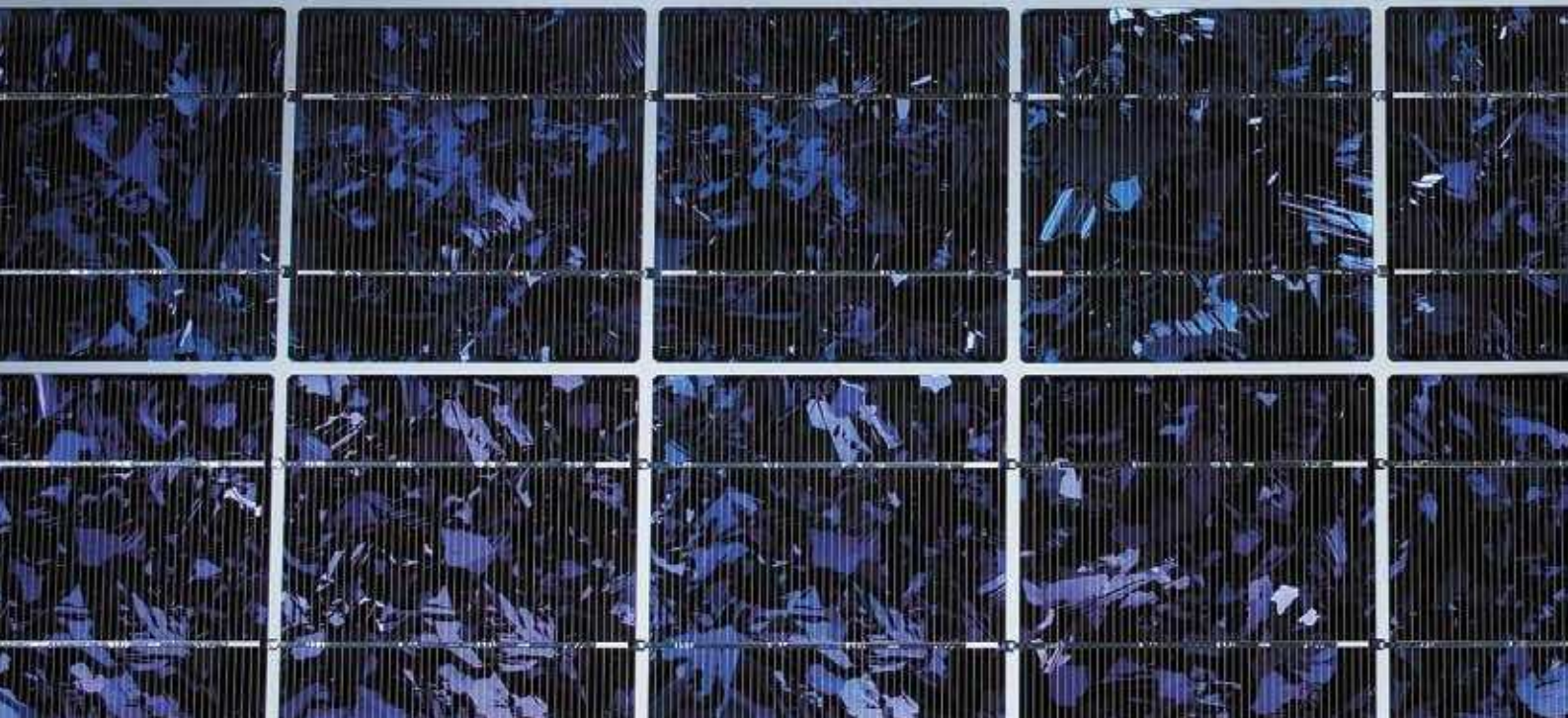


Klein und nützlich

Handeinstrahlungsmessgeräte im Vergleich



Es gibt sie schon mindestens so lange wie die Photovoltaikindustrie selbst, doch allzu verbreitet sind sie nicht – die Rede ist von Handeinstrahlungsmessgeräten. Ursprünglich stammen sie aus dem Bereich der Meteorologie, und obwohl sie

die wichtigste Größe in der Photovoltaik überhaupt messen, nämlich die Globalstrahlung, fristen sie ein eher stiefmütterliches Dasein. Höchste Zeit also, einmal auf diese kleinen Helfer aufmerksam zu machen.

Messtechnik für die Westentasche: Vor allem Geräte mit integriertem Sensor sind extrem handlich, externe Sensoren wie beim HT204 und Meteon (1. und 2. von links) lassen sich dafür besser platzieren.



sind reine Handeinstrahlungsmessgeräte, zwei weitere Kandidaten (sowie ein »außer Konkurrenz« laufendes, nicht mehr produziertes Modell) sind mobile Datenlogger mit einer mehr oder weniger kompletten Bedien- und Ausgabereinheit. An diese Datenlogger können in der Regel unterschiedliche Sensoren angeschlossen und angepasst werden, die sonst für fest installierte Messungen verwendet werden. Diese Geräte sind zwar teurer und im mobilen Einsatz etwas weniger umgänglich, arbeiten dafür aber grundsätzlich genauer. Sie kommen meist in Messgeräteköffern zum Anwender, die auch Platz für mehrere Messköpfe bieten.

Vielfältige Einsatzbereiche

Die Einsatzbereiche für diese Messtechnik in der Photovoltaik sind vielfältig. Planer können sich mit solchen Geräten bei einer Standortbegutachtung an einem Ort mit hohem Diffusstrahlungsanteil ein zusätzliches Urteil über die zu erwartenden Einstrahlungswerte bilden. Wirklich ortsspezifische Prognosen fallen schließlich oft durch das grobe Raster einfacher Einstrahlungskarten hindurch. Echte Vor-Ort-Messungen können hier eine zusätzliche Informationsquelle sein.

Installateure können über die Messung der aktuellen Einstrahlungssituation zu einer schnellen und einfachen Einschätzung gelangen, ob die von ihnen errichtete Anlage ordnungsgemäß funktioniert. Hierzu geben manche Geräte sogar direkt die prozentual zu erwartende Leistung bezüglich der Nennleistung einer Photovoltaikanlage aus. Genauso können Gutachter bei älteren Anlagen schnell zu einem ersten Urteil über eventuell vorhandene Defekte gelangen.

Auch helfen die Messgeräte, ein prinzipielles Gefühl für die Intensität von Einstrahlung zu gewinnen. So werden geringe Einstrahlungsintensitäten in der Regel überbewertet, da unser Auge wie alle unsere Sinne Intensitäten nicht linear, sondern logarithmisch empfindet. Zum Beispiel bewegen sich als angenehm hell empfundene Bürobeleuchtungen meist nur in der Größenordnung von einem Watt je Quadratmeter (W/m^2) – wenn man nicht gerade

Das Aussehen der meisten Handeinstrahlungsmessgeräte wird auch denjenigen Installateuren bekannt vorkommen, die sich noch nicht mit dieser Art Messtechnik auseinandergesetzt haben: Auf den ersten Blick ähneln sie einem Multimeter, mit überschaubarem Bedienfeld und einer einfachen LCD-An-

zeige. Der Sensor für die Einstrahlung ist dabei entweder in das Gehäuse integriert oder separiert und nur über ein Kabel mit dem Messgerät verbunden.

