

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 97 (2006)

Heft: 10

Artikel: Ertragsoptimierung dank automatischer Fehlererkennung

Autor: Stettler, Sandra / Toggenweiler, Peter / Remund, Jan

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857683>

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: 13.01.2026

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

Ertragsoptimierung dank automatischer Fehlererkennung

Der vollautomatische Service SPYCE überwacht Photovoltaik-Anlagen mit Hilfe von Satellitendaten. Das System wurde in über zehn Jahren Forschungsarbeit in verschiedenen EU-Projekten entwickelt. Die Markteinführung erfolgt im Mai 2006 durch die Firma Meteotest in Bern und wird von der europäischen Raumfahrtorganisation ESA begleitet. Satellite Photovoltaic Yield Control & Evaluation (SPYCE) berechnet mit Hilfe von Satellitendaten die Soll-Produktion von PV-Anlagen. Automatisch folgt ein Vergleich mit der gemessenen Energieproduktion. Alle Werte können jederzeit auf dem Internet abgerufen werden und geben einen Überblick über die Energieproduktion der Anlage.

■ Sandra Stettler, Peter Toggweiler und Jan Remund

Einleitung

Die zuverlässige, fortlaufende Ertragskontrolle einer PV-Anlage ist zeitraubend und wird deshalb oft vernachlässigt. Vor allem kleinere Energieverluste, z.B. durch Beschattung, werden von Anlagenbetreibern nur selten bemerkt. Und auch grösse Fehler wie ein Stringausfall können meistens nur mit einer zeitintensiven Analyse identifiziert werden. Die «Failure Detection Routine» (FDR) erleichtert die Überwachung von Solaranlagen, indem sie täglich den Zustand der Solaranlage analysiert und bei einem zu tiefen Energieertrag mögliche Gründe identifiziert. Das Grundkonzept der Überwachung ist einfach: Bei der PV-Anlage ist einzig eine «Low Cost»-Hardware nötig, um die Ertragswerte des Energiezählers auszulesen. Diese Ertragswerte werden dann auf einem zentralen Server mit Referenzwerten verglichen. Die Referenzwerte können aus

Satellitendaten hergeleitet werden, sodass keine weitere Messung bei der PV-Anlage notwendig ist. Der Vergleich der Ertrags- und Referenzwerte genügt, um ein breites Spektrum verschiedener Fehler abzudecken: Beschattung, Degradation, Schneedeckung, Stringausfall, verschiedene Wechselrichterdefekte usw. Dank der detaillierten Informationen der FDR über mögliche Fehler, wird der Unterhaltsaufwand von PV-Anlagen reduziert und die Ausfallzeit minimiert. Die FDR wurde im Rahmen des Projekts PVSAT-2 entwickelt, welches ein Teil des EU-Programms «energy, environment and sustainable development» ist und in der Schweiz vom Staatssekretariat für Bildung und Forschung (ex. BBW) unterstützt wird [1]. Das Projekt startete

im November 2002 und dauerte bis Oktober 2005 [2].

«SPYCE»-Prozedur

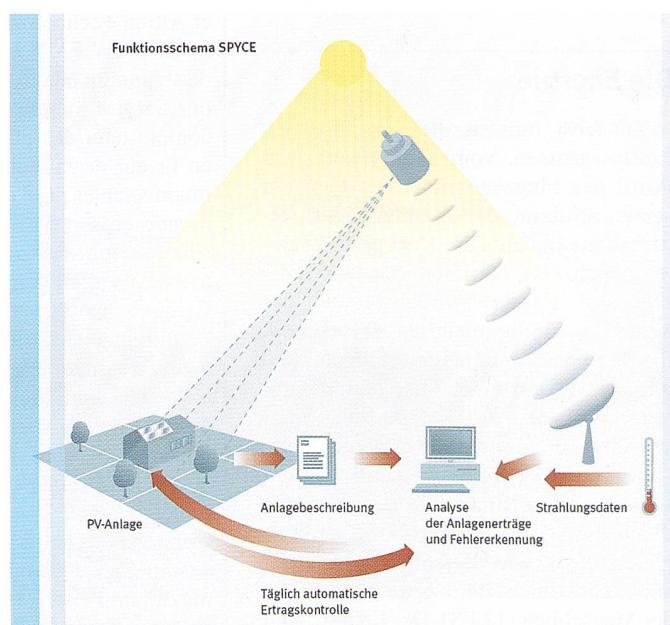
Hinter «SPYCE» verbirgt sich das PV-SAT-2-Verfahren, welches in verschiedenen Publikationen beschrieben ist [3,4]:

Die stündliche Energieproduktion der PV-Anlage wird elektronisch registriert und täglich an einen zentralen Server weitergeleitet. Zur Datenerfassung können beliebige Messgeräte benutzt werden oder die Daten direkt aus dem Wechselrichter ausgelesen werden.

