Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 108 (2017)
Heft: 10

Artikel: Portable LED-Flasher
Autor: Knecht, Raphael / Baumgartner, Franz / Frei, Christian
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-791363

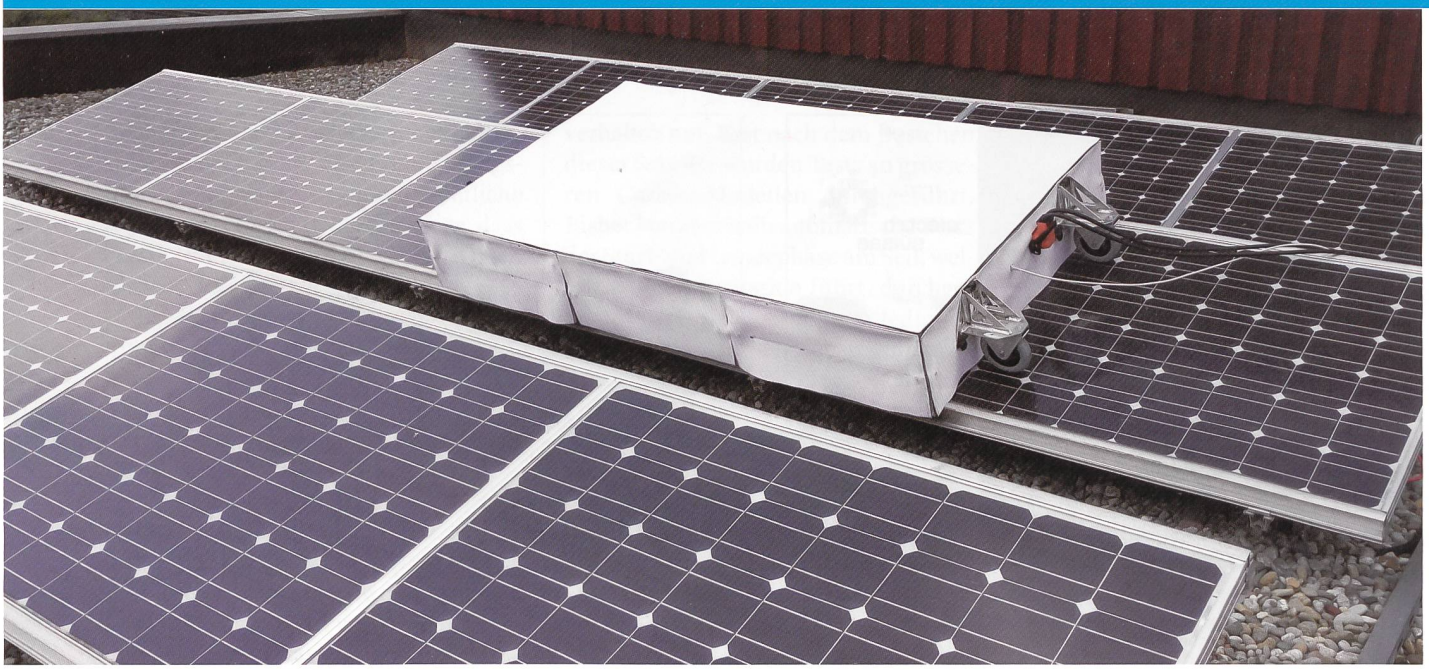
Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 05.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch



Der Portable LED-Flasher im Einsatz auf einer PV-Anlage in Wallisellen. Der PLF wird mit den seitlich angebrachten Rollen über die Module gerollt und die Module müssen nicht demontiert werden.

Portable LED-Flasher

Einfache und genaue Messungen vor Ort | Eine hohe Rentabilität von PV-Anlagen setzt eine hohe Qualität der Solarmodule voraus. Eine Minderleistung von Modulen musste bisher aufwendig in einem Labor verifiziert werden. Der neue Portable LED-Flasher ermöglicht nun eine preisgünstige und effiziente Nennleistungsbestimmung von Solarmodulen vor Ort.