Die in dieser Marktübersicht vorgestellten mobilen Einstrahlungsmessgeräte lassen sich prinzipiell in zwei Gruppen unterscheiden. Die ersten drei

in wenigen Zentimetern Abstand von der Lampe nachmisst. In der freien Natur hingegen sorgen selbst als äußerst trüb empfundene Lichtverhältnisse für schnell ansteigende Spannungen in Solargeneratoren. Manche Handeinstrahlungsmessgeräte zeigen hier direkt prozentuale Anteile der zu erwartenden Leerlaufspannungen an und können damit für den unerfahrenen Installateur eine Warnung sein, einem nicht freigeschalteten Generator mit dem nötigen Respekt gegenüberzutreten.

Gründe für Messabweichungen

Von der Präzision der Messung darf man sich indes nicht zu viel erwarten. Abweichungen von fünf Prozent sind auch unter hochwertigen fest installierten Systemen durchaus normal. Bei den weitaus preiswerteren Handeinstrahlungsmessgeräten können sie auch noch größer sein, wobei es innerhalb dieser Gerätekategorie wiederum erhebliche Unterschiede gibt.

Zustände kommen diese Differenzen unter anderem durch die verschiedenen Bauformen der Sensoren. Schon die Außentemperaturen haben deshalb unterschiedlich starken Einfluss auf die einzelnen Systeme, erst recht aber die unterschiedlichen spektralen Empfindlichkeiten der Geräte.

Die Varianten reichen von teuren echten Pyranometern bis hin zu klassischen Photodetektoren. Erstere absorbieren die Strahlung über eine Thermosäule, sind in einem weiten Bereich des Lichtspektrums empfindlich und zeigen auch bei niedrigen Sonnenständen und großem Anteil von diffusum Licht noch hohe Einstrahlungswerte an. Die klassischen Photodetektoren hingegen entsprechen von der Bauform her praktisch einer Solarzelle und haben auch deren charakteristische spektrale Empfindlichkeit. Das macht sie, obwohl sie prinzipiell ungenauer sind als die Pyranometer, zu guten Vergleichssensoren für Photovoltaikanlagen. Ebenso wie bei den Modulen existieren auch bei Photodetektoren unterschiedliche Halbleitertechnologien wie mono- oder polykristallines Silizium. Der Hauptunterschied zu ihren stromproduzierenden Verwandten liegt in ihrer elektrischen Beschaltung: Photodetektoren werden als passive Bauelemente verschaltet.

Häufig sind auch Kombinationen aus beiden Techniken, sogenannte Si-Pyranometer – die in Wahrheit Photozellen

sind, die sich im typischen kuppelförmigen Gehäuse eines Pyranometers hinter einer milchig weißen Abdeckung verstecken. Weitere Abweichungen unter den Sensoren kommen durch unterschiedliche Winkelempfindlichkeiten zustande, die nicht immer dem Ideal eines kosinusförmigen Zenitwinkels über den gesamten Halbraum entsprechen.

Zur Messung

Die Messung der Geräte fand an der Hochschule München an einem großen Testfeld für Globalstrahlungssensoren statt und wurde dort am 7. April in der Zeit von 15.20 bis 17.20 Uhr durchgeführt. Für die Genauigkeitsbestimmung der einzelnen Geräte wurde dabei auf zuverlässige Sensordaten aus diesem Feld zurückgegriffen. Gemessen wurde ausschließlich die normale Echtzeitanzeige der einzelnen Geräte.

Da einige Geräte mit und andere ohne Kalibrierzertifikat geschickt wurden, einige von Hand kalibrierbar sind und andere nicht, gestaltete sich ein wirklich aussagekräftiger quantitativer Vergleich äußerst schwierig. Trotzdem soll in den Beschreibungen der einzelnen Modelle versucht werden, einen zumindest groben Einblick in die von uns gemessenen Genauigkeiten zu geben. Die Resultate sollten aber nicht überbewertet werden, da eine Messung über einen kurzen Zeitraum an nur einem Tag noch keine erschöpfenden Aussagen liefert.

Vor dem Test wurden sämtliche Geräte, bei denen dies möglich war, über Sensoren aus dem bestehenden Messfeld kalibriert. Um auch bei den nicht kalibrierfähigen Geräten eine Aussage über die im Tagesverlauf zu den Referenzsensoren entstandenen Abweichungen liefern zu können, wurden deren Werte im Nachhinein kalibriert – die Abweichungen zum Referenzsensor wurden also zum Zeitpunkt der ersten Messung rechnerisch auf null gesetzt.

MacSolar SLM-018c-2

Besonderheiten und Lieferumfang: Das von der Berliner Solarc GmbH entwickelte MacSolar ist das einzige Gerät in unserer Übersicht, das mit einer integrierten monokristallinen Photozelle als Detektor arbeitet. Damit nicht genug, versorgt es sich auch als einziges selbst über eine zweite, ebenfalls integrierte Solarzelle mit Strom. Die Messung über eine solche Photozelle hat gegenüber einem (exakteren) Pyranometer durchaus etwas für

sich, da die spektrale Empfindlichkeit der einer mono- oder polykristallinen Solarzelle gleicht. Und meist geht es ja eben darum, das Verhalten dieser Modultypen zu beurteilen. Pyranometer dagegen weichen mehr oder weniger vom relevanten Spektrum ab, was im Tagesverlauf zu leichten Abweichungen führen kann. Im Gegensatz zu den beiden Modellen PCE-SPM 1 und HT204, die reine Handeinstrahlungsmessgeräte sind, versucht das MacSolar, ein Zwitter zwischen diesen und den anderen aufgeführten Modellen im Test zu sein, die aus dem Bereich der fest installierten Sensoren kommen. Das Gerät ist zwar auf den ersten Blick zur ersten Kategorie zu zählen, kann aber laut Hersteller mit der mitgelieferten Halterung auch fest aufgestellt werden und dann mehr als ein Jahr lang Werte aufnehmen. Im Test entstanden allerdings Zweifel, ob es für solche Dauermessungen wirklich geeignet ist. So sind die Schalen des Gehäuses zwar gegen Feuchtigkeit abgedichtet, doch hat es im fest installierten Aufbau auf seiner Oberseite versenkte Verschraubungen, in deren Löchern sich Regenwasser unweigerlich sammeln muss. Dass sich an dieser Stelle das Wasser spätestens bei Frost einen Weg ins Gehäuseinnere bahnt, ist recht wahrscheinlich. Aus diesem Grund sollte eine Dauerinstallation mit Vorsicht betrachtet werden. Neben dem erwähnten Haltebügel liegen der Lieferung noch eine Bedienungsanleitung und ein Gewährleistungsschein bei. Ein auf die Ausgangsbuchse passendes Kabel für den Anschluss an einen PC über eine RS232-Schnittstelle war dagegen ebenso wie die zugehörige Software nicht enthalten. Beides kann aber ebenso wie Kalibrierzertifikate zusätzlich erworben werden. Vom MacSolar existieren auch noch zwei vereinfachte Versionen: eine ohne Datenlogger und Schnittstelle sowie ein Gerät, das allein als Sensor dient.

