt sind.

3.3 Mittelwertmessungen

Ziel: Langzeitmessung der Mittelwerte aller Funktionen (P_{tot} , °C, P_n , U_n , I_n) an einer festen Position.

Einstellung: Function P_{tot} , Mode *avr*

Durchführung: Stellen Sie die Spezialfunktionen *tc* und *Si* auf die gewünschten Werte ein. Starten Sie die *avr* Messung durch gleichzeitiges Betätigen der „Start/Stop“ und „Hold“ Taste im *avr* Modus. Beachten Sie, daß die *avr* Messung während einer laufenden *hi* oder *sto* Messung nicht gestartet werden kann. Für einen sicheren Halt sollte der MacSolar in der Halterung eingerastet und diese in dem Metallbügel mit den Rändelschrauben fixiert werden. Zuvor wird der Metallbügel mit 1 oder 2 Schrauben an der Meßposition befestigt. Notieren Sie den Startzeitpunkt.

Die Dauer der Messung wird mit der Funktion *hour* angezeigt und kann bis zu 9999 Stunden betragen. Die Mittelwerte aller Funktionen bleiben permanent gespeichert und können mit der „Function“ Taste für die verschiedenen Funktionen angezeigt werden. Nach Unterbrechung mit der „Hold“ Taste oder Beendigung einer Messung können die gespeicherten Mittelwerte mehrerer MacSolar Geräte miteinander verglichen werden, die im gleichen Zeitraum an verschiedenen Positionen installiert waren. Beim Mittelwert von U_n ist zu beachten, daß in den meisten PV Systemen ein unteres Limit existiert, unter dem kein Strom mehr eingespeist wird. In diesen Fällen ist der berechnete Mittelwert von U_n irrelevant.

3.4 Datenlogger-Messungen

Ziel: Langzeitspeicherung von P_{tot} und °C in Intervallen von 1 bzw. 0,1 Stunde (6 Minuten) an einer festen Position.

Einstellung: Function P_{tot} , Mode *sto*

Durchführung: Stellen Sie die Spezialfunktionen *tc*, *Si* und *tb* auf die gewünschten Werte ein. Starten Sie die *sto* Messung durch gleichzeitiges Betätigen der „Start/Stop“ und „Hold“ Taste im *sto* Modus. Beachten Sie,

temperatur. Die Angabe von P_n erfolgt in % und gilt nur für mono- oder polykristalline Module. Beispielsweise ergibt ein angezeigter Wert von 50 % bei einem 50 W_p Modul eine Leistung von 25 W. P_n wird aus U_n und I_n ermittelt gemäß $P_n = U_n \cdot I_n$.

U_n (Modulspannung): Spannung im Arbeitspunkt eines Silizium-Solarmoduls bei einer definierten Lichtintensität und Modultemperatur. U_n ist eine logarithmische Funktion der Lichtintensität P_{tot} und ändert sich daher nur geringfügig bei großen Schwankungen von P_{tot} . Die Angabe von U_n erfolgt in %.

I_n (Modulstrom): Strom im Arbeitspunkt eines Silizium-Solarmoduls bei einer definierten Lichtintensität und Modultemperatur. Die Angabe von I_n erfolgt in %.

hour (Messdauer): Zeit in Stunden seit Beginn einer Messung. Bis zu einem Wert von 999.9 Stunden beträgt die Auflösung 0.1 Stunden, danach 1 Stunde bis zum Maximalwert von 9999 Stunden. Ein Jahr (365 Tage) hat 8760 Stunden.

Beim Überlauf eines Wertes wird „OF“ im Display angezeigt. Während einer *avr* oder *sto* Messung wird dann der Maximalwert der betreffenden Funktionen gespeichert (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Die Funktionen des MacSolar im Überblick

	P_{tot}	°C	P_n	U_n	I_n	<i>hour</i>
Einheit	W/m ²	°C	%	%	%	h
Bereich	0 ... 1500	-40 ... +85	0 ... 150	0 ... 150	0 ... 150	0 ... 9999
Auflösung	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1 / 1