Ebenfalls stündlich wird aus Daten des Satelliten MSG1 und aus Bodenmesswerten die Einstrahlung am Standort der PV-Anlage (mit zugehörigem Toleranzband) berechnet [5]. Daraus werden die stündlichen Referenzwerte des Energieertrags abgeleitet [6].

Auf einem zentralen Server vergleicht die FDR täglich den Energieertrag mit den Referenzwerten und sucht nach Problemen im Anlagenbetrieb. Bei einer schweren Störung der PV-Anlage wird der Anlagenbetreiber per E-Mail oder SMS informiert. Die Mess- und Referenzwerte sowie die Resultate der FDR werden auf dem zentralen Server gespeichert und können mit einem Passwort jederzeit auf dem Internet abgerufen werden (www.spyce.ch).

Bild 1 Vollautomatischer Service zur Überwachung von Photovoltaik-Anlagen mit Satellitendaten.



Adressen der Autoren

Sandra Stettler, Peter Toggweiler
Enecolo AG
Lindhofstrasse 52, CH-8617 Mönchaltorf
E-Mail: sandra.stettler@enecolo.ch
Internet: www.enecolo.ch

Jan Remund
Meteotest
Fabrikstrasse 14, CH-3012 Bern
E-Mail: office@meteotest.ch
Internet: www.meteotest.ch

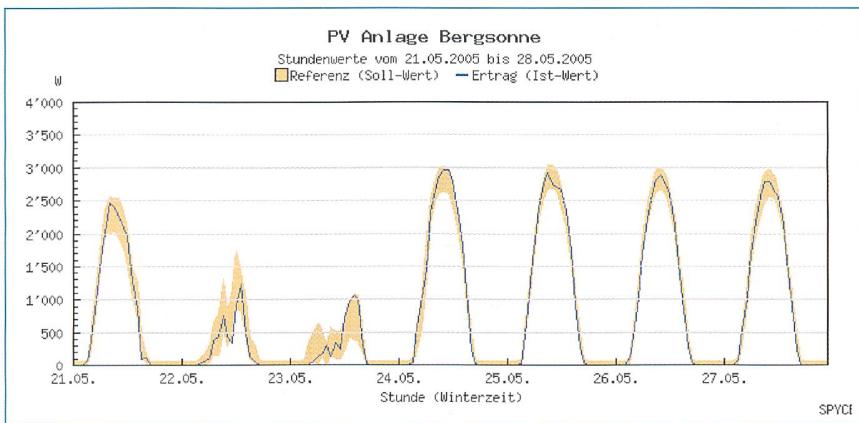


Bild 2 Energieertrag und Referenzwert einer fehlerfrei funktionierenden PV-Anlage.

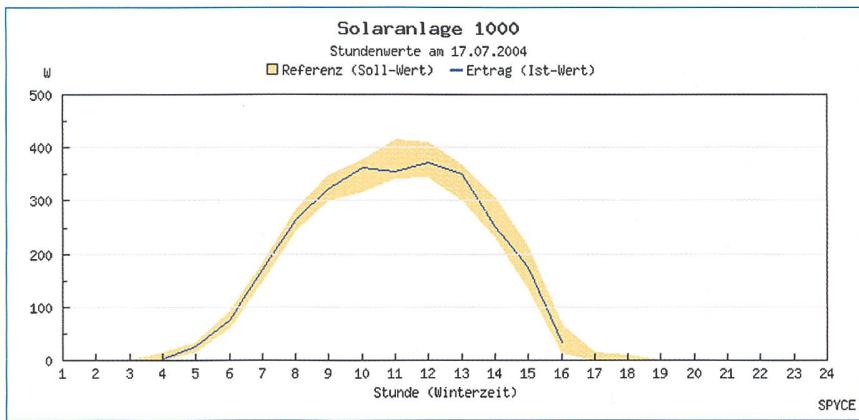


Bild 3 Energieertrag und Referenzwert einer fehlerfrei funktionierenden PV-Anlage (Tagesverlauf).

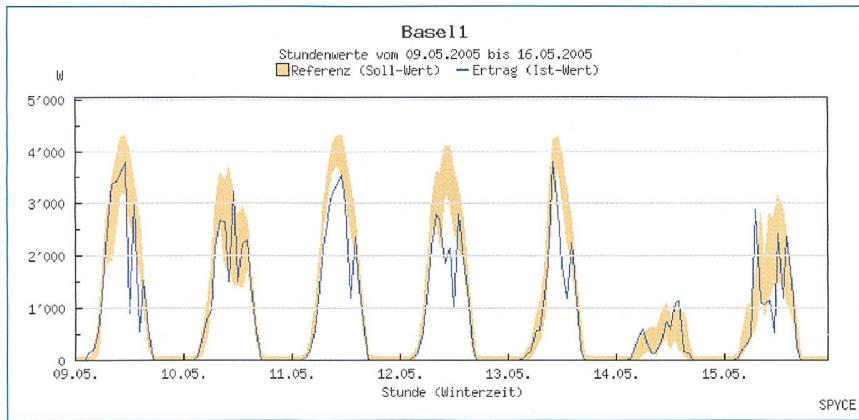


Bild 4 PV-System mit Abregelung des Wechselrichters aufgrund von Überhitzung.