TEXT RAPHAEL KNECHT, FRANZ BAUMGARTNER, CHRISTIAN FREI, FRITZ BEGLINGER

Fällt einem Anlagenbetreiber eine Minderleistung seines PV-Kraftwerks aufgrund von Messungen des Stromzählers oder einzelner Stringertragsmessungen der Wechselrichter auf, ist ein Qualitätsproblem bei den Solarmodulen wahrscheinlich. Um Garantieansprüche beim Hersteller geltend zu machen, müssen zumindest teilweise die Solarmodule einer Nennleistungsmessung unterzogen werden. Üblicherweise wird dazu eine kleine Anzahl von Solarmodulen von der Anlage demontiert, an ein zertifiziertes Labor verfrachtet und dort bei STC-Bedingungen (1000 W/m², 25°C, AM1.5G) mit hochwertigen Messgeräten vermessen. Der finanzielle Aufwand für eine solche Messung bewegt sich im Bereich des Neupreises eines Solarmoduls. Ertragsausfälle aufgrund der fehlenden Solarmodule kommen noch hinzu. Das Risiko einer Beschädigung bei der Demontage der Stichprobenmodule ist hoch. Die geringe Stichprobenanzahl aufgrund der hohen Kosten erschwert die Eingrenzung des Problems in Grossanlagen und die Aussagekraft der Stichprobe, wenn Hunderte bzw. Tausende Solarmodule im Betrieb sind.

Gegenüber der trivialsten Variante der Nennleistungsbestimmung – der Kennlinienmessung unter natürlicher Sonneneinstrahlung – ist der Einsatz des Portable LED-Flashers (PLF) unabhängig von der Sonneneinstrahlung und somit praktisch bei jedem Wetter (z.B. Nachtmessungen) möglich. Zudem ist die Unsicherheit der Messung deutlich geringer **(Tabelle 1)**.

Optimierung des Prototypen

Die ZHAW hat bereits 2014 mit dem Portable LED-Flasher ein Messinstrument entwickelt, welches die Nennleistungsbestimmung direkt auf der PV-Anlage zulässt.[1] Der PLF beleuchtet das darunter liegende, zu messende Modul mittels vieler LEDs und misst dabei die Strom-Spannungskennlinie, woraus die maximale Leistung bestimmt wird. Dazu muss das Modul nicht demontiert werden und die totale Messzeit inkl. Handling reduziert sich auf wenige Minuten. In Zusammenarbeit mit Electrosuisse und mit Unterstützung vom BFE wurde das erste Funktionsmuster weiterentwickelt und die Anwendung des neuen PLF **(Tabelle 2)** im Feld getestet.[2] Das Spektrum der über 5000 LEDs wurde mit elf verschiedenen Wellenlängen optimiert. Die Belichtungszeit ist zwischen 10 ms und 500 ms auf das zu messende Modul einstellbar, was für hocheffiziente Module entscheidend ist. Ein weiteres Kriterium für die möglichst geringe Unsicherheit der Nennleistungsbestimmung ist die Uniformität der Beleuchtungsstärke. Durch die

Bilder: ZHAW

optimale Anordnung der LEDs wird eine Nicht-Uniformität von 1,7 % erreicht. [3]

Für eine bessere Handhabung wurde das Messgerät mit Lithium-Batterien, eingebaut in einem Batteriekoffer, ausgestattet. Die Netzunabhängigkeit vereinfacht das Handling und erlaubt eine Messdauer von einem Tag, bevor die Akkus wieder geladen oder gewechselt werden müssen.

Vereinfachtes Handling

Durch die Reduktion des Gewichts von zirka 50 kg (erster Prototyp) auf 35 kg ist der Portable LED-Flasher hinsichtlich Handhabung deutlich verbessert worden. So genügen zwei instruierte Personen, um die Messung im Feld auszuführen. Die modulare Bauweise – der PLF lässt sich in drei Teile separieren **(Bild 3)** – erlaubt es, das Messgerät mit einem PKW-Kombi oder sogar im Flugzeug zu transportieren. Die Steuerung und Auswertung der Messung geschieht auf einem handelsüblichen Tablet **(Bild 4)**. Die Strom-Spannungskennlinie wird direkt am Bildschirm angezeigt und ermöglicht die Identifikation von auffälligen Modulen, z.B. abnormaler Verlauf der Kennlinie.