2.3 Die Modi des MacSolar und ihre physikalische Bedeutung

Die Funktionen P_{tot} , °C, P_n , U_n , I_n können in 4 Modi gemessen und dargestellt werden (vgl. Fig. 3):

dir: Aktuelle Meßwerte, ermittelt 1mal pro Sekunde. Dieser Modus wird für die direkte Ermittlung von Werten an einer bestimmten Position verwendet. Mit Hilfe der „Hold“ Taste kann der aktuelle Wert auf dem Display gehalten (*hold*) und durch eine erneute Betätigung wieder zur Messung freigegeben (*run*) werden. Die Haltefunktion erstreckt sich auch auf die anderen Funktionen, die dann bequem mit der „Function“ Taste abgefragt werden können.

hi: Maximalwert von P_{tot} nach Beginn einer Messung, beispielsweise zur Bestimmung des höchsten Wertes von P_{tot} innerhalb eines Tages an einer festen Position.

Die Messung wird im *hi* Modus durch gleichzeitiges Betätigen der „Start/Stop“ und „Hold“ Taste gestartet und ebenso beendet. Die ermittelten Werte aller Funktionen zum Zeitpunkt des Maximalwertes von P_{tot} bleiben nach Beendigung der Messung gespeichert und können mit Hilfe der „Function“ Taste nacheinander auf dem Display dargestellt werden. Beim erneuten Starten einer Messung werden sie gelöscht. Mit Hilfe der „Hold“ Taste kann eine Messung angehalten (*hold*) bzw. fortgesetzt (*run*) werden.

Achtung: Während einer Messung im *hi* Modus bleibt das Gerät ständig im aktiven Zustand und hat somit einen höheren Stromverbrauch, der nur bei guten Lichtverhältnissen durch das eingebaute Solarmodul kompensiert werden kann. Die *hi* Messung ist daher nicht für Langzeitmessungen über mehrere Monate geeignet.

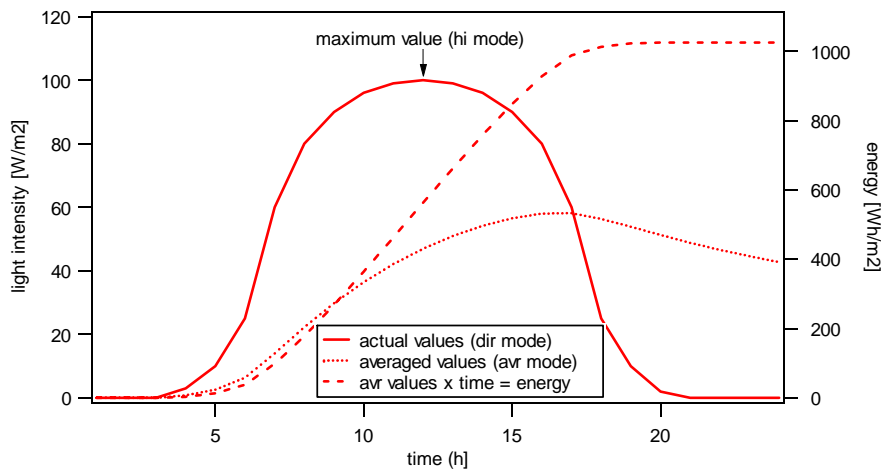


Fig. 3: Messmodi und Intervalle

avr: Mittelwerte aller Funktionen seit Beginn einer *avr* Messung. Der *avr* Modus eignet sich sehr gut zur Langzeitbestimmung der mittleren eingestrahlenen Leistung bzw. des Energieertrages an einer bestimmten Position. Für letzteres wird der gemittelte Wert von P_{tot} einfach mit dem Stundenwert (*hour*) multipliziert. Betreibt man mehrere MacSolar Geräte gleichzeitig an verschiedenen Positionen eines Objekts im *avr* Modus, so läßt sich die Position mit dem höchsten Energieertrag exakt ermitteln. Im Gegensatz zu Software-Simulationsprogrammen handelt es sich hier um Messungen unter Realbedingungen, d.h. unter Einbeziehung aller Umgebungsparameter wie Temperatur, Feuchte, Wind, Abschattung etc.

Die Messung wird im *avr* Modus durch gleichzeitiges Betätigen der „Start/Stop“ und „Hold“ Taste gestartet und ebenso beendet. Die

3.1 Messungen aktueller Werte

Ziel: Bestimmung der momentanen Werte von P_{tot} , $^{\circ}C$, P_n , U_n , I_n an einer definierten Position.