Bild 5 Mit Satelliten-daten ist es an sonnigen Tagen möglich, an PV-Anlagen Energie-verluste von 10% zu erkennen.

Fehlererkennungs-Routine

Die FDR vergleicht als Startbasis den Energieertrag des aktuellen Tages mit dem Referenzertrag. Um auch kleinere Fehler wie Beschattung zu erkennen, werden zudem in einem statistischen Verfahren auch die Energieerträge der letzten 7 und 30 Tage analysiert. Wenn der Energieertrag deutlich tiefer ist als der Referenzertrag, erkennt die FDR einen Fehler. Als Fehler werden deshalb nicht nur technische Defekte wie ein Stringausfall erkannt, sondern auch andere Faktoren wie Schneefall oder Beschattung. Falls die FDR einen Fehler entdeckt, erstellt sie davon ein Profil. Dies beinhaltet die Höhe des Energieverlusts, seine Dauer und Konstanz, aber auch andere Faktoren wie z.B. die Korrelation mit der Sonnenhöhe oder der Einstrahlung. Falls möglich findet zudem ein Vergleich mit benachbarten PV-Systemen statt. Mit Hilfe dieses Fehlerprofils entscheidet die FDR anschliessend, welche Gründe für den Energieausfall in Frage kommen.

Erste Resultate

Das PVSAT-2-Verfahren wurde bereits an historischen und aktuellen Datensätzen von verschiedenen PV-Anlagen getestet. Dabei wurden die Referenzwer-

Optimisation des rendements grâce à une détection automatique des erreurs

Un nouveau système entièrement automatique est capable de surveiller les installations photovoltaïques à l'aide de données obtenues par satellite. Divers projets menés en Europe ont permis, après plus de 10 ans de travaux de recherche, de mettre au point ce système. Il sera introduit sur le marché au mois de mai 2006 par l'entreprise Meteotest à Berne, avec l'appui de l'Agence spatiale européenne ESA. Le système SPYCE (Satellite Photovoltaic Yield Control & Evaluation) calcule à l'aide des données obtenues par satellite la production théorique des installations photovoltaïques. Ce résultat est ensuite automatiquement comparé à la production d'énergie effectivement mesurée. L'ensemble de ces valeurs peut être consulté en tout temps sur Internet et donne un aperçu de la production d'énergie de l'installation.

te von der Universität Oldenburg aus Satellitendaten berechnet. Die meisten PV-Anlagen funktionierten fehlerfrei. Bei einigen PV-Anlagen konnten allerdings mit der FDR Fehler entdeckt werden.

Ein Wechselrichter aus der Testphase schaltete häufig am späten Nachmittag für kurze Zeit aus, da er überhitzt war. Die FDR erkannte, dass ein Problem vorliegt, und konnte die möglichen Fehlerquellen auf vier Fehler eingrenzen.

Natürlich sind auch Totalausfälle detektierbar. Diese werden von der FDR schnell erkannt. Mögliche Gründe für einen Totalausfall können ein defekter Wechselrichter oder ausgeschalteter Hauptschalter sein. Im Winter ist zudem Schneedeckung ein weiterer möglicher Grund. Dauert die Unterbrechung nur wenige Stunden, könnte sie auch auf einen Stromausfall zurückzuführen sein. Die FDR erkennt alle diese Gründe und kann sie teilweise auch unterscheiden.

Schlussfolgerungen

Die Aussagekraft der FDR hängt vor allem von der Qualität der Strahlungsdaten und von der Grösse der PV-Anlage ab. Mit Satellitendaten ist es an sonnigen Tagen möglich, Energieverluste von 10% zu erkennen. Bei Anlagen bis etwa 10 kW lassen sich somit Stringausfälle detektieren. Bei grösseren Anlagen ist es sinnvoll, einzelne Untereinheiten zu überwachen um die Aussagekraft der Methode zu erhöhen. Die ersten Resultate zeigen, dass die FDR Fehler schnell erkennen und innerhalb kurzer Zeit auch die Fehlerursache stark eingrenzen kann. Die automatische Anlagenkontrolle mit der FDR wird voraussichtlich zu einem Standard bei der Anlagenüberwachung.