Geringe Messunsicherheit

In einem Ringversuch wurde unter Laborbedingungen (25 °C) dasselbe Referenzmodul mit diversen Messgeräten bzw. Flashern vermessen. [4] Die Abweichung der Messung mit dem PLF zum genausten Messlabor Europas, dem ESTI am JRC in Ispra, Italien, beträgt lediglich etwa 1 %.

Erfolgreiche Feldmessungen

Um die Feldtauglichkeit des Messinstruments zu bestätigen, wurden an jeweils zwei Messtagen insgesamt drei PV-Anlagen vermessen. Ein erstes Indiz für einen erfolgreichen kommerziellen Einsatz ist der Messdurchsatz. So wurden in diesen ersten Probemessungen zwischen 158 und 231 Module an jeweils zwei Tagen vermessen, was im Schnitt etwa 100 Module pro Messtag entspricht. Die Rüstzeit wird auf zwei Stunden pro Anlage geschätzt, demzufolge kann die Messkadenz bei grösseren Stichprobenzahlen nochmals gesteigert bis verdoppelt werden.

Die Verifizierung der Resultate der Messungen mit dem PLF erfolgte durch eine Referenzmessung von jeweils 10 Stichprobe-Solarmodulen pro Anlage

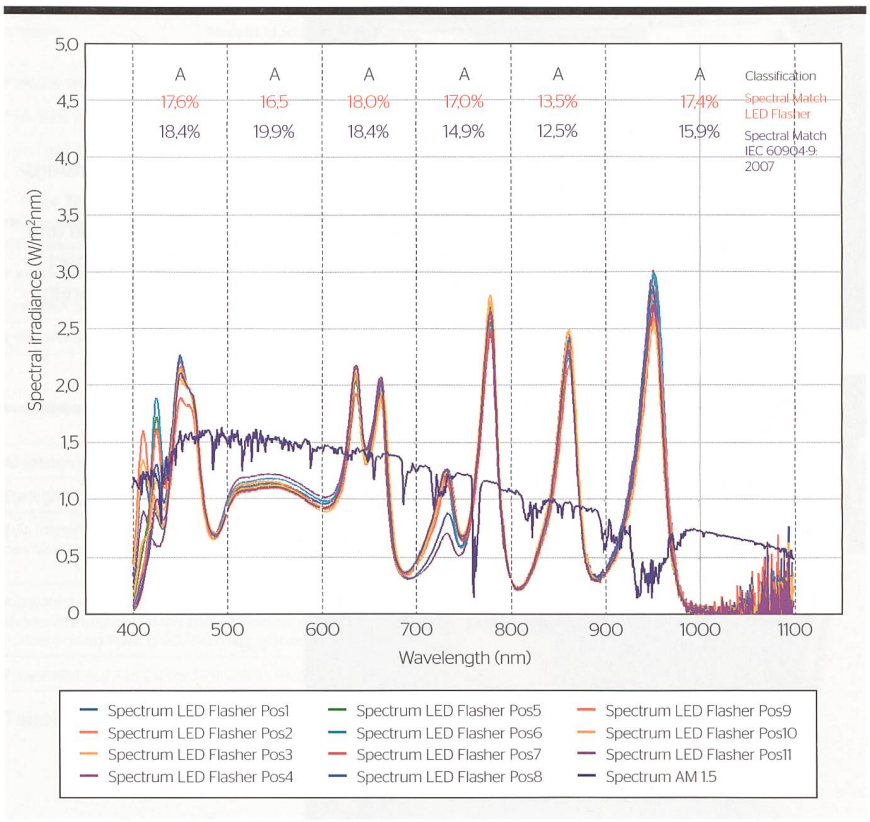


Bild 1 Die elf verschiedenen LED-Wellenlängen erfüllen die Anforderungen an die Norm IEC 60904-9 in der besten Klasse A.