Bedienungsanleitung: Der deutschsprachigen Bedienungsanleitung auf 14 DIN-A5-Seiten fehlen zwar die Heftklammern, dafür ist sie aber gut geschrieben. Sie erläutert die Funktionen, schneidet auch Hintergrundinformationen an und erklärt Sachverhalte anhand von Beispielen, Tabellen und Grafiken.

Anzeige- und Bedienelemente: Abgelesen werden die Werte über eine einfache vierstellige LCD-Anzeige. Sie wird durch vier LEDs unterstützt, die die aktuell eingestellten Einheiten (W/m^2 , $^{\circ}C$, %, h)

Energie mit Zukunft



Unseren europaweiten Partnern bieten wir ausgefeilte Systemlösungen für netzgekoppelte und netzautarke Photovoltaikanlagen, Solarthermie, Solare Kühlung, Alternative Heiztechnik und Klein-Windkraftanlagen. Mit Beratung und Unterstützung in Projektierung und Planung sowie der Lieferung von Komponenten und Komplettanlagen renommierter Hersteller erhalten Sie ein umfassendes Leistungs- und Produktangebot im Bereich erneuerbarer Energien. Und alles aus einer Hand.



Planungs- und Vertriebsgesellschaft für:



Photovoltaiksysteme



Alternative Heiztechnik



Klein-Windkraftanlagen

HaWi Energietechnik AG

Im Gewerbepark 10 • D-84307 Eggenfelden • Tel. +49 8721 7817-0 • Fax +49 8721 7817-100
 Info-de@HaWi-Energy.com • www.HaWi-Energy.com

Überblick: Handeinstrahlungsmessgeräte (Herstellerangaben)

	Hersteller	PCE Deutschland GmbH & Co. KG	Solarc GmbH
	Gerätename	PCE-SPM 1	MacSolar SLM-018c-2
	Varianten	-	ohne Datenlogger sowie als reiner Sensor erhältlich
Messeigenschaften			
	Messbereich in W/m ²	0 - 2.000	0 - 1.500
	Auflösung in W/m ²	1	1
	Genauigkeit	± 10 W/m ² oder ± 5 % (es gilt der höhere Wert)	<3 % ± 1 Digit* im Bereich 50 - 1.000 W/m ²
	Spektralbereich in nm (Sensortyp)	400 - 1100 (Photodetektor)	k. A. (Photodetektor)
	Messrate	einstellbar	einstellbar: je nach Modus 10 s / 6 min / 1 h
Datenausgabe			
	Speicherkapazität	32.000 Messwerte	256 kBit (entspricht 14.400 Messwerten)
	Schnittstelle	RS232	RS232
	Anzeige	LCD	LCD
weitere technische Merkmale			
	Stromversorgung / Laufzeit	4 x 1,5-V-Li-Ionen-Batterie / circa 16 Tage Dauereinsatz	über eigene Solarzelle
	Umgebungstemperatur in °C	0 - 50	-20 - +50
	max. relative Feuchte (RH) in %	< 80	95
	Abmessungen Gerät in mm	111 × 64 × 34	130 × 90 × 30
	Abmessungen Transporttasche in cm	12 × 8 × 4	entf.
	Gewicht in g	165	170
	Richtlinien/Normen	k. A.	CE EN 50081, EN 50082, EN 60068
	zusätzliche Eigenschaften / Anmerkungen	Geräteoberfläche kann über Software eins zins auf dem PC dargestellt und dort bedient und ausgelesen werden; Integriermessung und Transmissionsmessung möglich	Messgerät kann P _{tot} (in W/m ²), P _{sr} , U _r , I _n (in %) oder T (in °C) angeben; Nennleistung der integrierten Solarzelle beträgt 180 mW Leistungsbedarf (sleep/active mode): 0,6/4 mW
Lieferumfang			
	Lieferumfang	1 x RS232-PC-Kabel, 1 x Software, 1 x Ministativ, 4 x Batterie, 1 x Gerätetasche, Anleitung	Anleitung
Zubehör			
	Stativ/Halterung	ja	ja
	Software	ja	nein (zusätzlich erhältlich)
Kalibrierung			
	Nullabgleich von Hand durchführbar	ja	nein
	Kalibrierung von Hand durchführbar	ja	ja (über 1.000-W/m ² -Strahlungsquelle)
Preis			
	ohne Mehrwertsteuer in €	175,00	299,00
	mit 19 % Mehrwertsteuer in €	208,25	355,81
Preis für Kalibrierzertifikat			
	ohne Mehrwertsteuer in €	195,00	195,00
	mit 19 % Mehrwertsteuer in €	232,05	232,05
Bezugsadresse			
		PCE Deutschland GmbH www.pce-group-europe.com	PCE Deutschland GmbH www.pce-group-europe.com