Referenzen

- [1] Homepage des EU-Projekts PVSAT-2: www.pvsat.com
- [2] Weitere Informationen zur Dienstleistung SPYCE sind unter www.spyce.ch erhältlich.
- [3] Lorenz E. et al.: PVSAT-2: Intelligent Performance Check of PV System Operation based on Satellite Data. 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Paris, 7–10 June 2004.
- [4] Stettler S. et al.: Failure Detection Routine for Grid Connected PV systems as part of the PVSAT-2 project. 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Barcelona, 6–10 June 2005.
- [5] Betschke J. et al.: Accuracy improvement of irradiation data by combining ground and satellite measurements. EUROSUN 2004 (ISES Europe Solar Congress), Freiburg, 20–23 June 2004.
- [6] Beyer H.G. et al.: Identification of a General Model for the MPP Performance of PV Modules for the Application in a Procedure for the Performance Check for Grid Connected Systems. 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Paris, 7–10 June 2004.

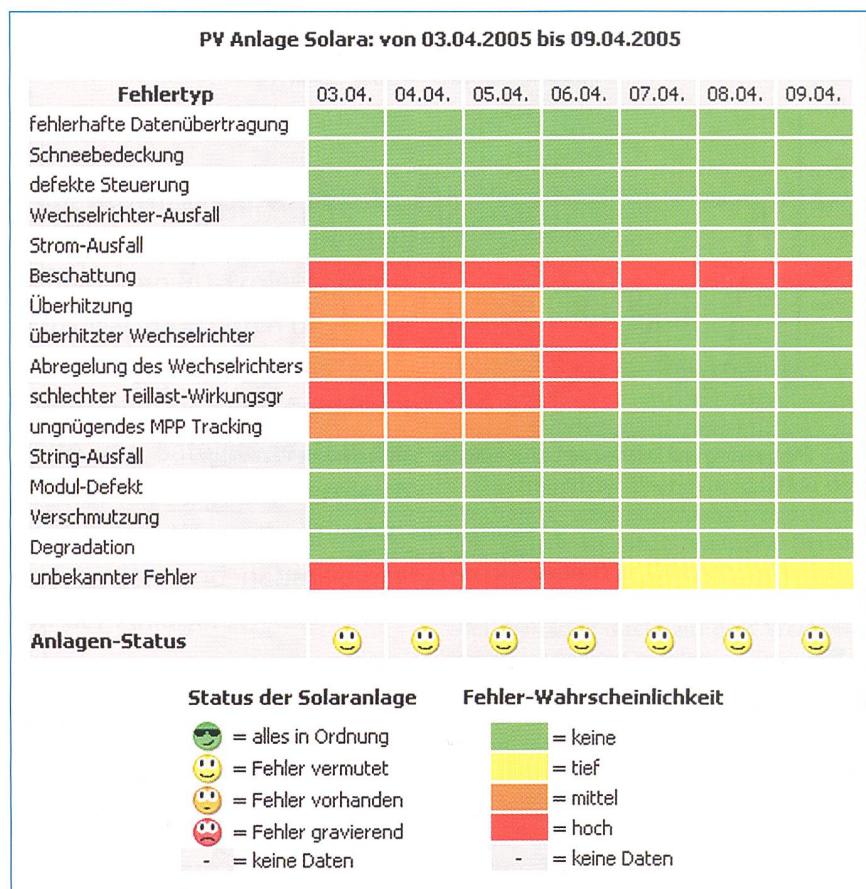


Bild 6 Resultat der FDR für ein PV-System mit Beschattung.

Yield Optimisation thanks to Automated Failure Detection

Identification of energy losses in PV systems up to now needed time intensive analyses. «SPYCE» is an internet service that relieves this by daily analysing the performance of PV systems. As input data SPYCE needs the hourly energy yield of the PV system and reference values of the energy yield. The reference values are calculated with the help of irradiance data provided by a satellite and with specific information about the PV system. If the actual energy yield is significantly lower than the reference values, a Failure Detection Routine (FDR) analyses the pattern of energy loss (height, duration, ...).

This pattern is automatically compared with predefined patterns of frequently occurring failures (as e.g. string defect). The accordance of the actual pattern of energy loss with the predefined failure patterns is used to define which failures are most probable in the actual case and which ones can be excluded. First results show that the FDR is able to detect energy losses within one day. It is very capable in deciding which failures are impossible in the actual case and gives a helpful choice of possible failures.

In case of a severe malfunction, the operator of the PV system is instantly informed via email or sms. All information about the performance of the PV system and the results of the Failure Detection Routine are permanently available on the internet for registered users. The SPYCE service is provided on the homepage www.spyce.ch as a Joint Venture of Enecolo AG and Meteotest.