Einstellung: Function beliebig, Mode *dir*

Durchführung: Richten Sie den MacSolar in der Haltevorrichtung oder in einer Hand mit dem Meßsensor nach der exakten Position aus. Für eine exakte Bestimmung von P_n , U_n , I_n sollte die Temperatur einen stabilen Wert erreicht haben. Sie können den Meßwert entweder direkt auf dem Display ablesen oder Sie betätigen kurz die „Hold“ Taste. Sie können dann die gewünschte Funktion mit der „Function“ Taste auswählen und den gespeicherten Wert ablesen. Beachten Sie, daß die Berechnung der Werte von P_n , U_n und I_n durch die mit den Spezialfunktionen S_i und t_c eingestellten Parameter beeinflusst wird (vgl. Kap. 2.4).



Fig. 5: Messung aktueller Werte mit dem MacSolar

3.2 Maximalwertmessungen

Ziel: Bestimmung der Maximalwerte aller Funktionen (P_{tot} , $^{\circ}C$, P_n , U_n , I_n) an einer festen Position oder Bestimmung der Position mit den maximalen Werten.

Einstellung: Function P_{tot} , Mode *hi*

Durchführung: Stellen Sie die Spezialfunktionen t_c und S_i auf die gewünschten Werte ein. Starten Sie die *hi* Messung durch gleichzeitiges

Serien-Nr.: Mit Hilfe der Tastenkombination „Mode“ + „Hold“ können Sie die Seriennummer Ihres Gerätes auf dem Display darstellen lassen. Halten Sie hierzu die beiden Tasten für 3 sec. gedrückt, danach erscheint zunächst ein Display-Check (alle Segmente an) und anschließend die 8stellige Serien-Nr. in 2 aufeinanderfolgenden Anzeigen.

2.6 Stromversorgung

Der Leistungsbedarf des MacSolar im Schlafzustand (d. h. bei laufender Messung im *avr* oder *sto* Modus) ist sehr gering: Bei voll aufgeladenem Akku kann das Gerät etwa 3 Monate ohne Lichteinstrahlung betrieben werden. Danach schaltet sich der MacSolar zur Vermeidung einer Tiefentladung selbsttätig ab.

Bei Messungen im Außenbereich kann eine Abschaltung normalerweise nicht auftreten, da dort genug Lichtenergie zur Dauerversorgung des MacSolar vorhanden ist: Während einer *avr* oder *sto* Messung benötigt der MacSolar eine tägliche Mindestenergie von etwa 250 Wh/m^2 , was etwa der Hälfte des Ertrages eines mittleren Dezembertages in Norddeutschland entspricht. Bei Unterschreitung dieses Wertes hält der eingebaute Akku die Stromversorgung des MacSolar noch für bis zu 3 Monate aufrecht.

Im ausgeschalteten Zustand, d. h. ohne laufende Messung, sind etwa 15 Monate Betriebsbereitschaft möglich.

Für eine ständige Betriebsbereitschaft sollte das Gerät mit der Rückseite nach oben an einem hellen Fenster liegen. Falls der interne Akku entladen ist und das Gerät sich nicht mehr einschalten lässt, erfolgt eine Reaktivierung nach Bestrahlung des Meßsensors nach mindestens 2 Stunden mit Sonnenlicht oder direkt unter einer hellen Halogen- oder Glühlampe. Alternativ kann der MacSolar auch über die rückwärtige Buchse mit Strom versorgt werden. Hierfür ist eine Stromversorgung von $9 - 12 \text{ V} / 20 \text{ mA}$ erforderlich. Der interne Akku kann damit innerhalb von ca. 48 Stunden aus dem entladenen Zustand vollgeladen werden, eine Überladung ist nicht möglich.

3. Durchführung von Messungen

Mit dem MacSolar kann eine Vielzahl unterschiedlicher Messungen durchgeführt werden. In diesem Kapitel werden einige typische Beispiele dargestellt.

errechneten Mittelwerte aller Funktionen bleiben nach Beendigung der Messung gespeichert und können mit Hilfe der „Function“ Taste nacheinander auf dem Display dargestellt werden. Beim erneuten Starten einer Messung werden sie gelöscht. Mit Hilfe der „Hold“ Taste kann eine Messung angehalten (*hold*) bzw. fortgesetzt (*run*) werden.