*Digit = Zahlenstelle

HT Instruments GmbH	Indium Sensor	Kipp & Zonen BV	Kipp & Zonen BV
HT204	Unirad (mit Messkopf Typ 3.3)	Meteon (mit CMP-3-Pyranometer)	Solrad (Auslaufmodell, abgelöst »Meteon«)
-	verschiedene Sensoren erhältlich	verschiedene Sensoren erhältlich	verschiedene Sensoren erhältlich
1 - 1.999	0 - 1.300	0 - 1.000	300 - 1.500
1	k. A.	k. A.	1
± 10 W/m ² oder ± 5 % (es gilt der höhere Wert)	Sensor: Linearität < 1 % absoluter Fehler < 10 %	Sensor: Nichtlinearität < 2,5 % Richtungsfehler < 20 W/m ²	± 10 %
k. A. (Photodetektor)	400 - 1100 (Photodetektor)	310 - 2800 (Pyranometer)	k. A.
4 Messungen pro s	einstellbar	einstellbar	einstellbar: >10 Messungen pro s
kein Speicher	k. A.	3.518 Messwerte	31 Messwerte
-	RS232	USB	RS232
LCD (3-1/2 Digits*)	LCD (zweizeilige Punktmatrix)	LCD (4 Digits*)	LCD
1 x 9-V-Batterie / 100 Stunden	Lithiumbatterie, opt. externe Stromversorgung	2 x AA (penlight) Alkaline	1 x 9-V-Batterie oder Netzversorgung / 25 Stunden
5 - 40	0 - 50	-10 - +40 Sensor: -40 - 80	-20 - +40
< 80	k. A.	95	k. A.
172 x 60 x 38	150 x 83 x 23	146 x 70 x 25	100 x 197 x 50
16 x 16 x 5	36 x 26 x 13	39 x 31 x 11	entf.
150	k. A. / Sensorgewicht: 300	175 / Sensorgewicht: 600	450
EN 61326 (1997), A1 (1998), A2 (2001)	ISO 9060 2. Klasse	EN50082-1, EN50081-1, EN55022, IEC1010-1	EN50082-1, EN50081-1, EN55022, IEC1010-1
max. und min. Anzeige der laufenden Messung	Pyranometersensor mit Siliziumphotodiode	CMP-3: echter Pyranometersensor mit Thermosäule (auch andere Sensoren verwendbar)	-
Schutztasche, Batterie, Benutzerhandbuch	Messkopf Si-Pyranometer Typ 3.3-051, div. Kabel, 12-V-Netzgerät, Gerätekofter; Kalibrierzertifikat für Sensor und Datenlogger, CD mit Software	CMP-3-Pyranometer, Kalibrierzertifikat für Sensor, 10 m Verbindungskabel zum Sensor, Befestigungsschrauben, Anleitung für Sensor- befestigung, Gerätekofter, USB-Kabel für PC-Anschluss, CD mit Software und Bedie- nungsanleitungen	CD mit Software
nein	nein	ja	nein
nein	ja	ja	ja
ja	k. A.	ja	nein
nein	k. A.	ja	ja
183,00	849,20	525,00 (ohne Sensor); 1.175,00 (inkl. Sensor)	1.395,69
217,77	1.010,55	624,75 (ohne Sensor); 1.398,25 (inkl. Sensor)	1.660,87
einfaches Zertifikat im Preis enthalten	Zertifikate für Datenlogger und Sensor im Preis enthalten	Zertifikat für Sensor im Preis enthalten; Datenloggeranpassung auf Sensor: 50,00	einfaches Zertifikat im Preis enthalten
-	-	-	-
HT Instruments GmbH www.ht-instruments.de	HIM – Wettershop www.meteorologyshop.eu	Gengenbach Messtechnik www.rg-messtechnik.de	Gengenbach Messtechnik www.rg-messtechnik.de



MacSolar SLM-018c-2: gute Ansätze, Schwächen im Detail

markieren. Die Bedienung erfolgt über fünf Tasten, wobei für manche Funktionen zwei Tasten gleichzeitig gedrückt oder gehalten werden müssen. Um sich hier zurechtzufinden, muss man die Bedienungsanleitung zur Hand nehmen. Wirklich unpraktisch ist die Anordnung der Bedien- und Anzeigeelemente auf der gegenüberliegenden Seite vom Sensor. Das gilt sowohl für den mobilen als auch den »stationären« Einsatz. Wenn man das Gerät in der Hand hält und den Sensor zur Sonne ausrichtet, kann man das Display nur schräg von der Seite betrachten oder muss dabei in Richtung Sonne schauen. Bei fester Installation behindert der Haltebügel die Bedienung und das Ablesen der Werte noch zusätzlich.

Funktionsumfang: Das Gerät hat einen weiten Funktionsumfang, der auch speziell auf die Messung an Photovoltaikanlagen ausgerichtet ist. Es versucht dabei, dem Bediener direkt aussagekräftige Vergleichswerte zum Betriebszustand einer Anlage zu geben. Neben der obligatorischen Messung der Einstrahlungsleistung

P_{tot} in Watt je Quadratmeter kann das MacSolar auch die Temperatur in Grad Celsius seines monokristallinen Photodetektors messen. Von diesem aus wird über einen einstellbaren Temperaturkoeffizienten auf Modultemperaturen bei entsprechenden Bedingungen geschlossen. Anhand dieser Werte werden weitere wichtige Kenngrößen für Solarmodule berechnet und ausgegeben. Diese werden alle als Relativwerte bezüglich eines Moduls unter Standardtestbedingungen (STC) in Prozent angegeben. Konkret sind das die relative Modulleistung P_n , die Modulspannung U_n und der relative Modulstrom I_n . Alle fünf genannten Funktionen P_{tot} , $^{\circ}C$, P_n , U_n und I_n lassen sich in vier verschiedenen Modi messen und darstellen. Sie können als aktueller Wert, als Maximalwert und als Mittelwert dargestellt werden oder in Zeitintervallen von 0,1 bis 1 Stunde gespeichert werden. Des Weiteren kann man die Anzeige auch noch an das Modulfeld, für das man die Werte benötigt, anpassen. Hierzu können für die Art der Aufständigung der Module und für de-

ren Qualität jeweils drei verschiedene Stufen ausgewählt werden.

Ausrichtung und Aufstellung: Das Gerät lässt sich nur befriedigend genau und reproduzierbar auf die Sonne ausrichten, da es hierfür nur bedingt geeignete Bezugsflächen hat. Besser ist dies bei der festen Aufstellung, für die ein aus Metall und Kunststoff gefertigter Bügel zur Verfügung steht, in den das Gerät eingeklemmt werden kann. Der Azimut ist dabei nicht mehr verstellbar, wenn der Bügel beispielsweise auf einer Montageschiene verschraubt wird (wobei hierfür passende Schrauben im Lieferumfang nicht enthalten sind). Die Neigung lässt sich dagegen verstellen, solange die seitlichen Halteschrauben nur leicht angezogen werden.

Kalibrierung, Kalibrierzertifikat und Messgenauigkeit: Das Gerät wurde ohne Kalibrierzertifikat geliefert, das nur gegen Aufpreis erhältlich ist. Die ursprüngliche werkseitige Kalibrierung, auf die man zurücksetzen kann,

zeigte eine Abweichung von über 20 Prozent gegenüber den Messwerten der Referenzsensoren. Allerdings war das Testgerät zuvor augenscheinlich schon anderweitig in Gebrauch. Eine nachträgliche Kalibrierung macht einem der Hersteller nicht leicht: Anstatt wie andere Geräte die Option anzubieten, einen Faktor von Hand anzupassen, muss das MacSolar zur Kalibrierung einer Einstrahlung von exakt 1.000 W/m^2 ausgesetzt werden. Genau genommen müsste es also in ein Prüfinstitut gebracht werden, das über eine geeignete Lichtquelle verfügt. Für den Test wurde stattdessen unter Zuhilfenahme der Referenzsensoren bei einem entsprechenden Sonnenstand nachkalibriert. Bei der Messung zeigte das Gerät nach der Kalibrierung auf den Referenzsensor eine mittlere Abweichung von zwei Prozent über die zweistündige Messperiode.

Leichte Zweifel an der Langzeitbeständigkeit des Sensors entstanden durch dessen Position im Gehäuse. Während ein anderer Hersteller sogar eine Schutzkappe für seinen empfindlichen Sensor

vorsieht, um ihn vor Verschleiß zu bewahren, hat sich Solarc dazu entschieden, den Sensor als Geräteauflagefläche zu konzipieren. Dadurch hat die nicht vollständig kratz feste Oberfläche des Sensors stets flächigen Kontakt zum Untergrund, wenn man den Apparat normal ablegt.