Methode	Vorteil	Nachteil
Feldmessung unter natürlicher Sonne, Strom-Spannungs-Messgerät mit Einstrahlungssensor	- Messgerät kostengünstig - Kein Montagedefekt - Sofortiges Resultat	- Unsicherheit über 5% - Hohe Fixkosten bei wenig optimaler Solareinstrahlung - Temperaturkorrektur
Stationäre Messung im zertifizierten Labor nach der Demontage	- Kleine Messunsicherheit von 1,3 bis 3,5 % - Zertifizierter Messbericht	- Kosten Labormessung - Demontage, Transport - Geringe Stichprobenanzahl
Feldmessung mit Lichquelle im Fahrzeug/Transporter	- Unsicherheit 3 – 4% - Sofortiges Resultat	- Demontage Modul, Montagedefekte - Temperaturkorrektur
Feldmessung mit dem Portable LED-Flasher	- Unsicherheit 3 – 4% - Sofortiges Resultat - Kein Montagedefekt	- Temperaturkorrektur

Tabelle 1 Vergleich von vier möglichen Messmethoden zur Bestimmung der Nennleistung eines Solarmoduls.

983	993	1000	994	991	1007
982	989	1006	999	988	1000
977	1004	996	979	983	981
976	986	990	978	986	995
990	992	1001	990	987	982
985	997	1005	982	979	988
982	984	984	1003	983	989
979	986	981	990	987	991
986	999	981	1001	985	984
975	995	988	990	991	991
981	989	1005	1005	1007	1006
977	977	1006	1009	995	1009

Bild 2 Die Nicht-Uniformität der Lichtleistung, oben tabellarisch dargestellt in W/m² des PLF, beträgt maximal 1,7 % und ist somit in der Klasse A der IEC 60904-9.

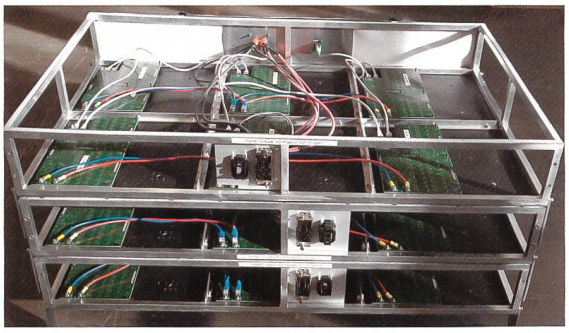


Bild 3 Die Beleuchtungseinheit des PLF lässt sich in drei Teile trennen und stapeln. Der Transport wird so deutlich vereinfacht.

Bild 4 Die Auswerteelektronik wird von einer Batterie gespiesen und die Auswertung der Messung erfolgt direkt auf dem Tablet mit Touch-Screen.

Spezifikation	Wert
Aktive optische Fläche	2,0 m × 1,1 m (bestimmt die maximale PV-Modulgrösse)
Aussenabmasse Transport	Zerlegt: 0,7 m × 1,1 m × 0,6 m; gesamt: 2,0 m (2,6 m mit Rädern) × 1,1 m × 0,26 m
Gewicht Beleuchtungseinheit	30 kg ohne Räder, 38 kg mit Rädern
Teilung Beleuchtungseinheit	Drei autonome Teile, Messungen mit einzelnem Teil möglich
Stromversorgung	Batteriekoffer, rollbar am Boden, separates AC-Ladegerät
Wellenlängen Lichtquelle	11 Wellenlängenbereiche, Klasse-A-Spektrum erreicht
Flashdauer	Einstellbar von 10 ms bis 500 ms
Minimaler Messtakt	<30 s
Einlesen Seriennummer	Bar-Code-Scanner
Messfunktionen	Nennleistung auf STC bezogen, Bypass-Dioden Test mit Softwareanpassung möglich
Speicherung der Messdaten	Auf Tablet in Tabellendokument
Auswertung Messresultate	Anzeige IV-Kurve unmittelbar am Bildschirm, Flasherliste mit Matlab-Skript, Fehlerklassifizierung anhand IV-Kurve
Durchsatz	Bis zu 150 Messungen pro Tag, Rüstzeit von lokalen Gegebenheiten abhängig; (für stationäre Messungen mit Modulen vom Stapel sollten maximal 500 Module pro Tag möglich sein, abgeleitet aus den Erfahrungen mit dem ersten Prototyp)
Messunsicherheit	Messunsicherheit 4 %, von Temperaturmessung abhängig, Vergleichsmessung mit Supsi, Swiss Mobile Flasher Bus, JRC Ispra bei definierter Temperatur (25 °C) Abweichung < 1 %
Messkosten	Zirka ein Zehntel der Messkosten für eine Modulmessung verglichen mit zertifizierten stationären Messlabors