Während einer *avr* Messung werden auch die im Verlauf der Messung aufgetretenen Maximalwerte (vgl. *hi* Modus) gespeichert und können im *hi* Modus dargestellt werden, ohne die laufende Messung zu beeinträchtigen. Dies gilt ebenso für die aktuellen Werte (*dir* Modus).

sto: Datenlogger-Modus mit Speicherintervallen von 0,1 bzw. 1 Stunde. Gespeichert werden nur die Werte der Lichtintensität und der gemessenen Modultemperatur. Die alle 10 sec. gemessenen Werte werden dabei innerhalb der Speicherintervalle gemittelt (vgl. Fig. 4). Auf dem Display erscheint der zuletzt gespeicherte Wert. Der *sto* Modus ist nur sinnvoll in Verbindung mit dem Schnittstellenpaket, mit dessen Hilfe die Daten nach der Messung zum PC übertragen werden. Man kann so beispielsweise den möglichen Solarertrag an einer Position ermitteln oder auch die Effizienz einer bestehenden Solaranlage überprüfen. Der interne Speicher kann ca. 15.000 Messwerte speichern. Bei stündlicher Speicherung erfolgt nach 9.999 Stunden (ca. 13,6 Monate) ein Überlauf, daher sollte vorher die Messung beendet werden.

Die Messung wird im *sto* Modus durch gleichzeitiges Betätigen der „Start/Stop“ und „Hold“ Taste gestartet und ebenso beendet.

Während einer *sto* Messung werden auch die im Verlauf der Messung aufgetretenen Maximalwerte sowie die errechneten Mittelwerte gespeichert und können im *hi* bzw. *avr* Modus dargestellt werden, ohne die laufende Messung zu beeinträchtigen. Dies gilt ebenso für die aktuellen Werte (*dir* Modus).

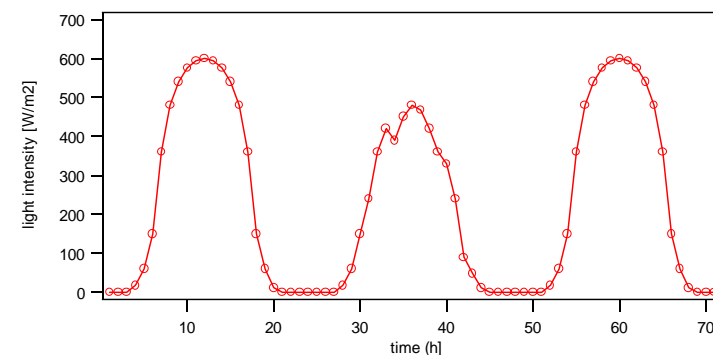


Fig. 4: Langzeitmessung im Datenloggermodus (*sto*, Speicherintervall 1 h)

Tab. 2: Die Modi des MacSolar im Überblick

	<i>dir</i>	<i>hi</i>	<i>avr</i>	<i>sto</i>
Meßintervall	1 sec.	1 sec.	10 sec.	10 sec.
Start/Stop Tastenfunktion	aus	Start/Stop nur im <i>hi</i> Modus	Start/Stop nur im <i>avr</i> Modus	Start/Stop nur im <i>sto</i> Modus
Hold Tastenfunktion	<i>hold</i> = 1 x <i>run</i> = 1 x	<i>hold</i> = 2 x <i>run</i> = 2 x	<i>hold</i> = 2 x <i>run</i> = 2 x	<i>hold</i> = 2 x <i>run</i> = 2 x
Blinkanzeige im Display	aus	Dezimalpunkt	Doppelpunkt	Dezimalpunkt & Doppelpunkt

2.4 Die Spezialfunktionen

Mit Hilfe der "Special" Taste können diverse interne Einstellungen geändert sowie Sonderfunktionen gestartet werden. Eine Änderung bzw. ein Start wird dabei durch gleichzeitiges Betätigen der Tasten „Special“ und „Hold“ für 3 sec. hervorgerufen, nachdem zuvor mit der „Special“ Taste die betreffende Funktion ausgewählt wurde. Die Funktionen *tc*, *Si* und *tb* können nicht während einer laufenden Messung (*hi*, *avr*, *sto*) geändert werden.