Fazit: Die Ansätze der Messung über eine Siliziumzelle mit Temperaturfühler, die Versorgung über eine Solarzelle sowie die Angabe von direkt bewertbaren Relativwerten sind gut. Trotzdem hat das Gerät bei der Umsetzung im Detail manche Schwächen. Zumindest vom Einsatz bei Langzeitmessungen möchten wir hier abraten.

HT204 Solar Power Meter

Besonderheiten und Lieferumfang: Das HT204 ist ein reines Handeinstrahlungsmessgerät. Der Sensor ist über ein 50 Zentimeter langes Kabel beweglich, aber untrennbar mit dem Anzeigeelement verbunden. Sehr positiv fällt sofort die leicht verständliche, intuitive Bedienbarkeit des Systems auf. Dies hat allerdings auch seinen Grund: Wenn man die beiliegende Bedienungsanleitung zur Hand nimmt, gewinnt man darüber primär die Information, dass das Gerät tatsächlich nicht mehr Funktionen besitzt, als man bereits selbst herausgefunden hat. Aber das HT204 kann das, was es soll, nämlich die Einstrahlung messen, und macht dabei mit seinem großen, gut ablesbaren Display einen soliden Eindruck. Als einziges Gerät besitzt es für seinen Sensor auch eine Schutzkappe, die diesen vor Verschleiß schützt. Ansonsten sind im Lieferumfang noch ein kleines Transportkästchen und ein sehr einfaches Kalibrierzertifikat enthalten. Eine Schnittstelle für den Anschluss an einen PC besitzt das Gerät nicht und daher auch keine Software.

Bedienungsanleitung: Hier hat sich der Hersteller als Einziger die Mühe gemacht, die Seiten zusammenzuklammern, sodass die Anleitung als kleines, aber ordentliches Heft im DIN-A6-Format dem Transportkästchen beiliegt.

Das Heft ist viersprachig (italienisch, englisch, spanisch, deutsch) und hat pro Sprache einen Umfang von sieben Seiten. Die eigentliche Anleitung beschränkt sich dabei neben den allgemeinen Hinweisen zu Sicherheit, Wartung, technischen Daten, Service und Kundendienst auf nur zweieinhalb Seiten – was aber ausreicht, um die wenigen Funktionen gut zu beschreiben.

Anzeige- und Bedienelemente, Funktionsumfang: Die große vierstellige Anzeige ist gut ablesbar und zeigt alle nötigen Informationen an. Das Bedienfeld besteht aus fünf Tasten, die alle jeweils nur eine Funktion ansteuern und dabei nur zwischen zwei Optionen hin- und herschalten. Die einzige Taste, die drei Optionen ansteuert, ist die »M-H«-Taste, die auch die einzige wirkliche Zusatzfunktion des Gerätes steuert: Mit ihr kann zwischen dem Minimalwert und dem Maximalwert während einer laufenden Messung hin- und hergeschaltet werden. Hält man die Taste länger, springt das Gerät in die Echtzeitmessung zurück. Die weiteren Tasten sind neben

der »On/Off«-Funktion die Wahlmöglichkeit zwischen den Einheiten W/m^2 und der angloamerikanischen Maßeinheit $BTU/(ft^2 \cdot h)$ sowie eine Einfriertaste für den aktuellen Messwert. Die fünfte Taste ist lediglich dazu da, den Messbereich von dreistellig mit einer Kommastrichstelle zu vierstellig umzuschalten. Angenehmer wäre es aber, wenn das Gerät diese Einstellung selbst vornehmen würde. Eine Speicheroption oder Schnittstelle zum PC existiert nicht.

Ausrichtung und Aufstellung: Das Messgerät besitzt zwar ein Stativgewinde, allerdings befindet sich dieses auf der Rückseite des Anzeigeelements und nicht auf der des Sensors, wo es deutlich mehr Sinn ergeben hätte. Der Sensor bietet auch sonst keine Möglichkeit zur exakten Positionierung, da seine Gehäuserückseite leicht gewölbt ist. In der Praxis wird der dadurch entstehende winkelbedingte Messfehler aber vermutlich kleiner sein als die spezifizizierte Genauigkeit des Sensors.

Kalibrierung, Kalibrierzertifikat und Messgenauigkeit: Die Möglichkeit, ei-



HT204 Solar Power Meter: solide und günstig, aber mit eingeschränkter Genauigkeit

nen Kalibrierfaktor selbst anzupassen, besteht leider nicht. Der Hersteller garantiert für die Einhaltung der technischen Spezifikationen über ein Jahr und empfiehlt danach eine Neukalibrierung, zu der das Gerät eingeschickt werden muss. Es liegt ein sehr minimalistisches Kalibrierzertifikat bei, auf dem aber kein Datum zu finden ist. Einzig ein Nullabgleich lässt sich bei aufgesetzter Schutzkappe über einen Schraubendreher an einem Drehwiderstand durchführen. Die mittlere Abweichung des Geräts im Test war sehr hoch und betrug plus 20 Prozent zum Referenzsensor. Die mittlere Abweichung nach der nachträglichen rechnerischen Anpassung betrug im Mittel über die zweistündige Messperiode immer noch plus drei Prozent. Das Gerät tendierte dabei besonders bei niedrigen Einstrahlungen dazu, mehr anzuzeigen als der Referenzsensor.

Fazit: Wer ein günstiges, solides Gerät sucht und keinen Wert auf weitere Funktionen wie Speicherung oder PC-Schnittstellen legt und wem die Möglichkeit, den Sensor und das Anzeigeelement getrennt voneinander von Hand auszurichten, wichtig ist, für den ist das HT204 durchaus interessant. Die im Test gefundenen Genauigkeitsabweichungen schränken die Nutzbarkeit aber deutlich ein.