Tabelle 2 Technische Angaben des Portable LED-Flasher.

am zertifizierten Labor des Supsi. Die Abweichung dabei betrug maximal 3 % **(Tabelle 3)** und spricht somit für die Qualität des entwickelten portablen Messinstruments und der Methode.

Unsicherheitsfaktor Temperaturmessung

Als grösste Herausforderung bei den Feldmessungen stellte sich die exakte Messung der Modultemperatur heraus. Bei üblichen Nennleistungsmessungen im Labor werden die Module bei konstanten 25 °C (STC-Bedingung) vermessen. Bei hoher Solareinstrahlung im Feld können sich die Module auf bis zu 60 °C erhitzen. Die Messung mit dem PLF muss somit mit dem Temperaturkoeffizient korrigiert werden, um die Nennleistung bei STC 25 °C zu bestimmen. Bei ändernder Bewölkung oder kurzfristiger (Teil-)Abschattung des zu messenden Moduls infolge des Überrollens mit dem PLF kühlt sich das Modul rasch ab. Die korrekte Erfassung der Modultemperatur zum Zeitpunkt der Leistungsmessung ist somit ein dominanter Parameter. Bei der Europäischen PV-Konferenz im September wurden die ersten Ergebnisse zur Unsicherheitsreduktion durch Verbesserung der Temperaturmessung präsentiert.

Kommerzielle Anwendung

Fällt einem Anlagenbetreiber eine Minderleistung seiner PV-Anlage auf, so kann mittels Auswertung der Stringerträge oder Thermografiemessungen die mögliche Fehlerquelle eingegrenzt werden. Eine Stichprobenmessung mit dem PLF erlaubt dann einen deutlich höheren Umfang der untersuchten Solarmodule als mit herkömmlicher Methode im zertifizierten Labor **(Tabelle 5A)**. Insbesondere bei älteren Anlagen, oder nach Ablauf der Garantiedauer des Modulherstellers kann zusätzlich ein Retrofitvorschlag erstellt werden. Die Module werden dann in Leistungsklassen sortiert und neu angeordnet, um so den Gesamtertrag zu steigern.

Vor der Installation der PV-Module kann der PLF zusätzlich für eine Losabnahme eingesetzt werden **(Tabelle 5B)**. Die Module werden dabei z.B. auf einem Tisch im Akkord gemessen und der PLF alternierend zwischen zwei Positionen bewegt. Bei diesen vereinfachten Messbedingungen konnte ein Durchsatz von zirka 500 Modulen pro Messtag erzielt werden.

Referenzen

[1] D. Schär, F. P. Baumgartner, «Portable LED-Flasher with implemented Bypass Diode Tester», presented at the 29th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Amsterdam, 2014.

[2] Raphael Knecht, Franz Baumgartner, Christian Frei, Fritz Beglinger, «Schlussbericht: Machbarkeit der individuellen Nennleistungsmessung von im Feld montierten PV-Modulen mit dem Portable LED-Flasher», Bundesamt für Energie BFE, 9.2.2017, Contract Nr. SI/501330-01.

[3] «Photovoltaic Devices – Part 9: Solar Simulator Performance Requirements», IEC 60904-9:2007.