tc: Änderung des Temperaturkoeffizienten *tc*, der die Abhängigkeit der Größen P_n , U_n and I_n von der Modultemperatur bestimmt. Für eine exakte Simulation von Solarmodulen sollte *tc* entsprechend der Installationsbedingungen der Module eingestellt werden. Dabei entspricht

tc 1 einem frei aufgeständerten Modul

tc 2 einem Modul mit wenigen Zentimetern Abstand zur Rückwand

tc 3 einem rückseitig isoliert angebrachten Modul (z. B. direkt auf dem Dach).

Voreinstellung: **tc 2**

Si: Änderung der charakteristischen Funktion, die die Abhängigkeit der Spannung U_n im Arbeitspunkt einer Silizium-Solarzelle von der Lichtintensität P_{tot} beschreibt:

Si 1 für hocheffiziente Solarzellen mit geringem Spannungsabfall bei Rückgang der Lichtintensität

Si 2 für Solarzellen mittlerer Qualität mit mäßigem Spannungsabfall bei Rückgang der Lichtintensität

Si 3 für Solarzellen minderer Qualität mit starkem Spannungsabfall bei Rückgang der Lichtintensität.

Voreinstellung: **Si 2**

CAL(CAL.u): Aktivierung der softwaregesteuerten Kalibrierfunktion für den rückwärtigen Meßsensor des MacSolar. Hiermit kann der Anwender selbst eine Kalibrierung vornehmen, z. B. mit Hilfe eines geeichten Solarsimulators. Ebenso ist eine Kalibrierung auf Lichtquellen möglich, deren signifikanter Spektralanteil unterhalb der Grenzwellenlänge von 1100 nm des Siliziumsensors liegt (z. B. Leuchtstofflampen).

Der Kalibriervorgang wird gestartet durch die gleichzeitige Betätigung der Tasten „Special“ und „Hold“ für 3 sec. Auf dem Display erscheint nun ein Countdown von *CAL9* bis *CAL0* im Sekundentakt. Bei Erreichen von *CAL0* muß der Meßsensor des MacSolar der Lichtquelle mit $P_{tot} = 1000 \text{ W/m}^2$ ausgesetzt sein. Die neuen Korrekturwerte (Anzeige: *CAL.u*) werden dann im internen Speicher des MacSolar abgelegt und bleiben auch nach einem Ausfall der Stromversorgung erhalten. Ist die gemessene Lichtintensität geringer als 200 W/m^2 , so wird zu den von SOLARC voreingestellten Korrekturwerten zurückgeschaltet (Anzeige: *CAL*). Auf diese Weise kann man durch Aktivierung des Kalibriervorgangs bei abgedeckten Meßsensor zur Werkskalibrierung zurückkehren.

Out: Datenübertragung zum PC. Mit dieser Funktion kann der gesamte Datenspeicherinhalt des MacSolar über den rückwärtigen Digitalausgang zum PC übertragen werden. Hierzu notwendig ist das als Zubehör erhältliche Schnittstellenpaket.

Die Funktion *Out* wird gestartet durch die gleichzeitige Betätigung der Tasten „Special“ und „Hold“ für 3 sec. Auf dem Display wird die Übertragung durch einen blinkenden Dezimalpunkt angezeigt.

Im Normalfall wird die Datenübertragung vom PC aus gestartet, wodurch die Funktion *Out* nicht benötigt wird.

tb: Umschaltung der Speicherintervalle 1 h (*tb1*) bzw. 0,1 h (*tb2*) im *sto* Modus.

Voreinstellung: **tb1**

2.5 Sonstige Funktionen

Fehlermeldungen: Falls in dem internen Mikrocomputer des MacSolar ein Fehler auftritt, wird dieser in Form von Fehlermeldungen (z. B. *Er12*) auf dem Display intervallartig angezeigt. Durch Betätigen der "Special" Taste kann diese Anzeige beseitigt werden, falls der Fehler nicht mehr vorhanden ist. Notieren Sie bitte in jedem Falle die Fehlermeldung und benachrichtigen Sie Ihren Händler oder die Firma SOLARC.