PCE-SPM 1

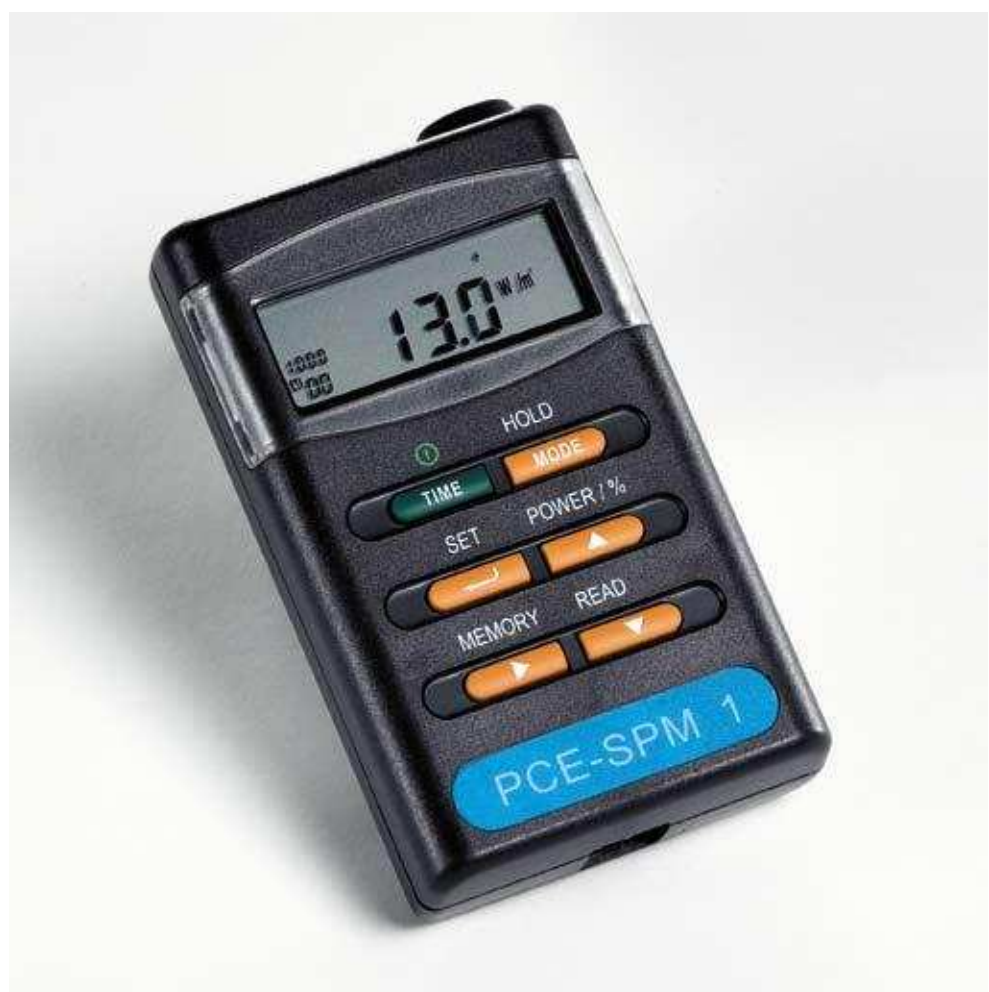
Besonderheiten und Lieferumfang: Das PCE-SPM 1 ist das kleinste und preisgünstigste Messgerät im Test. Trotzdem darf man viel erwarten, denn beim Liefer- und Funktionsumfang ist es ganz groß, und Kritikpunkte lassen sich nur in Details finden. Zum Lieferumfang gehören neben dem Gerät mit integriertem Sensor und Messwertspeicher eine ausführliche Betriebsanleitung, ein einfaches kleines Stativ, ein PC-Verbindungskabel und die zugehörige Software auf CD-ROM. Das Gerät hat auf der Rückseite eine Gürtelhalterung; Gleiches gilt für die kleine Schutzhülle, in die das Messgerät auch noch mit dem installierten Stativadapter hineinpasst. Dieser Adapter ist indes eine

etwas unglückliche Konstruktion, weil er den Apparat etwas sperriger macht und weil in einem umständlichen Prozedere die Verschlusschraube des Batteriefachs gegen ihn ausgetauscht werden muss. Das Batteriefach selbst beherbergt vier Mignonbatterien, mit denen laut Hersteller circa 16 Tage Dauereinsatz erreichbar sind. Die beschriftete CD beinhaltet das Programm »SolarMeter V1.2«, mit dessen Hilfe über das RS232-Schnittstellenkabel Daten ausgelesen und grafisch dargestellt werden können. Außerdem lassen sich hiermit über eine Bedien- und Anzeigenoberfläche auch alle Funktionen vom PC aus fernbedienen und Anzeigenwerte ablesen.

Bedienungsanleitung: Die deutschsprachige Betriebsanleitung zum Gerät selbst besteht zwar nur aus acht losen DIN-A4-Blättern, doch diese erklären die Bedienung gut, da sie zunächst die Funktion der einzelnen Tasten und dann die prinzipiellen Gerätefunktionen ansprechen. Damit findet man schnell direkte Antworten auf Fragen und bekommt die

meisten Eigenschaften aus zwei Perspektiven beleuchtet. Zur »SolarMeter«-Software gibt es auf der CD auch noch eine PDF-Datei mit einer 19-seitigen englischsprachigen Anleitung zur Installation und Bedienung. Auch wenn sie nicht in Deutsch ist, erklärt sie die Vorgehensweise anhand vieler Screenshots gut.

Anzeige- und Bedienelemente: Das Gerät hat eine gut ablesbare und detaillierte LCD-Anzeige. Diese lässt sich durch die günstige Positionierung des Sensors auf der Gerätevorderseite mit einem 90-Grad-Winkel zur Displayoberfläche bei allen sinnvollen Sensorausrichtungen immer gut einsehen. Für die Bedienung stehen nur sechs Tasten zur Verfügung, um der großen Anzahl an Funktionen Herr zu werden. Dies sowie die nicht ganz optimale Tastenkonfiguration führt dazu, dass die Bedienung nicht gerade intuitiv erlernbar ist. Um alle Möglichkeiten nutzen zu können, muss man die Betriebsanleitung zur Hand nehmen, die aber die verschiedenen Tastenfunktionen gut beschreibt.



PCE-SPM 1: viele Funktionen, gutes Preis-Leistungs-Verhältnis

Funktionsumfang: Für alle Messungen kann man vorab zwischen den Einheiten W/m^2 und $BTU/(ft^2 \cdot h)$ wählen. Das Messgerät besitzt neben einer einfachen Einfrierfunktion (»Hold«) des aktuellen Messwertes auch einen Aufnahme-Modus. Während dieser aktiv ist, kann man sich die Maximal-, Minimal- und Mittelwerte der letzten vier Momentanwerte anzeigen lassen. Hierzu lässt sich auch eine normalerweise aktive Selbstabschaltung vorübergehend deaktivieren.

Darüber hinaus hat das Gerät Sonderfunktionen, die anderswo nicht zu finden sind: Im Integriermodus werden die Einstrahlungen über einen von Sekunden bis Tagen definierbaren Zeitraum aufsummiert und als gesamte Strahlungsenergie pro Fläche (kWh/m^2) für den gewählten Zeitraum ausgegeben. Bei der Transmissionsmessung wird die aktuelle Einstrahlung als prozentualer Wert bezüglich einer zuvor gemessenen Referenzeinstrahlung angezeigt. Damit lässt sich zum Beispiel der Transmissionsanteil bestimmen, also die Lichtdurchlässigkeit eines Materials, das man zwischen Strahlungsquelle und Sensor einbringt, nachdem man vorher den Referenzwert ohne dieses Strahlungshindernis bestimmt hat – eine raffinierte, wenn auch im Zusammenhang mit Photovoltaikanlagen eher wenig relevante Funktion.