[4] T. Achtnich, F. P. Baumgartner, N. Allet, M. Pezzotti, J. Haller, B. Aeschbach, «Swiss Mobile Flasher Bus: Progress and New Measurement Features», presented at the EUPVSEC, Valencia, 2010.

[5] «Swiss PV Label | Erstes unabhängiges Qualitätslabel für Photovoltaik-Komponenten, -Anlagen und Serviceleistungen.» www.swisspvlabel.ch (Zugriff: 25-Nov-2016).

Autoren

Raphael Knecht ist wissenschaftlicher Assistent am Institut für Energiesysteme und Fluid-Engineering.
→ ZHAW, 8401 Winterthur
→ raphael.knecht@zhaw.ch

Prof. Dr. **Franz Baumgartner** ist Dozent für erneuerbare Energie der School of Engineering in Winterthur sowie Leiter der Fachgruppe Fotovoltaiksysteme im Institut für Energie und Fluid Engineering (IEFE) der ZHAW.
→ franz.baumgartner@zhaw.ch

Christian Frei ist Leiter Beratung und Engineering.
→ Electrosuisse, 8320 Fehraltorf
→ Christian.Frei@electrosuisse.ch

Fritz Beglinger ist Geschäftsführer a.i. der Eurofins Electrosuisse Product Testing AG.
→ Eurofins Electrosuisse Product Testing AG, 8320 Fehraltorf
→ fritz.beglinger@electrosuisse.ch

Anlage	Anzahl Module Messungen Tag 1	Anzahl Module Messungen Tag 2
PVA Die Werke	130	93
PVA AXA Superblock	68	90
PVA LKW Schaan	115	116

Tabelle 3 Erreichte Durchsätze an Messungen mit dem PLF bei den drei Feldmessungen.

PV-Anlage	Abweichung PLF-Supsi (k=2)
PVA Die Werke	(1,20 ±1,81) %
PVA AXA Superblock	(0,84 ±0,75) %
PVA LKW Schaan	(1,51 ±0,47) %

Tabelle 4 Abweichung der PLF-Messung von der zertifizierten Indoor-Messung am Supsi bei Stichproben von 10 Modulen.

Anwendungsfälle für den PLF	
A) Stichprobenmessungen	**B) Losmessung**
Etwa 100–150 Module pro Tag	Etwa 500 Module pro Tag
Ziel: Identifikation von Fehlern/Minderleistungen von einzelnen Modulen direkt auf der Anlage	Ziel: Losabnahme von Modullieferungen (z.B. für Swiss PV Label [5]), Überprüfung der Flasherliste vom Hersteller vor Montage
Auswahl der Stichproben: Minderleistung gemessen am Monitoringsystem (Wechselrichter, Stromzähler, o. Ä.), Thermografiemessung	Alle Module einer Lieferung bzw. Anlage
Personeller Aufwand: 2 bis 3 Personen, Reinigung bauseits	Personeller Aufwand: 4 bis 5 Personen

Tabelle 5 Übersicht von zwei Anwendungsfällen des Portable LED-Flashers.

RÉSUMÉ

Un LED-Flasher portable

Des mesures simples et précises sur place

Une rentabilité élevée des installations photovoltaïques sous-entend une qualité élevée des modules solaires. Jusqu'à présent, la puissance maximale des modules devait être vérifiée en laboratoire. Les ressources financières requises pour une telle mesure approchaient alors du prix d'un module neuf. Un nouveau LED-Flasher (PLF) portable conçu par la ZHAW (Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften) permet désormais de déterminer la puissance nominale des modules solaires sur place, efficacement et à moindres frais. Les mesures réalisées sur le terrain ont confirmé la précision de l'instrument de mesure et son aptitude à être utilisé dans cet environnement. La mesure précise de la température des modules a constitué le plus grand défi. Sur le terrain, ces derniers peuvent chauffer jusqu'à 60 °C. La mesure réalisée avec le PLF doit donc être corrigée en température pour pouvoir déterminer la puissance nominale en conditions de test standard (STC). NO

Die Beiträge dieser Ausgabe finden Sie auch unter

www.bulletin.ch