Auch kennt das Gerät zwei Formen der Messwertespeicherung. Zum einen können auf 99 durchnummerierten Speicherplätzen aktuelle Einzelmesswerte von Hand abgespeichert und ausgelesen werden. Zum anderen lassen sich im Intervallmodus automatisch bis zu 32.000 Werte abspeichern. Das Messintervall lässt sich dabei zwischen einer Sekunde und einer Minute frei wählen. Diese Werte können dann über die mitgelieferte Software ausgelesen und auf dem PC dargestellt werden.

Ausrichtung und Aufstellung: Eine exakt reproduzierbare Ausrichtung des Sensors ist gut über die Seiten- und Rückfläche möglich. Das Stativ vereinfacht zwar die Aufstellung, könnte aber etwas besser gegen Verstellungen gesichert sein. In Relation zum Preis ist es aber absolut in Ordnung. Wenn man das Gerät, während es sich auf dem Stativ befindet, bedienen möchte, ohne eine Verschiebung zu riskieren, kann es zudem auch über die mitgelieferte Software vom Laptop aus fernbedient werden.

Kalibrierung, Kalibrierzertifikat und Messgenauigkeit: Das Gerät ist über einen vierstelligen Faktor bequem zu kalibrieren, zusätzlich kann auch noch ein Nullabgleich durchgeführt werden. Ein schönes Detail ist, dass der Kalibrierfaktor stets in der Anzeige angegeben wird und so zum Beispiel Fehler durch eine unbewusst veränderte Kalibrierung vermieden werden können. Das Testgerät wurde ohne Kalibrierzertifikat geliefert, das aber gegen Aufpreis mitbezogen werden kann. Das Gerät wurde trotz der Möglichkeit der Kalibrierung für den Test auf der vorab eingestellten Werkskalibrierung mit einem Kalibrierfaktor von 1.000 belassen. Dabei zeigte es eine Abweichung von neun Prozent zum Referenzsensor. Die mittlere Abweichung nach der nachträglichen rechnerischen Anpassung betrug im Mittel über die zweistündige Messperiode nur noch ein Prozent. Ein ähnlicher Wert wäre auch zu erwarten gewesen, wenn das Gerät nachkalibriert worden wäre.

Fazit: Aufgrund der Handlichkeit, des Funktions- und Zubehörumfangs sowie des mit Abstand besten Preis-Leistungs-Verhältnisses ist das PCE-SPM 1 ein eindeutiger Favorit. An die nicht immer ganz einfache Bedienung wird man sich mit der Zeit gewöhnen – oder aber ab und an die Betriebsanleitung zur Hand nehmen.

Meteon mit CMP-3-Pyranometer

Besonderheiten und Lieferumfang: Das »Meteon« der niederländischen Kipp & Zonen BV ist der Nachfolger des Geräts »Solrad«. Letzteres wurde zwar für diese Marktübersicht nicht untersucht, weil es nicht mehr hergestellt wird; die technischen Daten befinden sich aber der Vollständigkeit halber ebenfalls in der Übersichtstabelle auf Seite 10. Das Meteon gehört zusammen mit dem »Unirad« zur Fraktion der mobilen Datenlogger mit Anzeigeelementen. Es misst über einen externen Einstrahlungssensor, wie er auch für fest installierte Messaufbauten verwendbar ist. Das Testgerät war mit einem Kipp-&-Zonen-Pyranometer vom Typ CMP 3 kombiniert, das sich auch für den Betrieb mit rein stationären Datenloggern eignet. Abgesehen von dem eigenen Anzeigeelement und der netzunabhängigen Stromversorgung unterscheidet sich das Meteon indes auch nicht allzu sehr von einem solchen stationären Aufbau: Das Gerät muss über eine



M+W Zander Build the Future. Today.

- General Contractor
- Photovoltaic Factories
- Photovoltaic Power Plants
- Solar Thermal Power Plants
- Trigeneration Power Plants
- Satellite Aerospace Facilities
- Facilities for Battery Manufacturing

Visit us in Hannover
at the
Hannover Messe 2009
Hall 4, Booth E24

m+w zander
»»»»»

M+W Zander FE GmbH
Business Division Photovoltaics
Lotterbergstr. 30
70499 Stuttgart, Germany
Phone: +49 711 8804-2069
pvinfo@mw-zander.com
www.mw-zander.com



Meteon: präzise auch für Langzeitmessungen

USB-Schnittstelle vom PC aus konfiguriert werden, weil es keine eigenen Eingabemöglichkeiten besitzt. Das hierfür notwendige USB-Kabel, ein zehn Meter langes Verbindungskabel zwischen Sensor und Meteon sowie eine CD mit umfangreicher Eingabe- und Auswertungssoftware liegen der Lieferung bei. Auf der CD findet sich auch die Betriebsanleitung aller Datenlogger und Sensoren der Firma Kipp & Zonen in englischer Sprache. Eine Version in Druckform wäre in dieser Preisklasse wünschenswert gewesen. Immerhin gibt es ein DIN-A3-Blatt, das die korrekte Festinstallation des Sensors beschreibt. Hierzu wird auch noch eine größere Anzahl verschiedener Schrauben mitgeliefert. Ein ordentliches Kalibrierzertifikat sowie ein solider, gepulsterter Kunststoffkoffer, in dem sich alles verstauen lässt, runden das Gesamtbild positiv ab.

Bedienungsanleitung: Gleich drei Betriebsanleitungen in englischer Sprache gibt der Hersteller dem Kunden mit auf den Weg: Neben bereits erwähntem DIN-A3-Blatt für die Installation des

Sensors, die anhand von vielen Bildern in diversen Varianten sehr gut erklärt wird, gibt es sowohl für den Sensor als auch für das Datenlogger- und Anzeigeelement samt seiner Software sehr ausführliche Anleitungen. Messgerät und Software werden auf elf Seiten erläutert, der Sensor sogar auf 34 Seiten, die allerdings auch die typverwandten Sensoren der CMP- und CMA-Serie von Kipp & Zonen beschreiben.

Anzeige- und Bedienelemente: Das einfache, gut ablesbare vierstellige Display zeigt neben dem aktuellen Messwert den Datenaustausch vom und zum PC, eine Batteriekapazitätswarnung und eine Zustandsanzeige zum Einschreiben von Daten auf den Speicher an. An Bedienelementen besitzt das Gerät nur einen »On/Off«-Schalter.

Funktionsumfang: Über die Software des Meteon können sowohl mehrere passende Sensoren eingestellt und kalibriert als auch verschiedene Speicheroptionen ausgewählt werden. Die Software zeigt die jeweils möglichen Optionen an, sobald das Meteon mit dem PC verbunden wird. Prinzipiell können auch mehrere

Geräte gleichzeitig angeschlossen und über die Software bedient werden. Mit der Software können zum Beispiel die Messintervallzeiten und auch der Startzeitpunkt für eine Messung voreingestellt werden. Die Speicherung der Werte über ein Zeitintervall erfolgt dabei immer als Minimal-, Maximal- und Mittelwert. Die Ausgabe der Werte findet ebenfalls über die Software statt und kann direkt als Graf angezeigt werden. Das Gerät übersteht dabei auch längere Messzeiträume: Mit den beiden Mignonbatterien verspricht der Hersteller einen maximalen Dauerbetrieb von 50 Tagen.

Ausrichtung und Aufstellung: An diesem Sensor findet man alles, was man von einem professionellen Gerät erwartet: Eine kleine in den Aluminiumfuß integrierte Wasserwaage sowie zwei verstellbare Schraubfüße ermöglichen eine exakte Ausrichtung. Das Pyranometer kann entweder auf den Boden gestellt oder mit den mitgelieferten Schrauben auf einer Platte fixiert werden. Die Anleitung

beschreibt diese und weitere Möglichkeiten der Installation genau.

Kalibrierung, Kalibrierzertifikat und Messgenauigkeit: Die Kalibrierung des Messgeräts auf den verwendeten Sensor kann über die Software auf verschiedenen Wegen erfolgen. Entweder kann ein Sensor aus einer vorgegebenen Liste ausgewählt werden, oder der Sensor wird anhand eines im Zertifikat abzulesenden Kalibrierfaktors eingestellt. Dem Testgerät lag ein Kalibrierzertifikat für den Sensor bei, das Kalibrierungsdatum war zusätzlich auf dem Sensor angegeben. Eine Neukalibrierung wird vom Hersteller alle zwei Jahre empfohlen. Nach der Einstellung auf den mitgelieferten Sensor zeigte das Gerät bei einer sehr kurzen Messung eine Abweichung von minus drei Prozent zum Referenzsensor.

Fazit: Das Gerät macht in seiner Preisklasse einen guten Gesamteindruck, einzig die fehlende Bedienoption am Datenlogger schränkt den mobilen Einsatz etwas ein. Insbesondere für Anwender, die an einer Verwendung auch für Langzeitmessungen interessiert sind, ist es eine interessante Option.

Unirad mit Messkopf Typ 3.3

Besonderheiten und Lieferumfang: Das »Unirad 000 6.4« der Potsdamer Firma HIM (Hydrometeorologische Instrumente & Messanlagen Dyrk Peters) gehört wie das Meteoron zu den mobilen Datenloggern mit Anzeigeeinheit. Im Gegensatz zu Letzterem hat es aber auch die nötigen Eingabemöglichkeiten, um ohne angeschlossenen PC eine – sogar sehr übersichtliche – Menüführung zu gewährleisten. Diese wird über das zweizeilige Display unterstützt. Der mitgelieferte externe Sensor »Messkopf Typ 3.3« ist auch für eine Festinstallation vorgesehen. Des Weiteren liegen dem Gerät ein Netzgerät, ein Kabel zur Verbindung zwischen Datenlogger und Sensor sowie ein RS232-Schnittstellenkabel für die Datenübertragung zum PC bei. Hinzu kommen ausführliche Kalibrierzertifikate für Sensor und Anzeigeeinheit, eine CD mit Software zur grafischen Datenauswertung und eine recht einfache Bedienungsanleitung. Alles ist in einem soliden, gepolsterten Aluminiumkoffer sicher zu transportieren.

Bedienungsanleitung: Als Betriebsanleitung liegen dem Messgerät und dem Sensor jeweils ein beschreibendes Datenblatt auf Deutsch sowie eine Doppelseite in Englisch zu den Funktionen des Messgeräts bei. Auch wenn man in dieser Preisklasse eine umfangreichere Anleitung erwarten würde, erfüllt diese Ausstattung dank der übersichtlichen Bedienbarkeit des Gerätes ihren Zweck.

Anzeige- und Bedienelemente, Funktionsumfang: Die zweizeilige Anzeige ist mit Abstand die umfangreichste unter den getesteten Geräten. Leider ist sie nicht ganz so gut ablesbar wie bei den anderen, da die Zahlen recht klein sind und auch der Kontrast sowohl bei starker als auch schwacher Umgebungsbeleuchtung nicht optimal ist. Über acht Tasten hat das Messgerät einen großen Umfang an direkt oder indirekt über die Menüführung wählbaren Funktionen. Die direkten Tastenfunktionen sind eine Einfrierfunktion sowie eine direkte Speicherung des aktuellen Messwertes, eine

Datenloggerfunktion zum Mitschreiben der laufenden Messung und eine Übertragungsfunktion für den Transfer der Daten zum PC. Die weiteren Tasten dienen dem Einschalten sowie der Navigation in der Menüführung. Über die Menüführung lassen sich neben den genannten noch weitere Funktionen ansteuern. So beginnt das Gerät unter dem Menüpunkt »Schnellmessung« mit der Messung und Übertragung von Werten bei kleinstmöglichem Intervall über die RS232-Schnittstelle an den PC. Weiterhin finden sich Funktionen zum Löschen des Speichers, zur Mittelwertbildung und zur Anzeige des aktuellen Messwertes. Des Weiteren kann die Sprache der Menüführung zwischen Deutsch und Englisch umgestellt werden. Etwas Verwirrung kann die Menüführung am Anfang dadurch erzeugen, dass sich hier auch die Ausschaltfunktion findet; eine »Off«-Taste sucht man dagegen vergeblich. Insgesamt ist die Menüführung zwar hilfreich und übersichtlich, macht allerdings ein wenig den Eindruck, als ob sie noch auf das Auffüllen mit weiteren Funktionen wartet.

Ausrichtung und Aufstellung: Der Sensor besitzt eine plane Unterseite mit zwei Gewindebohrungen, über die er verschraubt werden kann. Allerdings wird das Anschlusskabel ebenfalls aus der Unterseite herausgeführt, was die Aufstellung überall dort erschwert, wo sich das Kabel nicht nach unten hin verlegen lässt.

Kalibrierung, Kalibrierzertifikat und Messgenauigkeit: Dem Gerät liegen umfangreiche Kalibrierzertifikate sowohl für das Anzeigeelement als auch für den Sensor bei. Leider traf das Unirad nicht gleichzeitig mit den anderen Testkandidaten bei der Redaktion ein, und auch die Kalibrierung eines Sensors durch den Hersteller war vor dem Test nicht mehr möglich. Ein Abgleich mit Referenzsensoren für Aussagen zur Messgenauigkeit war deshalb nicht möglich.

Fazit: Vorbehaltlich der nicht möglichen Einschätzung seiner Messgenauigkeit macht das Gerät einen guten Gesamteindruck, der von der etwas spartanischen Bedienungsanleitung und ein paar kleineren Defiziten bei der Handhabung nur leicht getrübt wird. Bernhard Weinreich



Unirad: guter Gesamteindruck mit kleinen Defiziten